



YAPI- ZEMİN ETKİLEŞİMİNİN YAPISAL TASARIMDAKİ ROLÜ (THE ROLE OF SOIL-STRUCTURE INTERACTION ON STRUCTURAL DESIGN)

Sadık Can GİRĞİN*, Serkan MISİR*, Gürkan ÖZDEN*, Serap KAHRAMAN*

ÖZET/ABSTRACT

Yapı temel sistemlerinin projelendirilmesinde, yapı-temel-zemin üçlüsü arasındaki etkileşimin dikkate alınması, zemine aktarılan yükler nedeniyle zemin tabakalarında oluşan deformasyonların temel elemanı ve üstyapı taşıyıcı sistemindeki iç kuvvetler ve yük dağılımı üzerindeki etkilerinin hesaba katılması gerekir. Bu gereklilik rutin mühendislik uygulamalarında, yapı ve zemin arasındaki ilişkiyi sabit yatak katsayısı ile kuran Winkler yöntemi kullanılarak sağlanmaya çalışılmaktadır. Ancak Winkler yönteminin temel taban basıncı dağılımını temsil etmekte yetersiz kaldığı literatürde belirgin bir biçimde ortaya konmuştur. Temel elemanının elastik eğrisini gerçeğe daha yakın modelleyen yöntemler geçmişte birçok araştırmacı tarafından önerilmiştir. Ne var ki, yatak katsayısı modelinin betonarme yapı tasarımı üzerindeki rolü şimdiye dek ortaya konmamıştır. Bu çalışmada zemin yapı etkileşiminin yapısal tasarıma etkisi örnek bir analiz çalışmasıyla incelenmiştir. Rijit yapı-zemin, sabit ve değişken yatak katsayısı yöntemleri ile yapısal çözümler gerçekleştirilmiştir. Yürürlükteki ulusal yönetmelikler çerçevesinde betonarme kolon kesitlerindeki donatı oranları hesaplanarak, yapı-zemin etkileşiminin yapısal tasarımdaki etkisi ortaya konmuştur.

While designing foundations of structures, structure-foundation-soil interaction must be considered and the effect of deformations occurring due to the structural loads in soil layers on the load distributions and sectional forces of structural elements must be taken into account. Winkler method is used in order to relate the soil and the structure by means of constant subgrade modulus in routine engineering applications. In the literature, it is clearly stated that, Winkler method is insufficient to represent the contact pressure distribution beneath the foundation. In the past, methods capable of modeling actual elastic curve of the foundation element were suggested by researchers. However, the role of subgrade reaction on the structural design has not been stated yet. In this study, the effect of soil-structure interaction on structural design of reinforced concrete structures is investigated via a case analysis study. Structural analyses were performed using fixed base-soil, constant subgrade modulus and variable subgrade modulus methods. Reinforcement ratios in reinforced concrete column sections were calculated according to national codes and specifications. The effect of soil-structure interaction on structural design is presented.

ANAHTAR KELİMELELER/KEYWORDS

Yatak katsayısı, Yapı-zemin etkileşimi, Betonarme yapıların tasarımı
Subgrade modulus, Soil-structure interaction, Design of reinforced concrete structures

* DEÜ, Mühendislik Fak., İnşaat Müh. Bölümü, 35160 Buca, İZMİR

1. GİRİŞ

Mühendislik yapıları tasarlanırken, yapı temelinin zemin ile birlikte mümkün olduğunca uyumlu çalışması, gerek geoteknik gerekse yapısal açıdan tasarım kriterlerini yerine getirmesi hedeflenir. Genelde üstyapı ve temel çözümlenmeleri ayrı yapılmaktadır. Üstyapı, en alt kat kolon ve perdeleri ankastre mesnetli olarak çözülmekte, dolayısıyla zeminin yapıdan yapının da zeminden etkilenmediği varsayılmaktadır. Bu durumda, zemin-yapı etkileşimi yalnızca temel elemanının çözümüne indirgenmektedir. Hâlbuki zemin yapı etkileşimi yüzeysel ve derin temeller, tüneller ve istinat yapıları gibi mühendislik yapılarının tasarımında önemli bir parametredir (Köseoğlu, 1987).

Winkler modelinde yapı ile zemin arasındaki etkileşim sabit bir yatak katsayısı yoluyla tanımlanır. Tek parametrelili model olarak da bilinen bu yaklaşım ile temel taban basıncı dağılımının doğru bir şekilde elde edilmesi, temelin şekil değiştirmesinin hesaplanması istisnai durumlar hariç (zemin-yapı etkileşiminin ihmal edilebildiği koşullar, yapının yay fonksiyonu gören elemanlar ile mesnetlendiği durumlar) mümkün değildir (Vallabhan ve Daloglu, 1999). Bu durumu aşmak üzere birçok araştırmacı çeşitli modeller önermiştir. İki parametrelili model başlığı altında toplanabilen yöntemler sayısal modellemeye elverişli değildir (Vlasov ve Leontiev, 1966). Bunda başlıca etken düşey yaya ilaveten tanımlanması gereken yatay yay parametresinin belirlenmesindeki ilave güçlüklerdir. Bu güçlüğü aşmak üzere son dönemlerde yapılan bir seri çalışmada Daloglu ve Vallabhan üç boyutlu sonlu elemanlar analizleri yürüterek eşdeğer tek parametrelili yatak katsayısı modeli geliştirmişlerdir. Daloglu ve Vallabhan tarafından önerilen metodoloji daha sonra zeminin doğrusal olmayan davranışını da içerecek şekilde kullanılmıştır (Mısır, 2004; Kahraman vd., 2007).

