

Adapazarı Zemininde Temel Derinliğinin Güvenli Bina Kat Adedinde Rolü

¹Osman Aslan ve *²Zeki Gündüz

¹Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Sakarya

*²Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Sakarya

Özet

Bu çalışmamızın amacı Adapazarı zemininde çok katlı bina yapılabilişliğini bilimsel açıdan inceleyerek, çok katlı bina yapabilme koşullarını belirlemektir.

Bu çalışmada, Plaxis 2D sonlu eleman yazılımı ile Adapazarı zeminini temsil eden zemin modelleri kullanılarak farklı yapı modellerin analizleri yapılmıştır. Bu çalışmada; Adapazarı zeminini temsil eden üç farklı zemin modeli üzerinde beş katlı bodrumsuz bina, beş katlı 4.00 m, 5.00 m. ve 6.00 m derinliklere sahip bodrumlu bina, altı katlı 4.00 m, 5.00 m. ve 6.00 m derinliklere sahip bodrumlu bina ve yedi katlı 4.00 m, 5.00 m. ve 6.00 m derinliklere sahip bodrumlu bina modelleri analizleri yapılarak uygun koşulları sağlayan çözümlerinin incelenmesi yapılmıştır.

Anahtar kelimeler: Bodrumlu radye temel, Adapazarı zeminleri, Sıkı kum tabakaları, iki boyutlu sonlu eleman çözümü.

The Role Of Foundation Depth On Adapazarı Floor In The Number Of Secure Building Floors

Abstract

The aim of this study as his master's thesis is to specify in-storied building on the ground of Adapazarı for the purpose of scientific angle and ability to make conditions too- storied buildings by reviewing. In this study, Plaxis 2D finite element software detected before using Adapazarı's soils profiles through using different models analysis were scoped out. In this study; Five-storied basement-free building on three different floor models, five floors, 4.00 m, 5.00 m. On three different floor models representing Adapazarı floor and a basement with a depth of 6.00 m, with a six storied 4.00 m, 5.00 m. and a basement with a depth of 6.00 m and seven floors of 4.00 m, 5.00 m. and 6.00 m deep basement buildings were analyzed to determine the appropriate conditions.

Key words: Basements raft Foundation, Soils of Adapazarı, Dense sand layers, two-dimensional finite element solution.

1. Giriş

Günümüzde teknoloji hızlı bir şekilde ilerleme göstermektedir. Teknoloji ile birlikte bilgisayarların hızları ve kapasiteleri artmaktadır. Sayısal analiz yöntemlerindeki gelişmeler ve geoteknik mühendisliği yazılımları sayesinde yapı-zemin etkileşimleri ve zeminlerin doğrusal olmayan yük-şekil değiştirme davranışları iki boyutlu modelleme yapılarak hızlı, gerçekçi ve ekonomik çözümler sunmaktadır.

1999 depreminde Adapazarı'nın alüvyon zemini üzerine yapılmış çok katlı binalarda ağır hasar ve yıkımlar meydana gelmiştir. Karşılaşılan yıkım ve can kaybı sonrasında, bunlara sebep olarak kötü diye nitelendirilen zemin koşulları gösterilmektedir. Adapazarı'nda bilimsel temellere dayanmayan ve mühendislik yaklaşımı taşımayan düşüncelerle hazırlanan imar planlarında önce 2 kat daha sonra 3 kat yapılaşmaya izin verilerek yüksek yapılaşmaya gidilmesi tamamen engellenmiştir. Halbuki zemin incelemelerinin gerektiği gibi yapılarak doğru temel sistemleriyle yüksek yapılaşmaya gidilebileceği bilinmektedir. Adapazarı zeminleri ile ilgili yapılan birçok akademik çalışmada da aynı sonuç görülmektedir.

