IĞDIR ÜNİVERSİTESİ

FBED JIST

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ DERGİSİ

JOURNAL OF THE INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

IĞDIR ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ DERGİSİ

JOURNAL OF THE INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

www.igdir.edu.tr



IĞDIR ÜNİVERSİTESİ
Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi (FBED)
Journal of the Institute of Science and Technology (JIST)
(Uluslararası Hakemli Dergi / *International Peer Reviewed Journal*)
ISSN 2146-0574

Veri Tabanı / Indexed by
EBSCO, TUBİTAK-ULAKBİM

Sahibi / *Owner*
Prof. Dr. İbrahim Hakkı YILMAZ
Rektör / *Rector*

Sorumlu Müdür / *Director*
Prof. Dr. Bünyamin YILDIRIM / *Prof. Dr. Bünyamin YILDIRIM*
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü / Director of the Inst. of Sci. and Technology

Baş Editör / *Editor in Chief*
Yrd. Doç. Dr. Süleyman TEMEL / *Assist. Prof. Dr. Süleyman TEMEL*

Yardımcı Editörler / *Associate Editors*
Yrd. Doç. Dr. Ersin GÜLSOY / *Assist. Prof. Dr. Ersin GÜLSOY*
Yrd. Doç. Dr. Adem KOÇYİĞİT / *Assist. Prof. Dr. Adem KOÇYİĞİT*

Yayın Komisyonu / *Publication Committee*
Doç. Dr. Bilal KESKİN / *Assoc. Prof. Dr. Bilal KESKİN*
Yrd. Doç. Dr. Tuba GENÇ / *Assist. Prof. Dr. Tuba GENÇ*
Yrd. Doç. Dr. Kasım ŞAHİN / *Assist. Prof. Dr. Kasım ŞAHİN*
Yrd. Doç. Dr. Tuncay KAYA / *Assist. Prof. Dr. Tuncay KAYA*
Yrd. Doç. Dr. Celalettin GÖZÜAÇIK / *Assist. Prof. Dr. Celalettin GÖZÜAÇIK*
Yrd. Doç. Dr. Ali İhsan ATALAY / *Assist. Prof. Dr. Yrd. Doç. Dr. Ali İhsan ATALAY*

Tasarım / *Design* - Baskı / *Printing*
Hangar Marka İletişim Reklam Hizmetleri Yayıncılık Ltd. Şti.
Konur Sokak No: 57/4 Kızılay, Ankara - Türkiye
Tel / *Phone* : +90 312 425 07 34
Faks / *Fax* : +90 312 425 07 36
www.hangarreklam.com.tr

İÇİNDEKİLER / *CONTENTS*

Bahçe Bitkileri / *Horticulture*

Modifiye Atmosfer Paketleme ile Potasyum Permanganat Uygulamalarının J.H.Hale Şeftali Çeşidinin Muhafazası Üzerine Etkileri 9
Effect of Modified Atmosphere Packing and Potassium Permanganate Treatments on Storage of J.H.Hale Peach Cultivars
Erdinç BAL

Bağcılıkta Atık Teknolojisi 17
Waste Technology in Viticulture
Tuğba BEKAR

Iğdır Yöresi Cevizlerinin (*Juglans regia* L.) Seleksiyonu 25
Selections of Walnut (Juglans regia L.) in Igdır District
Ersin GÜLSOY, Tuncay KAYA,Mikdat ŞİMŞEK, Mücahit PEHLUVAN

Determination of Morphological Variability among Cabbage (*Brassica oleracea var. capitata* L.) Hybrids and Their Parents 31
Beyaz Baş Lahana (Brassica oleracea var. capitata L.) Hibritleri ve Onların Ebeveynleri Arasındaki Morfolojik Varyabilitenin Belirlenmesi
Beyhan KİBAR, Onur KARAAĞAÇ, Hayati KAR

Bitki Koruma / *Plant Protection*

The Determination of Lepidopterous Pest Species and Their Distributions, Densities, and Damages in Corn Fields of Iğdır Province in Turkey 45
Iğdır ilinde Mısır Alanlarında Zararlı Lepidoptera Türleri, Dağılımları, Yoğunlukları ve Zarar Durumlarının Belirlenmesi
Celalettin GÖZÜAÇIK

The Determination of Infection and Damage Rates of the Alfalfa Seed Chalcid, *Bruchophagus Roddi* Gussakovskiy, 1933 (Hymenoptera, Eurytomidae) in Alfalfa Seed Stored in the Eastern Region of Turkey 53
Doğu Anadolu Bölgesinde Depolanmış Yonca Tohumlarında Yonca Tohum Kalsidi Bruchophagus Roddi Gussakovskiy, 1933 (Hymenoptera, Eurytomidae)'in Zararı ve Bulaşma Oranlarının Belirlenmesi
Celalettin GÖZÜAÇIK, Abdullah İREÇ

Biyosistem Mühendisliği / *Biosystem Engineering*

Cichorium pumilum Jacq. (Asteraceae) Üzerine Anatomik Bir Çalışma 59
An Anatomical Study on the Cichorium pumilum Jacq. (Asteraceae)
Okan KOCABAŞ, Esra KAYACAN, Sinem POYRAZ, Rüya ÖZKARANFİL, Bahattin BOZDAĞ, Yurdanur AKYOL, Canan ÖZDEMİR

Başlık / *Başlık*

Iğdır İli Tarımsal Biyokütle Potansiyeli ve Enerji Eşdeğeri 65
Agricultural Biomass Potential and Energy Equivalent of Iğdır Province
Emrah KUŞ, Yıldıran YILDIRIM, Ayşegül ÇOKGEZ KUŞ, Bünyamin DEMİR