Bu çalışmada; temel alanı içindeki değişken yatak katsayıları Daloglu-Vallabhan yöntemiyle elde edilmiş, yapı-temel-zemin ilişkisi gerçekçi bir şekilde modellenmiştir. Elde edilen sonuçlar sabit yatak katsayısı ve rijit yapı-zemin modeli ile kıyaslanmıştır. Bütün analizler betonarme perde-çerçeve sistemden oluşan 8 katlı bir yapının üç boyutlu sonlu elemanlar üzerinde statik yükleme koşulları için gerçekleştirilmiştir. Yapının üç farklı mesnetlenme durumuna ait kesit tesirleri kullanılarak ulusal yönetmeliklerimize uygun donatı oranları hesaplanmış ve karşılaştırılmıştır.

2. ZEMİN-YAPI ETKİLEŞİMİNDE EŞDEĞER YATAK KATSAYISI KAVRAMI

Yapıdan zemine iletilen yükün temel-zemin ara yüzünde oluşturduğu normal gerilme, temel taban (değme) basıncı olarak adlandırılmakta ve bu normal gerilmenin toplamı, iletilen yüke eşit olmaktadır. Üst yapıdan zemine yükler aktarılırken, temel ve zemin arasında oluşan değme basıncı zemin koşullarına, temel plağının rijitliğine ve üst yapıdan zemine aktarılan yüklerin dağılımına bağlı olarak dağılır. Elastik zemine oturan temellerin altındaki değme basıncı nedeniyle temel, üniform bir deformasyon oluşturmayıp; bu deformasyonlar genelde temel kenarına yaklaştıkça azalmaktadır. Bu durum bilhassa kohezyonlu zeminlerde ortaya çıkar. Çoğunlukla temel zemininde oluşan bu deformasyonlar sonucu ortaya çıkan oturma kalıbı çanak şeklindedir. Diğer bir deyişle, üniform oturma dağılımı için bu alanın kenar noktalarına uygulanması gereken yük değerleri orta noktalara kıyasla çok daha büyük değerler almalıdır. Kumlu zeminlerde ise tersi bir deformasyon dağılımı söz konusu olabilir. Yatak katsayılarının değme basıncındaki değişimi verecek şekilde kullanımı gerçekçi yapısal analizler için birçok koşulda önemlidir.

Elastik zemine oturan kirişler yöntemiyle sürekli temellerin kesit tesirleri hesaplanabilir (Winkler, 1867). Bu yöntemde, zemin-yapı ilişkisi birbirinden bağımsız doğrusal yaylar ile temsil edilir. Gerçekte sürekli bir ortam olan zemini temsil eden yaylar arasında kayma gerilmelerinin aktarılabilmesi gerekir. İki parametrelili yöntemler çıktırını açan bu düşünce

eşdeğer yatak katsayısı modeli ile nihayet kullanılabilir hale gelmiştir. Daloğlu ve Vallabhan'ın önerdiği eşdeğer yatak katsayısı yaklaşımında öncelikle boyutsuz yatak katsayısı K_{nw} tanımlanır. Bu parametre temel plağı eğilme rijitliği, zemin elastisite modülü ve zemin tabaka kalınlığının bir fonksiyonudur. Temel alanı içinde değişen boyutsuz yatak katsayısı değerleri mevcut abaklardan elde edilir. Boyutsuz yatak katsayıları " K_{nw} " nin temel boyutsuz koordinatlarına bağlı olarak belirlenmesinde temel plağının 1/4 'ü için Daloğlu ve Vallabhan tarafından bazı H/r oranları için elde edilmiş eğriler Şekil 1'de verilmiştir. Bu eğrilerden yararlanarak, üçüncü dereceden parçalı eğri yaklaştırma yöntemiyle enterpolasyon yapılır. Çeşitli H/r oranlarına karşılık gelen boyutsuz yatak katsayısı değerleri bu şekilde hesaplanabilmektedir (Daloğlu ve Vallabhan, 2000).