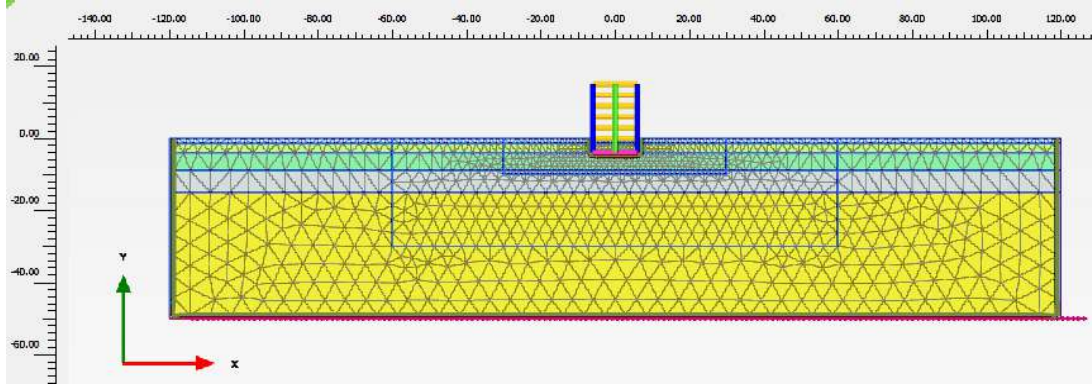
Bu çalışmanın amacı, öncelikle bodrumlu, radye temelli sistemlerinin yapı-zemin etkileşimlerini ve zeminlerin doğrusal olmayan yük-şekil değiştirme davranışlarını iki boyutlu modelleme yaparak analizlerini yapmak ve Adapazarı zemininde çok katlı yapı yapılabilişliğini sorgulamaktır.

2. Model Özellikleri

2.1. Sonlu Eleman Ağı Boyutlarının Seçimi ve Eleman Sayısının Belirlenmesi

Sonlu eleman ağı boyutlarının x, y ve z eksenlerinde alınan farklı değerler ile yapılan farklı modellerde çözümlere bakıldığında, model boyutlarının daha büyük olduğu durumlarda gerilme ve deplasmanların dağılımında önemli değişiklikler görülmemiştir.

Sonlu eleman çözümünde gerilmelerin yüksek olduğu yerlerde elemanların sıklaştırılması ile sonuçlar daha gerçekçi olarak bulunmakta, ağı kenar ve köşelerine doğru ise elemanların büyütülmesi ile büyük hacimli problemlerde eleman sayısının gereğinden fazla olmasını önlemekte, böylece çözüm zamanından önemli ölçüde tasarruf sağlamaktadır [1][2]. Bu doğrultuda eleman büyüklüklerinin ve sayılarının farklı olduğu modellerde deneme çözümü yapılarak sonuçta kullanımı uygun bulunan sonlu eleman modeli Şekil 1.' de görülmektedir.



Şekil 1. Sonlu eleman ağı iki boyutlu görünümü.

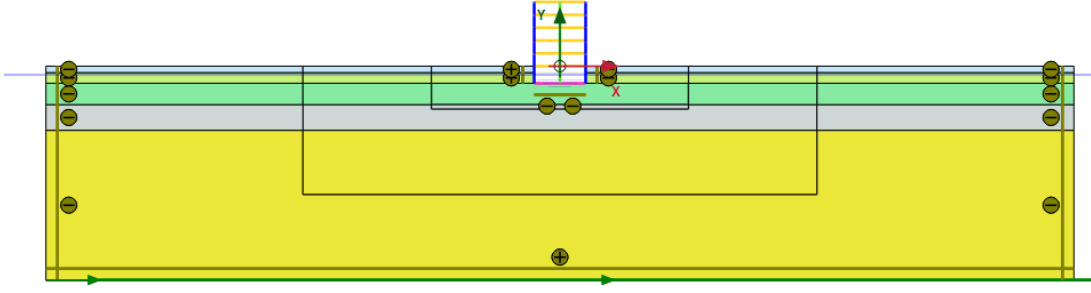
2.2. Sınır şartlarının belirlenmesi

Oluşturulan modellerde gerçeğe yakın çözümler yapmak için sınır şartlarının belirlenmesi çok önemlidir. Bu çalışmada, sınırsız ortam olarak kabul edilen zemin sonlu serbestlik dereceli ayrık bir sisteme dönüştürülerek modellenmesi uygun sınır şartlarının kullanılmasıyla gerçekleştirilmiştir.