İnşaat Mühendisliği / *Civil Engineering*

75 Betonarme Plak Kalınlığı İçin Önerilen Hesap Yöntemlerinin Karşılaştırılması
Comparison of Methods for Calculation of Reinforced Concrete Slab Thickness
Abdulkadir KAN

Kimya Mühendisliği / *Chemical Engineering*

85 Fındık Kabuğundan Aktif Karbon Üretiminin Optimizasyonu ve Sulu Çözeltiden Cu^{+2} Adsorpsiyonu
Optimization Activated Carbon from Hazelnut Shell and Cu^{+2} Adsorption from Aqueous Solution
Zafer EKİNCİ, Abdusselam KURTBAŞ

Peyzaj Mimarlığı / *Landscape Architecture*

95 Oltu ve Olur İlçelerinde Peyzaj Değeri Taşıyan Bazı Yerörtücü Bitkilerin Flora Turizmi Potansiyeli Açısından Değerlendirilmesi
Evaluation of Plant that Landscape Value of Carry Some Cover Plants Tourısm Potential Flora in Oltu and Olur District
Elif AKPINAR KÜLEKÇİ , Yahya BULUT

107 Ortaokul Öğrencilerinin Çevre ve Doğa ile İlgili Konularda Bilgi ve Davranış Düzeylerinin Belirlenmesi; Erzurum İli Örneği
Determining The Knowledge and Level of Attitudes of The Secondary School Students to Environment and Nature; A Case of Erzurum
Hüccet VURAL, YILMAZ

Tarla Bitkileri / *Field Crops*

117 Bazı Silajlık Mısır Çeşitlerinin Kayseri Koşullarına Adaptasyonu
Adaptation of some Corn Cultivars (for Silage) in Kayseri Conditions
Sancar BULUT

Zootekni / *Animal Science*

127 Atlarda Alaca Don ve Türkiye'deki Alaca Atlar
Coloured Coat in Horses and Coloured Horses in Turkey
Abdurrahman KÖSEMAN, İbrahim ŞEKER

133 Diyarbakır İli Hayvansal Üretime Dayalı Gıda Sanayisinin Durumu
The Situation of Food Industry Based on Animal Production in Diyarbakır Province
Muzaffer DENLİ, Ramazan DEMİREL, Abdullah SESSİZ

Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi
Iğdır University Journal of the Institute of Science and Technology

Betonarme Plak Kalınlığı İçin Önerilen Hesap Yöntemlerinin Karşılaştırılması

Abdulkadir KAN[1]

ÖZET: Betonarme yapı tasarımcısı, yürürlükteki yönetmelik ve standartların belirttiği şekilde, döşemenin plandaki ölçülerinden hareketle elde edilmiş formüller yardımıyla bir kalınlık hesabı yapabilmektedir. Daha sonra yapısal çözümleme aşamasında hesaplanan ve plağa etkiyen eğilme momenti yardımıyla da verilen kesitin yeterliliği kontrol edilmektedir. Oysa döşemeler diğer yapısal elemanlar yanında çok ince kesitlere sahip olup, diğer yapısal elemanlara etkiyen bütün esas yüklerin başlangıç noktasını oluşturmaktadır. Bu çalışmada plak kalınlıklarının hesaplanmasında esas alınan formüller üzerinde durulacak ve plak kalınlığı hesabında eski ve yeni standartlarda verilen formüllerle elde edilen değerler karşılaştırılacaktır.

Anahtar Kelimeler: Betonarme, betonarme plaklar, plak kalınlığı

Comparison of Methods for Calculation of Reinforced Concrete Slab Thickness

ABSTRACT: Reinforced concrete building designers, as described by the current regulations and standards, with the help of equation obtained from dimensions of the floor plan, can make calculations of floor thickness. After, at structural analysis stage, under the influence bending moment of plate, the adequacy of the plate thickness has been calculated. With the help of the bending moment, the control of plate thickness can be made. However floors have very thin sections, among other structural elements, and effect of other structural elements, constitute of starting point all of the main loads. In this study will focus on the basis for the calculation of formula slab thickness. Slab thickness will be compared to the formulas described in the old and new standards.

Keywords: Reinforced concrete, reinforced concrete slabs, slab thickness

Cilt: 6, Sayı: 1, Sayfa: 75-83, 2016
Volume: 6, Issue: 1, pp: 75-83, 2016

[1] Atatürk Üniversitesi , Erzurum Meslek Yüksekokulu, İnşaat Teknolojileri, Erzurum, Türkiye
Sorumlu yazar/Corresponding Author: Abdulkadir KAN,akan@ataüni.edu.tr

Geliş tarihi / *Received:* 03.11.2015
Kabul tarihi / *Accepted:* 01.02.2016

GİRİŞ

Betonarme yapısal elemanların kesit ve donatı hesapları yapılırken öncelikle yapısal elemanın kesit ve malzeme özelliklerinin belirlenmesi gerekir. Ön boyutlandırma yapılarak yapısal elemana bir boyut verilir. Betonarme plakların kalınlıkları (h_f) hesaplanırken plağa etkiyen toplam yükten başka, döşeme çeşidi ve mesnetleniş biçimi rol oynamaktadır. Mimari tasarım ve fayda açısından döşemeler, katları birbirinden ayıran ve kullanışlı yüzeyler elde etmeye yarayan yatay yapısal elemanlar olarak tarif edilebilir.

Betonarme plaklar, üzerine etkiyen sabit (g) ve hareketli (q) yükleri çeşitli yük aktarma mekanizması ile oturduğu kiriş ya da duvarlara aktarırlar. Döşeme, kiriş ve plaktan oluşan bir mekanizmadır. Plaklar kendi orta düzlemlerine dik yüklenmiş düzlem taşıyıcılardır (Aka ve ark.,1987).