Eşdeğer Winkler yatak katsayısı (k); temel üzerinde belirlenen her $X=x/L$ ve $Y=y/B$ boyutsuz koordinatlarına karşılık elde edilen boyutsuz yatak katsayıları " K_{nw} " kullanılarak hesaplanır. Burada L ve B sırasıyla temel plağının uzun ve kısa kenar uzunluklarıdır:

$$k = \frac{K_{nw} D}{r^4} \quad (1)$$

Eşitlik 1'deki "r" katsayısı, plak karakteristik uzunluğu olup zeminin belirli kalınlıkta sonlu bir tabaka olarak modellenmesi ve radye temel plak kalınlığının üniform kalınlıkta olması kabullerine bağlı boyutsuz bir katsayı olarak tanımlanmaktadır. Bu katsayı, zemin elastisite modülü (E_s), zemin tabaka kalınlığı (H) ve plak rijitliği cinsinden Eşitlik 2'de ifade edilmektedir.

$$r = \sqrt[4]{\frac{DH}{E_s}} \quad (2)$$

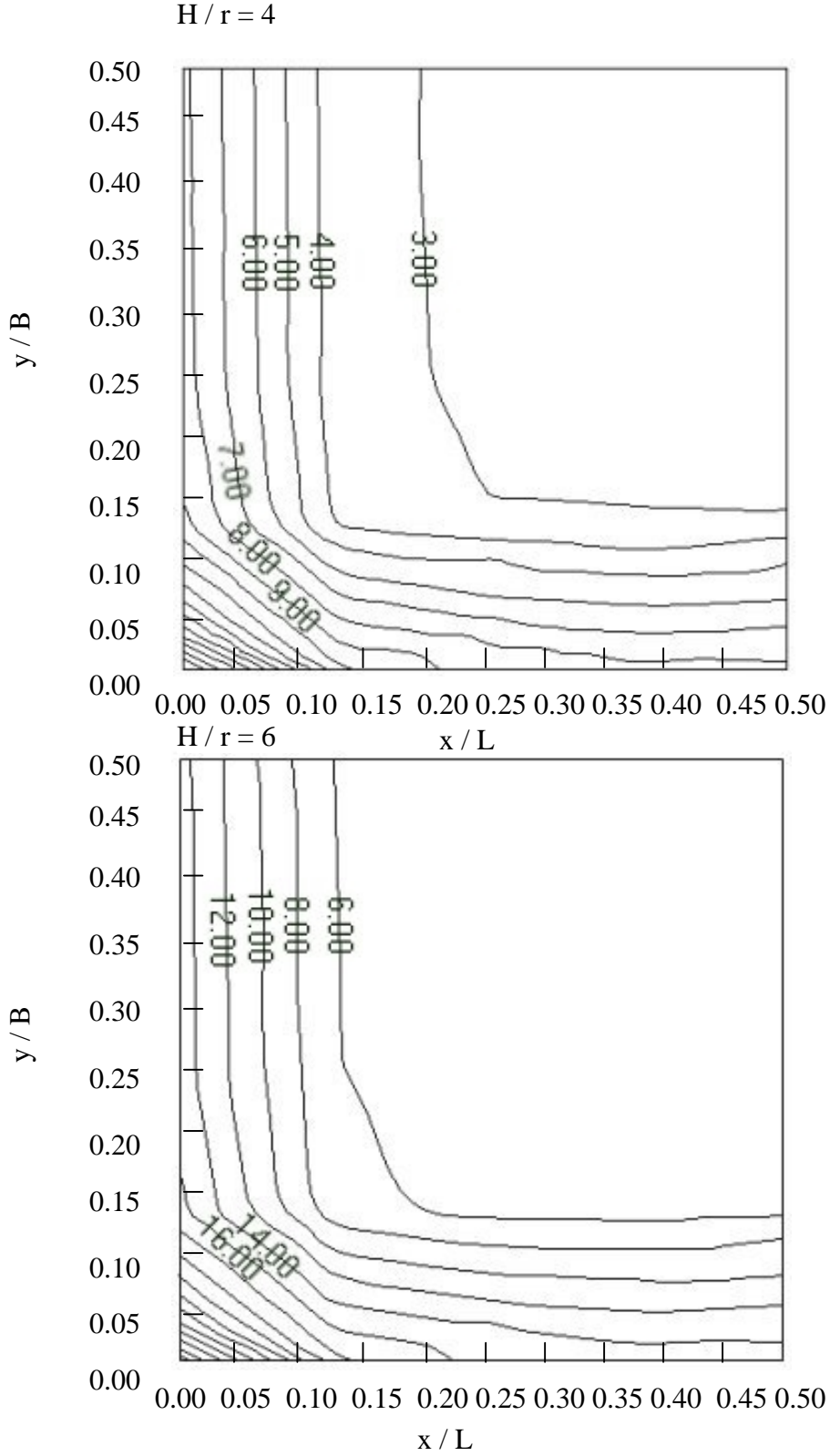
Plak eğilme rijitliği (D); beton elastisite modülü (E_p), plak kalınlığı (h) ve beton Poisson oranına (ν_p) bağlı olarak değişir. Eşitlik 3'de; zemin tabaka kalınlığı en fazla etkili gerilme derinliği kadar alınmaktadır.