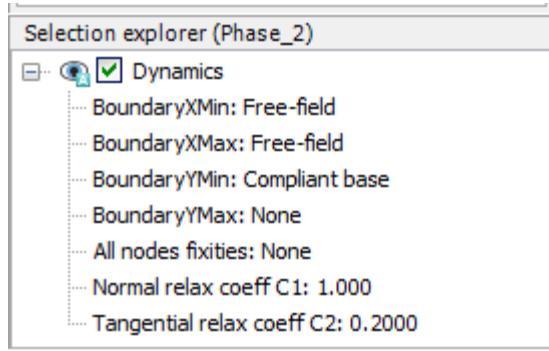
Dalga yayılım probleminin sonlu eleman simülasyonu için yük kaynağından uzak bölgelere iletilen dalgaları model sınırlarında serbest bırakmak ve yayılan enerjiyi bu kesim noktasında tüketmek için viskoz sönümleyici elemanlar [3] ve sonsuz elemanlar [4] kullanılmaktadır. Bu durum; yakın sınırlarla hapsedilen ortamdaki dalgaların karmaşık bir şekilde saçılması nedeniyle sonsuza uzanan bölgelerdeki gerçek dalga yayılma hareketi tam idealize edilmediği için doğruluk düzeyi tartışılır sonuçlara sebep olmaktadır.

Dinamik analizlerde viskoz yapay sınırların geçirimsizliğinin tanımlanmasındaki belirsizliklerden dolayı sınırlarda olası dalga yansımalarının yapısal davranışının kararlılığını bozmasına yol açmadan kalıcı titreşimi elde etmek için bölge sınırlarını statik çözümlere göre daha uzakta oluşturmak güvenli bir çözüm yoludur. Yapılan araştırmalardan bu sınır yerlerinin üst yapıdan en az temel taban genişliğinin 8-10 katı kadar uzakta olacak şekilde düzenlenmesi gerektiği önerilmektedir [5]. Aksi takdirde gerilme dalgalarının sınırlardan yansıyıp tekrar problemin ele alındığı bölgeye geri dönmesi sonucunda sayısal sonuçların hassasiyetinin bozulmasına yol açacaktır.

Bu çalışmada yansımaların etkisini yok etmek için yapay sönümleyicilerin yapının merkezine sağ tarafından 120 m, sol tarafından 120 m sınırlara uzakta olacak şekilde yerleştirilmesiyle özel önlem alınmıştır. Geliştirilen çözüm yönteminde, sistemden dışarıya doğru yayılan ve zeminin sonsuzluğu nedeni ile zemin ortamında kaybolan enerjiyi tanımlamak için bölgenin sınırlarında eşdeğer anlamda kullanılan, radyasyon sönümü adı verilen ve malzeme sönümü ile ilgisi bulunmayan bir sönüm mekanizması kullanılmıştır (Şekil 2.). Kullanılan sınır şartlarının soğrulma karakteristikleri dalgaların frekansına bağlı olmadığı için bu yapay sınırlar hem harmonik hem de harmonik olmayan dalgaları sönümleyebilmektedir (Şekil 3.).



Şekil 2. Yapı- zemin etkileşim problemi için geliştirilen sonlu eleman modeli.