Döşemeler, düzlemi içinde etkiyen yatay yüklere karşı rijit olup, diyafram davranışı gösterir. Taşıdıkları hareketli yüklerin konumu ve büyüklüğü açısından çok farklı olması ve bu hareketli yüklerin belirlenmesindeki güçlükler düşünülerek yükün döşeme üzerinde düzgün olarak yayıldığı kabul edilir (Gençoğlu, 2014)

TS 500 (Anonim, 1984; 2000) “Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları” standardı olup, ülkemizde betonarme yapıların tasarım ve yapımı ile ilgili genel kuralları kapsamaktadır. 1984 den beri kullanımda olan bu standart günün gereklerine göre düzeltmeler yapıldıktan sonra Şubat 2000 tarihinde yenilenmiştir. TS 500 standardının Avrupa standartlarında karşılığı, Eurocode 2 (EN 1992-1-1), A.B.D’de ACI 318, İngiltere’de ise BS 8110 olarak geçmektedir. Bu standartlarda plak kalınlığı hesabı için çeşitli eşitlikler önerilmiştir.

Betonarme plak kalınlığı için birçok çalışma yapılmış ve eşitlik önerilmiştir. Bunlardan, Güllü ve Pala (2000); münferit kuvvetlere maruz plaklarda kalınlık tayinini araştırdıkları bir çalışmada

$$h = \sqrt{\frac{3F\,(b^2 - a^2)s}{4(0.6)\sigma_{ak}(a.b)}} \quad \dots \quad (1)$$

eşitliğini önermişlerdir. Aynı çalışmada dikdörtgen şekilli bir plağın, uçlarından kuvvetlere maruz bırakılması durumunda iç gerilme ve daha da önemlisi pratik açıdan önemi olan kalınlık hesabına dair teorik bir formül mevcut olmadığını belirtmişlerdir.

ACI 318-08 (1989), dörtkenarından mesnetlenmiş sürekli döşemelerin minimum kalınlığı hesabı için,

-Çift doğrultuda çalışan plaklar (m≤2) için,

-Tek doğrultuda çalışan plaklar (m≥2)için ise

$$h = \frac{l_n\left(0.80 + \frac{f_y}{14000}\right)}{36 + 5\beta\,(\alpha_m - 0.20)} \geq 12.50\ cm \quad \dots \quad (2)$$

-Tek doğrultuda çalışan plaklar (m≥2)için ise

$$h = \frac{l_n\left(0.80 + \frac{f_y}{14000}\right)}{36 + 9\beta} \geq 9.00\ cm \quad \dots \quad (3)$$

eşitliklerini önermiştir. Burada

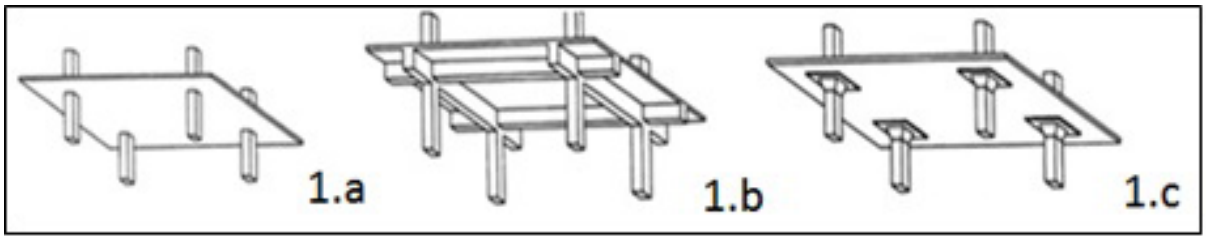
ln= döşemenin incelenen doğrultudaki serbest açıklığını ifade etmektedir.

Ülkemizde geçerli olan betonarme tasarım standartlarında (Anonim, 1984; 2000) yukarıdakilere benzer eşitlikler önerilmiştir.

Plaklar kendi ağırlıklarına ek olarak üzerine etkiyen diğer kaplama ve yaşam yüklerini de güvenle taşıyacak şekilde tasarlanmalı ve donatılmalıdır. Ersoy (1976)’ ya göre, Betonarme döşemeler için kullanılan elastik ve yaklaşık yöntemler gerçekçi sonuçlar vermez. Yapılan deneylerden alınan sonuçlar, döşeme taşıma gücünün elastik yöntemlerle hesaplanamayacağını kesinlikle kanıtlamıştır. Buna karşılık, döşeme donatısının akma limitine ulaştığı andaki yük, “akma çizgileri teorisi ”ile çok gerçekçi olarak hesaplanabilmektedir.

Akma çizgileri teorisi döşemenin gerçek davranışını dikkate alır ve donatının aktığı noktaları birleştiren çizgileri akma çizgileri olarak tanımlamaktadır. Plak yüklerinin, plağı çevreleyen kirişlere aktarımında bu akma çizgilerinin meydana getirdiği üçgen ya da yamuk alanlar dikkate alınır. Döşemelerin akma çizgileri teorisine göre hesaplanandan daha fazla yük aktardığını Ersoy (1976), deneylerle kanıtlamıştır.

Betonarme döşemelerin, Şekil 1'de görüldüğü gibi, kirişsiz (Şekil 1.a), kirişli (Şekil 1.b), mantar başlıklı (Şekil 1.c) gibi çeşitleri vardır.