$$D = \frac{E_p h^3}{12(1 - \nu_p^2)} \quad (3)$$

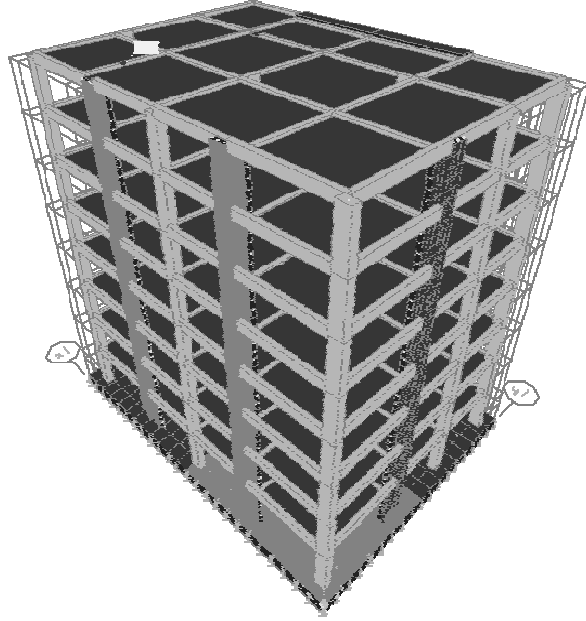
Böylelikle yatak katsayıları hesaplanırken zemin koşulları ve temel rijitliği göz önünde bulundurulur ve zemin-yapı etkileşimi dikkate alınır. Yapısal tasarım için kurulan üç boyutlu sonlu elemanlar modelindeki temel plağına, eşdeğer Winkler yatak katsayıları yöntemi ile hesaplanan değerler atanır.

3. UYGULAMA ÖRNEĞİ

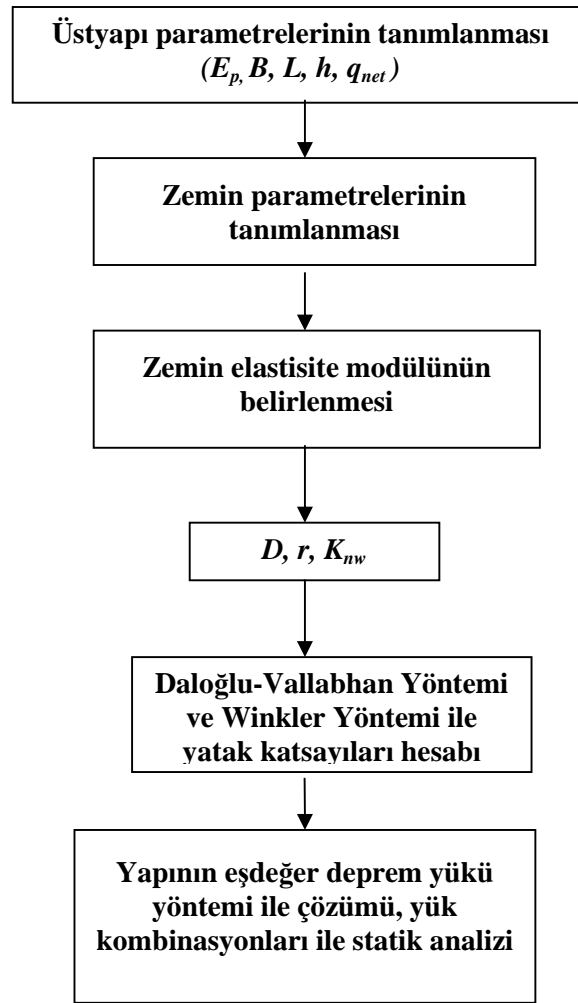
Yatak katsayısının sabit ya da değişken olarak alınmasının betonarme bir yapıda kesit tesirlerini ve tasarımı etkileyebildiğini göstermek amacıyla sekiz katlı bir betonarme yapı örneği üzerinde çalışılmıştır. Perde-çerçeve sistemden oluşan betonarme yapının kalıp planı Şekil 2'de, üç boyutlu sonlu elemanlar modeli ise Şekil 3'de verilmektedir. Yapının temeli kirişsiz radye plaktır. Radye temel boyutları 18 mx24 m, plak kalınlığı 0.75 m, yapı kat yüksekliği 3 m dir. Temelin beton elastisite modülü 30 GPa, Poisson oranı 0.2, beton birim hacim ağırlığı 25 kN/m³, hareketli yükler 2 kN/m² alınmıştır.



Şekil 1. Boyutsuz yatak katsayısı K_{nw} 'nin temel alanı içinde $H/r=4$ ve $H/r=6$ için değişimi (Daloğlu ve Vallabhan, 2000).