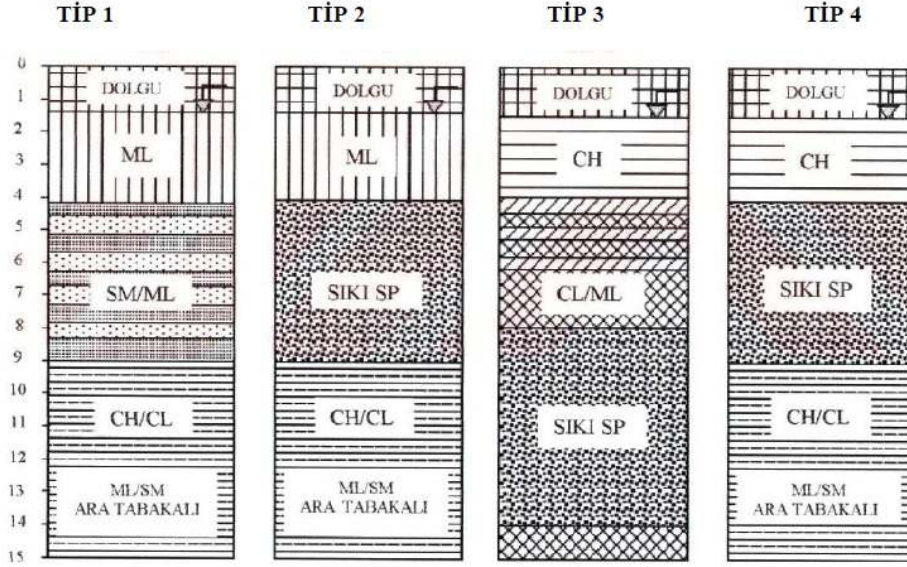


Şekil 3. Kullanılan sınır şartları görülmektedir.

Sınırlarda enerjinin tam anlamıyla tüketilebilmesi dalgaların geçme açısına bağlıdır. Mühendisliğin pratik uygulamaları açısından, gelen dalgaların sınırlara dik veya küçük açıyla ($\theta \leq 30$) etki ettiği varsayıldığından, boyutsuz iyileştirme katsayıları (c_1 ve c_2) birim değerde hesaba katılmaktadır. Bu çalışmada basınç dalgası için $c_1=1$ ve kayma dalgasının sınırlarda rasyonel ölçüde geçirimsizliğini sağlamak için tavsiye edilen değeri $c_2=0.2$ olarak alınmıştır[6].

2.3. Yapı, zemin ve ara yüzey özellikleri

Adapazarı zemin özellikleri dikkate alınarak seçilen 3 ayrı zemin modelinde 5 farklı zemin katmanı bulunmaktadır. Tip1 zemin modeli kesitinde, ilk 1.5 m dolgu tabakasıdır. 1.5 m ile 4.0 m arası silt (ML), 4.0 m ile 9.0 m arası siltli kum (SM), 9.0 m ile 15.0 m arası kil (CL), 15.0 m ile 50.0 m arası kil (CH) tabakasından oluşmaktadır. Tip 2 zemin modeli kesitinde, ilk 1.5 m dolgu tabakasıdır. 1.5 m ile 4.0 m arası silt (ML), 4.0 m ile 9.0 m arası sıkı kum (SP), 9.0 m ile 15.0 m arası kil (CL), 15.0 m ile 50 m arası kil (CH) tabakasından oluşmaktadır. Tip 3 zemin modeli kesitinde, ilk 1.5 m dolgu tabakasıdır. 1.5 m ile 4.0 m arası kil (CL), 4.0 m ile 9.0 m arası kil (CH), 9.0 m ile 14.0 m arası sıkı kum (SP), 14.0 m ile 50.0 m arası kil (CH) tabakasıdır. Adapazarı kent merkezi zemin modelleri Şekil 4'te gösterilmektedir.