Şekil **1.** Betonarme plak çeşitleri

Genellikle döşemelerde oluşan hasarların nedeni düşey yüklerdir. Bu yükler sehimden dolayı döşemelerin alt kısımlarında çatlaklar oluşturur ve bu çatlaklar deprem nedeniyle daha belirgin hale gelir. Genel olarak döşeme çatlakları taşıyıcı sistemin güvenliğini büyük ölçüde etkilemez. Ancak, aşırı sehim yapmış ve kullanımı sırasında titreşim yapan bir döşeme, estetik ve yaşam konforu bakımından uygun değildir. Döşemenin bu aşırı sehim yapmış hali kullanılabilir sınır durumunu oluşturur.

Bilindiği gibi, kullanılabilirlik sınır durumu için yapılan kontrollerde, yük ve malzeme katsayılarının 1.00 alınması öngörülmektedir. Taşıma gücü sınır durumunda ise >1.00 dır. Büyük açıklıklı kirişli döşemelerin alt kısımlarında açıklık ortasına yakın yerlerde çatlaklar görülebilir.

Bu çatlaklar, döşemenin kirişle birleştiği yerlerde üst kısımlarda görülür. Bu durum her iki doğrultuda yerleştirilen plak donatılarının yetersiz olduğuna faydalı yüksekliğin sağlanamadığına veya döşeme kalıbının gereken süreden daha erken alındığına işaret eder. Bu yüzden yapılarda istenen davranış ve dayanımın sağlanabilmesi için denetimin ne kadar önemli olduğu ortaya çıkar.

Betonarme döşeme tasarımında uyulması gereken koşullar

Plak zati yükünün içerisinde 1 m^2 plak kalınlığından oluşan yükünde dâhil olduğunu hatırlarsak, ilk önce plak yükü hesabı için plak kalınlığına ihtiyaç vardır. Genel olarak yapısal elemanların betonarme hesabına başlamadan önce, elemana bir ön boyut verilir. Bu boyuta göre sabit yükler ve yük etkileri hesaplanır. Elde edilen normal kuvvet, kesme kuvveti ve eğilme momentine göre ön boyutlandırmada verilen kesitin yeterli olup olmadığına bakılır.

Ön boyutlandırmada yürürlükteki standart ve yönetmeliklere göre minimum boyut şartının sağlanması zorunluluğu olduğundan, mukavemet hesaplarından çıkan boyutlar genelde artırılarak değiştirilir. Bu yüzden betonarme kesit kontrolü aşamasında kesitler gereğinden büyük seçilmiş olur. Bu durumda minimum donatı oranı kullanılarak donatı en kesit alanı hesaplanır ve bir ekonomi yapılmış olur.

Döşemelerle ilgili tasarım ve uygulamada uyulması gereken koşullar standart ve yönetmeliklerle belirlenmiş olup, döşeme türüne bağlı olarak Çizelge 1, 2, 3 ve 4'de verilmiştir (Anonim, 1984; Anonim, 2000).

Çizelge1. Bir doğrultuda çalışan kirişli döşemeler için yapısal kurallar

TANIM	TS 500 KOŞULU
En küçük plak kalınlığı *(hf)*	*ln/35*
En büyük donatı aralığı *(s,t)* (kısa kenar)	*1,5 hf veya 200 mm*
En büyük donatı aralığı *(s,t)* (uzun kenar)	*2.0 hf, S220 için 250 mm; S420 için 300 mm*
En az donatı oranı (ρ)	*S220 için 0.003, S420 için 0.002*

Çizelge 2. İki doğrultuda çalışan kirişli döşemeler için yapısal kurallar

TANIM	TS 500 KOŞULU
En az plak kalınlığı *hf*	TS 500-1984' de formül 12.6 veya TS 500-2000'de 11.1
En büyük donatı aralığı *(s,t)* (kısa kenar)	*1.5 hf veya 200 mm*
En az donatı oranı (ρ)	*S220 için 0.003, S420 için 0.002*

Çizelge 3. Dişli döşemeler için uyulması gereken kurallar

TANIM	TS 500 KOŞULU
En az plak kalınlığı *hf*	50 mm
En küçük etriye	Ø6/200
En küçük b_w	100 mm

Çizelge 4. Kirişsiz döşeme tasarımında uyulması gereken kurallar

TANIM	TS 500/2000 KOŞULU
En az plak kalınlığı (h_f)	Tablasız kirişsiz döşemelerde $h \geq l_n/30$ ve $h \geq 180$ *mm* Tablalı kirişsiz döşemelerde $h \geq l_n/35$ ve $h \geq 140$ *mm* $h \geq l_l/30$ ve $h \geq 200$ *mm*
En fazla donatı aralığı ($s_{kısa}$)	*1.5* h_f yada *200 mm*
En fazla donatı aralığı (s_{uzun})	*1.5* h_f yada *250 mm*
En az donatı oranı (ρ_t) toplam	0.0040 (S220); 0.0035 (S420,S500)

Tek doğrultuda çalışan plaklar için en küçük kalınlık 80 mm olmalıdır. Tavan döşemelerinde ve bir yerin örtülmesine yarayan veya yalnız onarım, temizlik veya benzeri durumlarda üzerinde yürünen döşemelerde döşeme kalınlığı 60 mm ye kadar düşürülebilir. Bu kalınlık, kullanılabilir sınır durumunda çok incedir. Üzerinden taşıt geçen döşemelerde kalınlık en az 120 mm olmalıdır. Bir doğrultuda çalışan döşemelerde, donatıyı koruyan net paspayı en az 15 mm olmalıdır. Bu değerler uyulması gereken asgari değerler olup, hesapla bulunan değerler standart ve yönetmeliklerde verilen şartları sağlamalıdır.

Plaklarda eğilme mekanizması

Döşemeler kendi düzlemi içerisinde etkiyen yatay yüklere karşı rijit olup diyafram davranışı gösterirler. Taşıdıkları hareketli yüklerin konumu ve büyüklüğü açısından çok farklı olması ve bu hareketli yüklerin belirlenmesindeki güçlükler düşünülerek yükün döşeme üzerinde düzgün olarak yayıldığı kabul edilir.