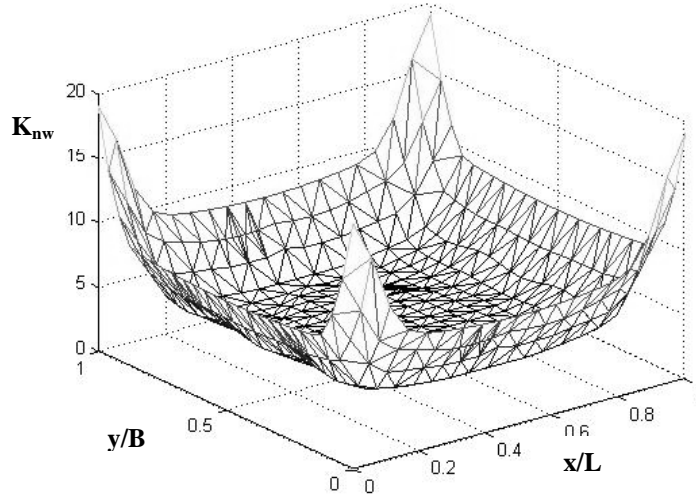


Şekil 3. Yapı örneğinin üç boyutlu sonlu elemanlar modeli



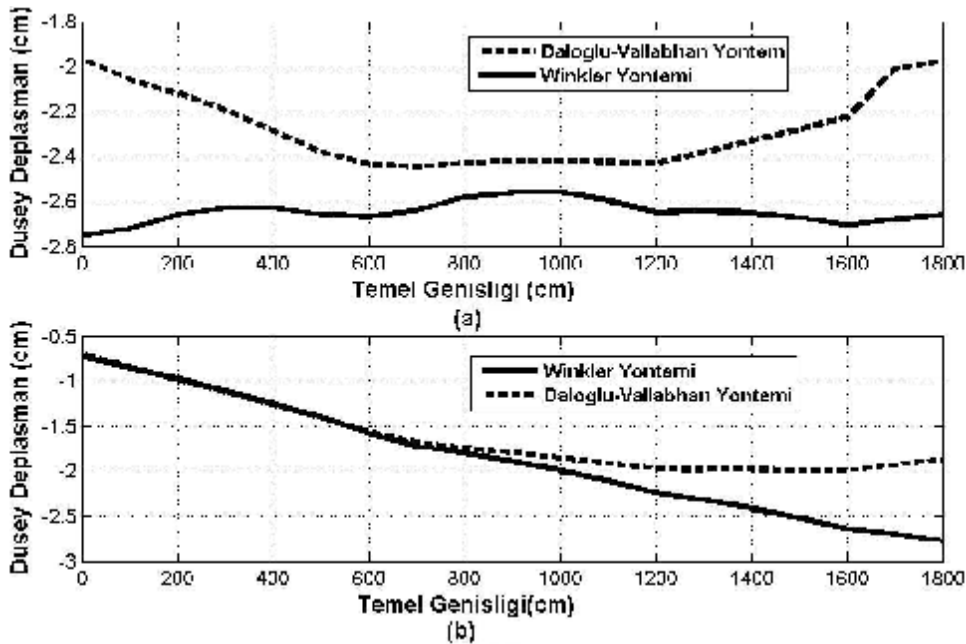
Şekil 4. Yatak katsayısının tanımlanması ve yapı sistemine uygulanması için akış şeması

Winkler yönteminde, sabit yatak katsayısı olarak, yapının ortalama oturmasına göre hesaplanan $k = 6300 \text{ kN/m}^3$ değeri alınmıştır. Değişken yatak katsayısı yaklaşımında ise MATLAB yazılımında hazırlanmış bir program dosyası kullanılarak (Ek A) “ K_{nw} ” boyutsuz yatak katsayılarının temel alanı içindeki değişimi elde edilmiş ve Şekil 5’de verilmiştir.

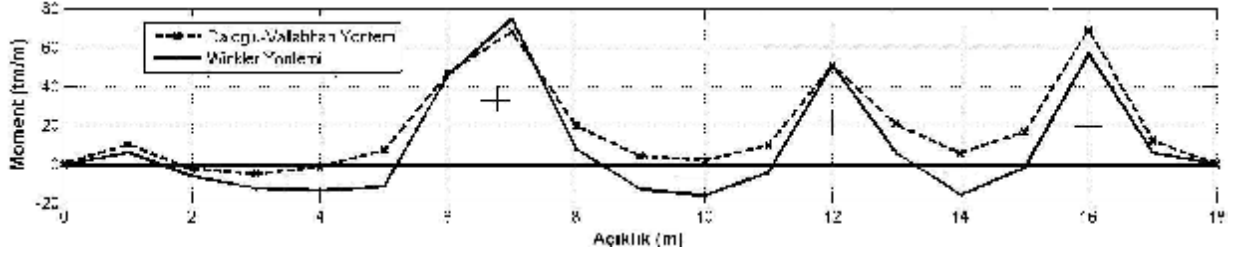


Şekil 5. Boyutsuz yatak katsayısının temel alanı içindeki değişimi ($H/r = 4.3$ için)

Yapıya zati, hareketli ve deprem yüklerine bağlı kombinasyonlar uygulanmıştır. Deprem yükleri Z4 sınıfı zemin için eşdeğer deprem yükü yöntemine göre hesaplanmıştır ve $\pm \%5$ ek dışmerkezlilik göz önünde bulundurularak uygulanmıştır. E_x x-x, E_y y-y doğrultusunda etkiyen deprem yükleri olmak üzere; $G+Q+E_x$ ve $G+Q+E_y$ yük kombinasyonları etkisinde yapı-zemin modellerinde zemin kat kolon ve perdelerinde gelişen taban kesme kuvvetleri (kN) ve kolon-perde yük oranları ile yapı doğal titreşim periyotları sırasıyla Çizelge 1 ve Çizelge 2’de verilmektedir. C-C aksı çerçevesinde radye temelde $1.4G+1.6Q$ ve $G+Q+E_x$ yüklemeleri etkisinde oluşan düşey yer değiştirme değerlerinin farklı yatak katsayısı yaklaşımlarına göre değişimi Şekil 6’da, $G+Q+E_x$ yüklemeleri ile gelişen moment değerleri ise Şekil 7’de verilmektedir.