Şekil 4. Adapazarı kent merkezi zemin profilleri [7]

Malzeme tipi, sıkı kum tabakasında yüklemeye anında boşluk suyu basıncı oluşmadığı kabulü ile “drenajlı”, diğerleri ise “drenajsız” seçilmiştir. Plaxis yazılımı, efektif parametreler (E' , ν' , c' , ϕ') ile hesap yapılmaktadır. Zemin özellikleri pekleşen zemin modeli ile temsil edilmiştir. Sıkı kum tabakasının özellikleri, koni penetrasyon deneyi sonuçları kullanılarak [8], [9] ve [10] uyarınca bulunmuştur. Sıkı kum tabakasının üstünde ve altında yer alan killi tabakaların özellikleri, laboratuvarında yapılan CIU üç eksenli deneylerden ve konsolidasyon deneylerinden ölçülmüştür. UU üç eksenli hücre kesme deneylerinden elde edilen drenajsız kayma direnci değerleri yardımıyla ince ara yüzey elemanlarının kayma direnci parametreleri belirlenmiştir. Seçilen modelde kullanılan zemin, yapı ve ara yüzey özellikleri Tablo 1.'de verilmiştir.

Tablo 1. Modelde kullanılan zemin, yapı ve ara yüzey özellikleri

Derinlik (m)	0-1.5	1.5-4.0	4.0-9.0	9.0-15.0	15.0-50.0	Değişken zemin	Yapı
İsim	Dolgu	Silt	Sıkı kum	Kil	Kil	Siltli Kum	Beton
Malzeme modeli	HS	HS	HS	HS	HS	HS	Lineer elastik
Malzeme tipi	Drenajlı	Drenajsız	Drenajlı	Drenajsız	Drenajsız	Drenajlı	Geçirimsiz
ρ_{doymun} (kN/m ³)	17	19	21	19	20	20	24
Power(m)	0.5	0.6	0.5	0.8	0.8	0.5	---
E_{50}^{ref} (kPa)	10.000	15.000	37.500	20.000	25.000	16.000	30.000.000
$E_{\text{oed}}^{\text{ref}}$ (kPa)	10.000	15.000	37.500	20.000	25.000	16.000	---
$E_{\text{ur}}^{\text{ref}}$ (kPa)	30.000	45.000	112.500	60.000	75.000	48.000	---
c'_{ref} (kN/m ²)	1	30	1	60	80	1	---
ϕ' (°)	20	20	40	15	15	30	---
ψ (°)	0	0	10	0	0	10	---
ν'_{ur}	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
P_{ref} (kPa)	100	100	100	100	100	100	---
K_0^{nc}	0.5152	0.500	0.3572	0.7412	0.7412	0.500	---
R_{inter}	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	---

Bina modellerimiz 5, 6 ve 7 katlı bodrumludur. Temel genişliği 12 m ve temel kalınlığı 1 m alınmıştır. Kolonlarımız 60x60 cm ve kirişlerimiz 30x60 cm seçilmiştir. C25 Beton ve ST III çelik malzemeleri kullanılmıştır. Bodrum kat derinliklerimiz 4, 5 ve 6 m olarak değişmektedir.

2.4. Hardening-Soil Model

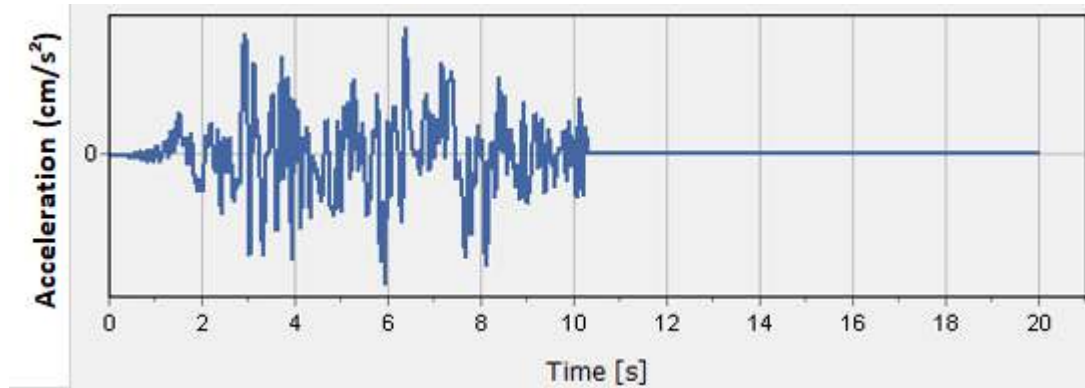
Yapılan analizlerde zemini hardening-soil ile modellenmiştir. Bu modelin seçilme nedeni; zeminde akma yüzeyi asal gerilme uzayında sabit değildir. Pekleşme, kayma pekleşmesi ve sıkışma pekleşmesi şeklindedir. Drenajlı üç eksenli deneyin özel bir durumunda, eksenel şekil değiştirme ve deviatorik gerilme arasında tanımlanan ilişki bir hiperbol ile modellenmektedir. Hardening-soil model hiperbolik modelin yerini almış daha gelişmiş bir zemin modelidir.