Dörtkenarından mesnetli kirişli döşemelerin yük taşıma biçimleri birbirine geçmiş iki doğrultudaki şeritlerin yükü paylaşması olarak görülebilir. Birim genişlikteki bu orta şeritlerin diğer komşu şeritlerden

bağımsız olarak orta çökmeleri eşit olacak şekilde yük taşıdıkları kabul edilebilir. Yük "$q=q_{uzun}+q_{kısa}$" olarak iki doğrultuda ayrılır ve şeritlerin ortasındaki sehimlerin eşit olduğu kabul edilerek,

$$\frac{5}{384}\frac{qk.lk^4}{EI}=\frac{5}{384}\frac{qu.lu^4}{EI} \quad (4)$$

Eşitliği elde edilir. Aynı zamanda, etkiyen yükler altında plak ağırlık merkezinde oluşan sehimin her iki doğrultuda da aynı olması gerekir. Buradan hareketle $fu=fk$ yazılabilir.

$q=qu+qk$ (4) nolu eşitlik sadeleştirildiğinde;

$qu.lu^4=qk.lk^4$ elde edilir. Bu ifade plağın uzun ve kısa kenar doğrultusundaki yüklemeler için,

$$\frac{l_u}{l_k}\leq 2.00 \; oranı \; için \; \frac{q_u}{q}=\frac{1}{17}=0.06$$

ve

$$\frac{q_k}{q}=\frac{16}{17}\cong 0.94$$

Şeklinde oransal olarak elde edilir. Bu oranlar plağın komşu plaklarla olan durumuna ve şeritlerin yerine bağlı ise de, sonuç olarak yükün önemli bir kısmının plağın kısa kenar doğrultusunda kirişlere aktarıldığını göstermektedir.

Bu durumda plak donatısı kısa kenara paralel olarak alta, uzun kenara paralel olarak da bunun üzerine yerleştirilir. Bundan dolayı betonarme hesap yapılırken gerekli olan faydalı yükseklikler (d) kısa kenara paralel doğrultuda $d_1=hf-1.5$ cm olarak hesaplanabilir. Uzun kenara paralel doğrultuda ise $d_2=d_1-Ø$ alınabilir bu da faydalı yükseklikler arasında bir donatı çapı kadar fark olduğunu gösterir.

MATERYAL VE YÖNTEM

Teori

Plakların birim yüklerini hesaplayabilmek için plak kalınlığına (h_f) ihtiyaç vardır. Plak kalınlığı ise, plak çevresinin fiziki koşullarından yola çıkılarak hesaplanmaktadır. Plak kalınlığı hesabında yük etkisini esas almayan sadece plakların geometrisini esas alan yaklaşık yöntemler kullanılmaktadır. Betonarme plakların kalınlıkları hesabında göz önünde bulundurulan ölçütler sırasıyla, plağın kenarlarının sürekliliği, plağın uzun kenarının kısa kenarına oranı (m), çalışma biçimi (m≥2 veya m≤2) sürekli kenarların plak kenarlarının toplamına oranı (α), gibi tamamen plağın plandaki ölçülerini esas alan ölçütlerdir. Uzun kenarının kısa kenarına oranı m≤2 olan plaklar iki doğrultuda çalışan plak olarak adlandırılır. İki doğrultuda çalışan dörtkenarından kirişlere serbestçe oturan betonarme plaklar, kesit itibariyle dikdörtgen kesit olarak ele alınırlar.

Standart ve yönetmelikler plak kalınlığı hesabı için önerilerde bulunmuşlardır. Bunlardan; TS500-1984, standardın da (Anonim, 1984) her iki doğrultuda çalışan kirişli döşemelerin en küçük kalınlığı için aşağıdaki eşitlik önerilmiştir.

$$hf\geq\frac{l_{yn}.(800+\beta.f_{yd})}{36000+(5000.m).(1+\alpha_p)} \quad (5)$$

Bu ifadede plak için seçilen donatı sınıfının da katkısı düşünülmüştür. Bu eşitlikte;

l_{yn}= uzun kenar doğrultusunda serbest açıklıktır.

f_{yd}=MPa ise β=0.7

f_{yd}= kg cm^{-2} ise β=0.07 alınır.

f_{yd}=MPa ise *lyn*=mm,

f_{yd}= kg cm^{-2} ise *lyn*=cm olarak alınmalıdır.

Döşeme kalınlıkları, döşeme sehimlerinin kabul edilebilir sınırların altında kaldığının gösterilmesi yerine TS 500-2000'de verilen (Anonim, 2000) narinlik koşulunu da sağlaması gerekir. Aynı standartta 80 mm den az olmamak kaydıyla iki doğrultuda çalışan kirişli döşemelerin kalınlığı Eşitlik 6. da verilen değerden az olmaması tavsiye edilmiştir.

$$h_f \geq \frac{l_{sn}}{15 + \frac{20}{m}} \cdot \left(1 - \frac{\alpha_s}{4}\right) \quad (6)$$

l_{sn} = döşemenin kısa kenarının temiz açıklığı

α_s = Σ sürekli kenar uzunluğu / Σ kenar uzunluğu

$m = \frac{l_l}{l_s} \leq 2$ çift doğrultuda çalışma şartı

Her iki eşitlikte de (5 ve 6) betonun iyi yerleştirilmesi ve homojen kesit elde etmek için plak kalınlığının 80 mm den büyük olması tavsiye edilmiştir.