Şekil 6. C-C Aksında a) $1.4G+1.6Q$ ve b) $G+Q+E_x$ yüklemeleri sonucu meydana gelen düşey deplasman değerlerinin Winkler ve Daloglu-Vallabhan yöntemleri ile yapılan analizlere bağlı değişimi



Şekil 7. C-C Aksında radye temelde G+Q+E_x yüklemesi sonucu gelişen moment değerlerinin Winkler ve Daloğlu-Vallabhan yöntemleri ile yapılan analizlere bağlı değişimi

Çizelge 1. G+Q+E_x yüklemesi kombinasyonları etkisinde yapının doğal titreşim periyotları, gelişen taban kesme kuvvetleri (kN) ve kolon-perde yük paylaşım oranları

Yapı-zemin modelleri	T _{1x} (sn)	Kolonlar (kN)	Perdeler (kN)	Taban kesme (kN)	Kolon yük oranı	Perde yük oranı
Rijit yapı-zemin	0.684	1732	3827	5559	0.31	0.69
k _{sabit} (Winkler modeli)	1.00	2162	3064	5226	0.41	0.59
k _{değişken} (Daloğlu-Vallabhan yaklaşımı)	0.893	3110	2449	5559	0.56	0.44

Çizelge 2. G+Q+E_y yüklemesi kombinasyonları etkisinde yapının doğal titreşim periyotları, gelişen taban kesme kuvvetleri (kN) ve kolon-perde yük paylaşım oranları

Yapı-zemin modelleri	T _{1y} (sn)	Kolonlar (kN)	Perdeler (kN)	Taban kesme (kN)	Kolon yük oranı	Perde yük oranı
Rijit yapı-zemin	0.684	1352	4207	5559	0.24	0.76
k _{sabit} (Winkler modeli)	0.897	1666	3893	5559	0.30	0.70
k _{değişken} (Daloğlu-Vallabhan yaklaşımı)	0.818	2390	3169	5559	0.43	0.57

Çizelge 3'de zemin kat kolonlarının yapının düşey ve yatay yük kombinasyonları göz önünde bulundurularak gerçekleştirilen analizler sonucu hesaplanan N (Normal Kuvvet) ve M (Moment) kesit tesirleri donatı oranlarında kritik değişimin gözlendiği kolonlar için verilmektedir (TS 500, 2000). Kolonlardaki donatı oranlarının değerleri ise Çizelge 4'dedir. Buna göre, rijit yapı-zemin modeli ile bazı kolonlarda elde edilen kesit tesirlerine göre minimum donatı oranı (0.01) yeterli olurken (Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, 2007); değişken yatak katsayılı yaklaşımına göre bazı kolon kesitlerindeki boyuna donatı oranları yaklaşık üç katına çıkmaktadır.

Çizelge 3. Donatı oranlarında kritik değişimin gözlemlendiği kolonlarda N-M değerleri

Kolon No	Rijit yapı-zemin			Sabit Yatak Katsayısı ($k_{\text{sabit}}=6300 \text{ kN/m}^3$)			Değişken Yatak Katsayısı		
	N (kN)	M_x (kNm)	M_y (kNm)	N (kN)	M_x (kNm)	M_y (kNm)	N (kN)	M_x (kNm)	M_y (kNm)
S102	2452	48.8	81.5	1119	27.1	428.2	2236	54.2	466.0
S105	1711	46.8	56.9	816	19.8	367.9	2924	70.9	456.7
S107	2027	57.7	67.4	1821	44.1	460.7	2007	48.6	426.0
S108	2227	106.7	53.9	2339	500.0	56.7	2442	394.1	59.2
S110	1901	43.7	63.2	818	19.8	368.3	2909	70.5	449.5
S112	582	46.9	19.4	1129	27.4	429.2	2440	54.3	457.8

Çizelge 4. Kolonlardaki donatı oranlarının farklı yatak katsayısı yaklaşımlarına göre değerleri

Kolon No	Donatı Oranları		
	Rijit yapı-zemin	Sabit Yatak Katsayısı	Değişken yatak katsayısı
S101	0.017	0.010	0.010
S102*	0.010	0.018	0.022
S103	0.017	0.011	0.010
S104	0.010	0.010	0.010
S105*	0.010	0.016	0.030
S106	0.010	0.010	0.010
S107*	0.010	0.018	0.017
S108	0.010	0.023	0.016
S109	0.010	0.010	0.010
S110*	0.010	0.016	0.029
S111	0.017	0.010	0.010
S112*	0.010	0.018	0.022
S113	0.010	0.010	0.010