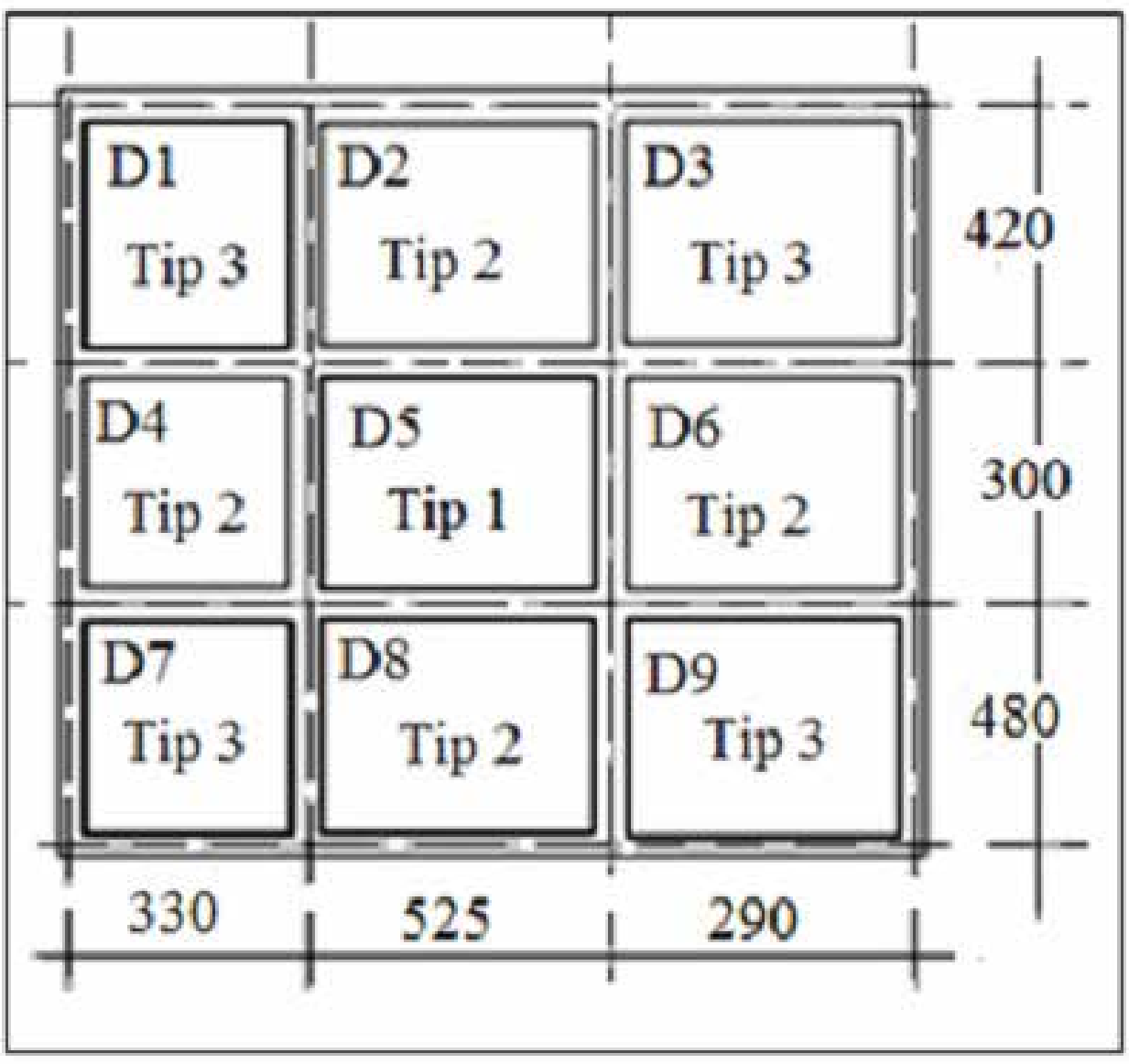
Ayrıca, donatının dış etkilerden korunması amacıyla beton örtüsü en az 15 mm olması gerekir.

Plak kalınlığı için önerilen eşitliklerin karşılaştırılması

Örnek çalışma

Plak kalınlığı hesabı için belirlenen döşeme ölçüleri Şekil 2'de verilen kat planında görülmektedir. Bu kat planında döşemeler D1, D2, D3 olarak numaralandırılmıştır. Her döşeme üzerine TS 500/2000, de (Anonim, 2000) verilmiş olan sınır koşullarına göre tipleri yazılmıştır.

Kat planında verilen ölçüler esas alınarak ve en küçük plak kalınlığı için önerilen 5. ve 6. Eşitlikler kullanılarak toplam dokuz adet döşemenin kalınlık hesabı yapılmıştır.



Şekil 2. Örnek döşeme planı (ölçüler cm dir.)

Döşemelerin kalınlığı TS500 (Anonim, 1984)'e göre, S220 ve S420 donatı sınıfı esas alınarak Eşitlik 5. yardımıyla her donatı sınıfı için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Aşağıda, bu standartta verilen formülün (Eşitlik 5) kullanımına örnek olması açısından dört tarafı sürekli olan (Tip 1) 5 nolu döşemenin kalınlığı hesaplanarak gösterilmiştir. Diğer plak kalınlıklarının sonuçları Çizelge 5' de verilmiştir.

$$hf \geq \frac{l_{yn}.(800+\beta.f_{yd})}{36000+(5000.m).(1+\alpha_p)} = \frac{525\cdot(800+0.07\cdot 1910)}{36000+(5000\cdot 1.75)\cdot(1+1)} = 9.16\ \text{cm}$$

Çizelge 5. TS 500 (Anonim,1984)'de önerilen eşitlik ile hesaplanan plak kalınlıkları sonuçları