* Statik analizler sonucundaki kesit tesirlerine bağlı olarak donatı oranlarındaki değişimin büyük olduğu kolonlar

4. SONUÇLAR

Yapı sistemlerinin önemli bir parçası olan temellerin yapısal tasarımı, genellikle temel altındaki zeminin özelliklerini dikkate almayan ve yapı-zemin etkileşimini ihmal eden yaklaşık yöntemlerle yapılmaktadır. Yapı-zemin etkileşiminin gerçekçi bir şekilde ele alınabilmesi için, üstyapıdan aktarılan yükler altında gerçek zemin davranışını yansıtacak yatak katsayısının tanımlanması gerekmektedir. Bu çalışmada, radye temel sistemine sahip sekiz katlı betonarme perde-çerçeve sistemden oluşan bir yapı rijit yapı-zemin; sabit ve değişken yatak katsayıları kabulleri ile çözülmüştür. Sabit ve değişken yatak katsayılı yapı-zemin modelleri ile gerçekleştirilen analizlerde, rijit yapı-zemin modellerine göre, yapı doğal titreşim periyodunda artış meydana gelmektedir. Bu durum yapısal sistemin lehine görünmektedir. Ancak çalışma sonucunda elde edilen veriler incelendiğinde, temel-zemin birleşiminin rijit kabul edilmemesi durumunda, perde ve kolonlarda deprem yüklerinin paylaşımı değişmektedir. Sonuçlar değişken yatak katsayısı ile yapılan analizlerde daha çarpıcıdır. Ayrıca Daloğlu-Vallabhan tarafından ortaya konulan değişken yatak katsayılı yaklaşımla bazı kolon kesitlerindeki boyuna donatı oranları, rijit yapı-zemin modelinde elde edilen değerlerin yaklaşık üç katına ulaşmaktadır. Bu nedenle de betonarme yapı tasarımında,

temel sistemlerinin projelendirilmesinde, yatak katsayısının tanımlanma şeklinin önemi ortaya çıkmakta, temel tasarımının yapıdan bağımsız gerçekleştirilmesi durumunda yalnız zeminin değil üstyapı taşıyıcı sisteminin etkilerinin de dikkatten kaçacağı anlaşılmaktadır. Yapı-zemin etkileşimi yapı tasarımının ihmal edilmez bir unsuru olmalıdır.

KAYNAKLAR

- Bayındırlık ve İskan Bakanlığı (2007): “Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik”, Ankara.
- Daloğlu A. T., Vallabhan C. V. G. (2000): “Values of k for Slab on Winkler Foundation”, Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, ASCE, No. 5, s. 463-473.
- Kahraman S., Mısır İ. S., Özden G. (2007): “Sabit ve değişken Yatak Katsayısı Yaklaşımlarının Yapı Davranışına Etkisi”, Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, İstanbul.
- Köseoğlu S. (1987): “Temeller Statiği ve Konstrüksiyonu”, Cilt 2 (3. Basım), İstanbul: Matbaa Teknisyenleri Basımevi.
- Mısır İ. S. (2004): “Farklı Oturmaların Yapı Taşıyıcı Sistemine Etkisi”, Yüksek Lisans Tezi. Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı.
- TS 500 (2000): Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları. Türk Standartları Enstitüsü.
- Vallabhan C. V. G., Daloğlu A. T. (1999): “Consistent FEM-Vlasov Model for Plates on Layered Soil”, Journal of Structural Engineering, ASCE, No. 5, s. 108-113.
- Vlasov V. Z., Leontiev U. N. (1966): “Beams, Plates and Shells on Elastic Foundations”, Israel Program for Scientific Translations, Jerusalem.
- Winkler E. (1867): “Die Lehre von der Elastizität und Festigkeit”, Prag.