Plak No	l_u	l_k	$m=l_u/l_k$	α_p	fyd_{S220}	fyd_{S420}	hf_{S220}	hf_{S420}
D1	420	330	1.27	0.5	1910	3650	8.61	9.73
D2	525	420	1.25	0.722	1910	3650	10.48	11.85
D3	420	290	1.45	0.5	1910	3650	8.37	9.46
D4	330	300	1.10	0.762	1910	3650	6.74	7.62
D5	**525**	**300**	**1.75**	**1**	**1910**	**3650**	**9.16**	**10.36**
D6	300	290	1.03	0.745	1910	3650	6.22	7.03
D7	480	330	1.45	0.5	1910	3650	9.55	10.80
D8	525	480	1.09	0.739	1910	3650	10.77	12.18
D9	480	290	1.66	0.5	1910	3650	9.26	10.46

Benzer şekilde, örnek döşemelerin kalınlıkları TS 500-2000'e göre (Anonim, 2000) Eşitlik 6. yardımıyla hesaplanmıştır. Aşağıda, bu standartta verilen formülün kullanımına örnek olması açısından dört tarafı sürekli olan (Tip 1) 5 nolu plak kalınlığının hesabı gösterilmiştir. Diğer plak kalınlıkları **Çizelge 6**'da verilmiştir.

$$h_f \geq \frac{l_{sn}}{15+\frac{20}{m}}\cdot\left(1-\frac{\alpha_s}{4}\right) = \frac{300}{15+\frac{20}{1.75}}\cdot\left(1-\frac{1}{4}\right) = 8.513\ cm$$

Çizelge 6. TS 500 (Anonim, 2000)'de önerilen eşitlik ile plak kalınlıkları sonuçları

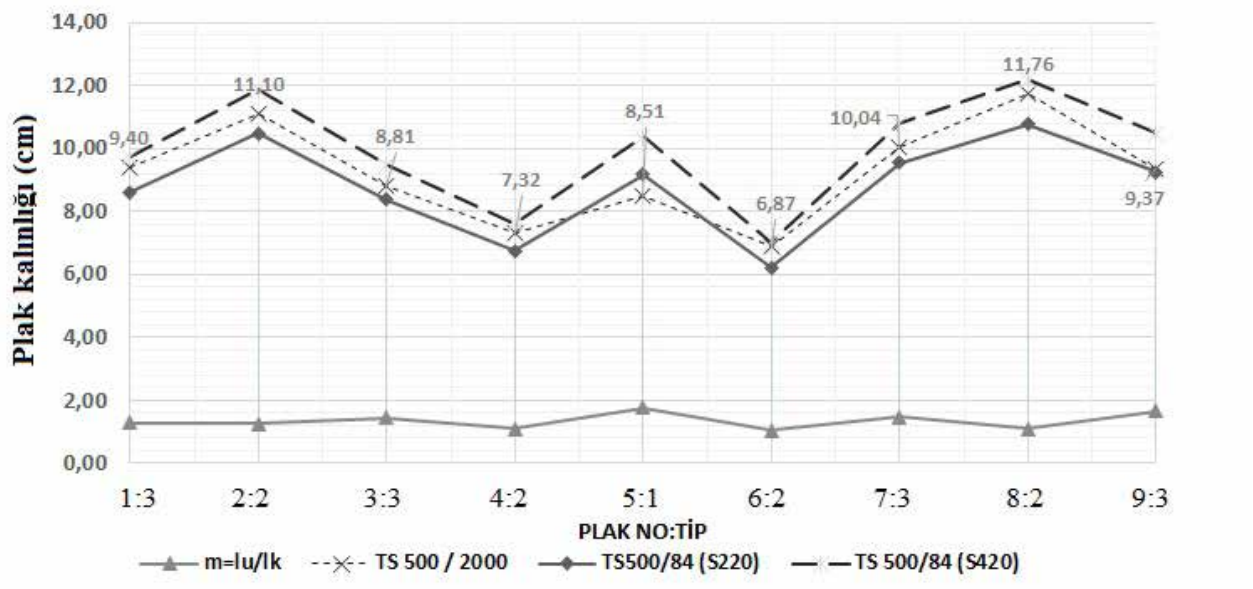
Plak no	*lu=lyn (cm)*	*lk=lsn (cm)*	*m=lu/lk*	Çalışma Biçimi	*TİP*	$\alpha_p=\alpha_s$	h_f *(cm)*
D1	420	330	1.27	m<2	3	0.5	9.400
D2	525	420	1.25	m<2	2	0.722	11.10
D3	420	290	1.45	m<2	3	0.5	8.810
D4	330	300	1.10	m<2	2	0.762	7.320
D5	**525**	**300**	**1.75**	**m<2**	**1**	**1**	**8.513**
D6	300	290	1.03	m<2	2	0.745	6.870
D7	480	330	1.45	m<2	3	0.5	10.04
D8	525	480	1.09	m<2	2	0.739	11.76
D9	480	290	1.66	m<2	3	0.5	9.370
m≤2 Çift Doğrultuda Yük Aktaran Döşeme							

BULGULAR VE TARTIŞMA

TS500-84'de (Anonim, 1984) verilen ifade de döşemede kullanılacak donatı sınıfı kalınlık hesabına dâhil edilmiştir. Pratikte S220 ve S420 dayanımında donatı çeliği kullanılmaktadır. Hesap sonucunda, donatı sınıfı arttıkça plak kalınlığında azalma beklenirken plak kalınlıkları, donatı sınıfı S420 için bütün döşemelerde, aşağıdaki örnek hesaplamada görüleceği gibi, %13 fazla çıkmıştır (Şekil 3 ve Çizelge 5).

$$\delta = \frac{h_f\,(S420) - h_f\,(S220)}{h_f\,(S220)} \cdot 100 = \frac{9.73 - 8.61}{8.61} \cdot 100 = 13.00\ (\%13)$$

Eğilme etkilerinin hâkim olduğu döşeme plaklarının alt kısmındaki çekme bölgesinde bulundurulan donatı sınıfının artması, dayanımının artması demektir. Basınç tarafındaki beton basınç bloğunda küçük bir alanda büyük basınç gerilmeleri oluşabilir. Beton basınç bölgesinin çelik çekme bölgesinden önce gevrek biçimde kırılmasının önlenmesi bakımından (basınç kırılması, denge üstü, $\rho > \rho_m$), donatı sınıfı ile plak kalınlığının orantılı olarak artması istenen sünek davranış için gerekli ve beklenen bir durumdur.



Şekil 3. Hesaplanan plak kalınlıklarının kıyaslanması

S220 donatı dayanımının işleme dâhil olduğu TS500-1984'de (Anonim, 1984) önerilen eşitlikte diğer plak kalınlıkları daha az çıkmıştır. S420 dayanım sınıfında donatı çeliği kullanılan plakların kalınlığı ise en fazla çıkmıştır. Her iki yöntemle hesap yapıldığında Şekil 3 ve Çizelge 5, 6'da görüldüğü gibi döşeme kalınlıkları %91 ile %99 yaklaşıklıkla aynı hesaplanmıştır. Anonim, (2000) ile (TS500/2000) hesaplanan plak kalınlıkları, TS500/84 ile hesaplananlardan 0.11 cm ile 0.99 cm arasında fazla çıkmıştır. Sadece dört tarafından sürekli (Tip 1) olan D5 plağının kalınlığı TS 500-2000 yönteminde daha az bulunmuştur.

Diğer önemli hususlar aşağıdaki şekilde sıralanabilir.

1- TS500-84 e göre hesaplamada kullanılan donatının hesap dayanımı dikkate alınırken TS 500-2000 de dikkate alınmamıştır.

2- TS500-84 e göre hesaplamada donatı dayanımı arttıkça plak kalınlığında artış gözlenmiştir. Bu artış bütün plaklarda sabit olup %13 kadardır.

3- Şekil 3'de görüldüğü gibi, TS 500-2000 de önerilen eşitlik ile hesaplanan plak kalınlıkları, dörtkenarından sürekli plak olan 5 nolu plak hariç, donatı dayanımının göz önüne alındığı TS500-84'e göre hesaplanan değerlerin arasında çıkmıştır. Sadece 5 nolu plakta kalınlık düşük çıkmıştır.

4- S420 donatı sınıfı esas alınarak hesaplanan plak kalınlıkları S220' ye göre hesaplanandan ve TS500-2000 de önerilen eşitlikle hesaplanan değerlerden daha büyük çıkmıştır.

SONUÇ

Plak kalınlıklarının, verilen formüllerle hesaplandığında farklı çıkmasına rağmen, yürürlükteki en son standart ve yönetmeliğe göre hesaplanması yerinde olur. Bu aynı zamanda tasarımcı için zorunlu bir dayanaktır. Zira Anonim, (2000)'de (TS 500-2000) verilen eşitlik ile yapılan hesaplamada plak kalınlığının ortalama bir değer olarak çıkması yüklerin aktarılması bakımından sorun oluşturmamaktadır. Aynı zamanda bir yapının ele alınan katındaki plakların kalınlıklarının aynı olması gerekir. Bu işçilik ve diğer yapısal hesaplar açısından kolaylık sağlayacaktır. Her döşeme için ayrı ayrı hesaplanan plak kalınlığı farklı olacağından, her döşemeyi kurtaracak bir kalınlık tasarımcı tarafından seçilir.

Döşeme hesaplarının başlangıcında döşeme kalınlığının sehim kontrolünü sağlayacak şekilde seçilmesi uygundur. Bu durum, TS 500-2000 (Anonim, 2000)'de verilen eşitliklerin kullanılmasıyla güvenli bölgede kalacak şekilde sağlanabilir.

Döşeme tasarımının en önemli noktalarından birisi de kalıp işçiliğidir. Betonlama sırasında döşemenin yaş beton ve çalışanların ağırlıkları altında sehim yapmaması yeterli dikme ve bağlantılarla sağlanmalıdır.

Bir kattaki bütün plakların kalınlıklarının aynı olması işçilik, malzeme ve maliyet hesapları açısından kolaylık sağlar. Eleman (donatı) sürekliliğinin sağlanmış olması da bir diğer önemli kazanımdır. Bu avantajlar göz önüne alınarak plak kalınlığı $h_f \geq 80$ mm şartını sağlayacak şekilde standart hesaplarla döşemeler için belirlenen kalınlık değerlerinin en büyüğü, tüm döşemeler için tipik bir kalınlık değeri olarak kabul edilebilir.

KAYNAKLAR

ACI 318-08, 1989. Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary. ACI Committee 318, American Concrete Institute.

Aka İ, Keskinel F, Arda TS, 1987. Betonarme Yapı Elemanlar. Altıncı Baskı, Birsen Yayınevi, İst.

Anonim, 1984. TS 500/84 Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları Standardı. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

Anonim, 2000. TS 500/2000 Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları Standardı. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

Ersoy U, 1976. Beton ve Betonarmenin Doğrusal Elastik Olmayan Davranışı. İMO yayınları 1976/2

Gençoğlu M, 2014.web.itu.edu.tr.Dosemeler.Pdf. (Erişim tarihi: 10 Ağustos, 2015).

Güllü E, Pala Y, 2000. Münferit Kuvvetlere Maruz Plaklarda Kalınlık Tayini. DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi, 2: 67-74.