EK A

<pre> Değişken Yatak Katsayısı Hesap Algoritması % Geliştirilmiş Winkler Yöntemi % E1=Temel plağı elastisite modülü [kN/m2] % h1=Temel plağı yüksekliği [m] % nu=Temel betonu Pisson oranı % H1=Etkili zemin derinliği [m] % Es=Zemin eşdeğer elastisite modülü [kN/m2] % D=Plak elemana ait eğilme rijitliği [kN/m] % r=Karakteristik uzunluk [m] % koord=Temel plağı sonlu elemanlarının ağırlık % merkezine ait koordinat değerleri % Knw= Her bir sonlu elemana karşılık gelen boyutsuz yay % katsayısı değerleri % izo4...izo11= Boyutsuz Knw değerleri tabloları % k= Her bir sonlu elemana karşılık gelen Winkler yay % katsayısı değerleri clear all clc format short e E1=(1.5387E+07); h1=.54; nu=0.2; H1=30; Es=1037; D=(E1*h1^3)/(12*(1-nu^2)); r=(D*H1/Es)^.25; H_r=H1/r; load izo4.txt -ascii; %data manipulation izo_f4=zeros(2000,3); izo_f4(1:500,:)=izo4; izo_f4(501:1000,1)=izo4(1:500,1); izo_f4(501:1000,2)=ones(500,1)-izo4(1:500,2); izo_f4(501:1000,3)=izo4(1:500,3); izo_f4(1001:1500,1)=ones(500,1)-izo4(1:500,1); izo_f4(1001:1500,2)=ones(500,1)-izo4(1:500,2); izo_f4(1001:1500,3)=izo4(1:500,3); izo_f4(1501:2000,1)=ones(500,1)-izo4(1:500,1); izo_f4(1501:2000,2)=izo4(1:500,2); izo_f4(1501:2000,3)=izo4(1:500,3); msh4=izo_f4; load koord.txt -ascii; std=koord; [a,b]=size(std); tri4=delaunay(msh4(:,1),msh4(:,2)); figure trimesh(tri4,msh4(:,1),msh4(:,2),msh4(:,3)) [X1,Y1]=meshgrid(std(:,1),std(:,2)); Z1=griddata(msh4(:,1),msh4(:,2),msh4(:,3),X1,Y1,'cubic'); K1(:,1)=diag(Z1); load izo6.txt -ascii; %data manipulation izo_f6=zeros(1840,3); izo_f6(1:460,:)=izo6; izo_f6(461:920,1)=izo6(1:460,1); izo_f6(461:920,2)=ones(460,1)-izo6(1:460,2); izo_f6(461:920,3)=izo6(1:460,3); izo_f6(921:1380,1)=ones(460,1)-izo6(1:460,1); </pre>	<pre> izo_f6(921:1380,2)=ones(460,1)-izo6(1:460,2); izo_f6(921:1380,3)=izo6(1:460,3); izo_f6(1381:1840,1)=ones(460,1)-izo6(1:460,1); izo_f6(1381:1840,2)=izo6(1:460,2); izo_f6(1381:1840,3)=izo6(1:460,3); msh6=izo_f6; tri6=delaunay(msh6(:,1),msh6(:,2)); trimesh(tri6,msh6(:,1),msh6(:,2),msh6(:,3)) [X2,Y2]=meshgrid(std(:,1),std(:,2)); Z2=griddata(msh6(:,1),msh6(:,2),msh6(:,3),X2,Y2,'cubic'); K2(:,1)=diag(Z2); load izo9.txt -ascii; %data manipulation izo_f9=zeros(1288,3); izo_f9(1:322,:)=izo9; izo_f9(323:644,1)=izo9(1:322,1); izo_f9(323:644,2)=ones(322,1)-izo9(1:322,2); izo_f9(323:644,3)=izo9(1:322,3); izo_f9(645:966,1)=ones(322,1)-izo9(1:322,1); izo_f9(645:966,2)=ones(322,1)-izo9(1:322,2); izo_f9(645:966,3)=izo9(1:322,3); izo_f9(967:1288,1)=ones(322,1)-izo9(1:322,1); izo_f9(967:1288,2)=izo9(1:322,2); izo_f9(967:1288,3)=izo9(1:322,3); msh9=izo_f9; tri9=delaunay(msh9(:,1),msh9(:,2)); trimesh(tri9,msh9(:,1),msh9(:,2),msh9(:,3)) [X3,Y3]=meshgrid(std(:,1),std(:,2)); Z3=griddata(msh9(:,1),msh9(:,2),msh9(:,3),X3,Y3,'cubic'); K3(:,1)=diag(Z3); load izo11.txt -ascii; %data manipulation izo_f11=zeros(1656,3); izo_f11(1:414,:)=izo11; izo_f11(415:828,1)=izo11(1:414,1); izo_f11(415:828,2)=ones(414,1)-izo11(1:414,2); izo_f11(415:828,3)=izo11(1:414,3); izo_f11(829:1242,1)=ones(414,1)-izo11(1:414,1); izo_f11(829:1242,2)=ones(414,1)-izo11(1:414,2); izo_f11(829:1242,3)=izo11(1:414,3); izo_f11(1243:1656,1)=ones(414,1)-izo11(1:414,1); izo_f11(1243:1656,2)=izo11(1:414,2); izo_f11(1243:1656,3)=izo11(1:414,3); msh11=izo_f11; tri11=delaunay(msh11(:,1),msh11(:,2)); trimesh(tri11,msh11(:,1),msh11(:,2),msh11(:,3)) [X4,Y4]=meshgrid(std(:,1),std(:,2)); Z4=griddata(msh11(:,1),msh11(:,2),msh11(:,3),X4,Y4,'cubic'); K4(:,1)=diag(Z4); T1(:,1)=K1(:,1); T1(:,2)=K2(:,1); T1(:,3)=K3(:,1); T1(:,4)=K4(:,1); T2=T1'; L=[4;6;9;11]; for i=1:a Knw(i,1)=spline(L,T2(:,i),H_r); end format long e k=Knw*D/r^4; save k k -ascii </pre>
---	--

*Değişken Yatak Katsayısı Hesap Algoritması ve gerekli veri dosyaları <http://web.deu.edu.tr/eesl/yayinlar.htm> internet adresinden edinilebilir.