Model Özellikleri

- 1- Gerilme, üstel bir kurala göre rijitliğe bağlıdır.
- 2- Bir referans deviator gerilmeye plastik şekil değiştirme oluşur.
- 3- Bir referans sıkışma basıncına göre plastik şekil değiştirme oluşur.
- 4- Elastik yükleme ve boşaltma
- 5- Mohr coulomb göçme kriteri ile akma ve göçme hesapları yapılabilir.

2.5. Nümerik analizlerde kullanılan Dinamik modül girdileri

Adapazarı Türkiye Deprem Bölgeleri Haritasında 1. derece deprem bölgesi içinde kalmaktadır. Moment büyüklüğü 7.4 olan 1999 Marmara depreminde; eski bir göl yatağı ve taşkın havzası olan şehir merkezinde SKR doğu batı istasyonunda maksimum yer ivmesi, 0.407 g olarak ölçülmüştür. Plaxis dinamik modülü gerçek deprem kaydı (SMC) kullanarak analiz yapmaktadır. Bu çalışmamızda 1999 marmara depremi kayıtları kullanılmıştır (Şekil 5).

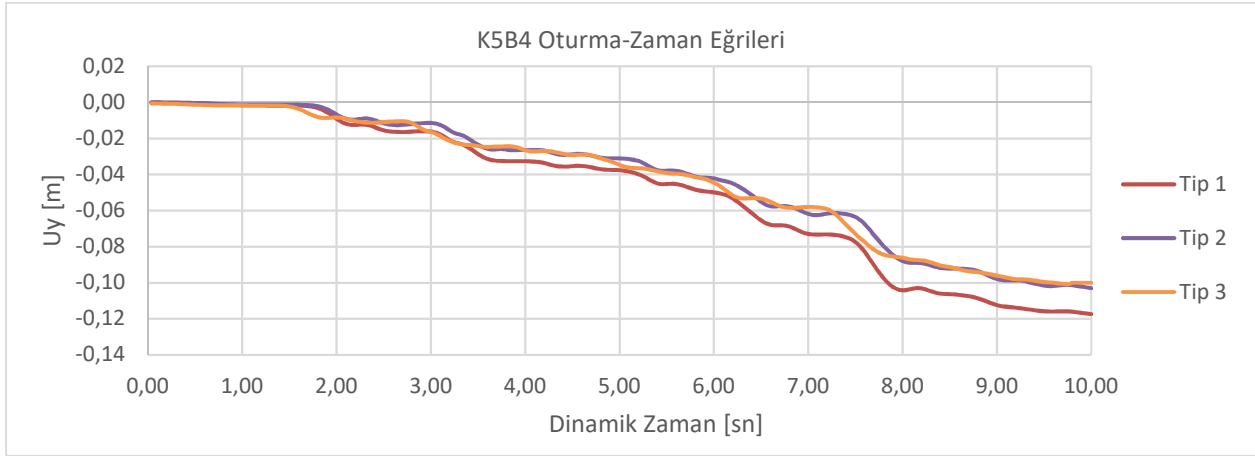


Şekil 5. 17.08.1999 $M_w=7.4$ Marmara depremi gözlenmiş ivme zaman grafiği.

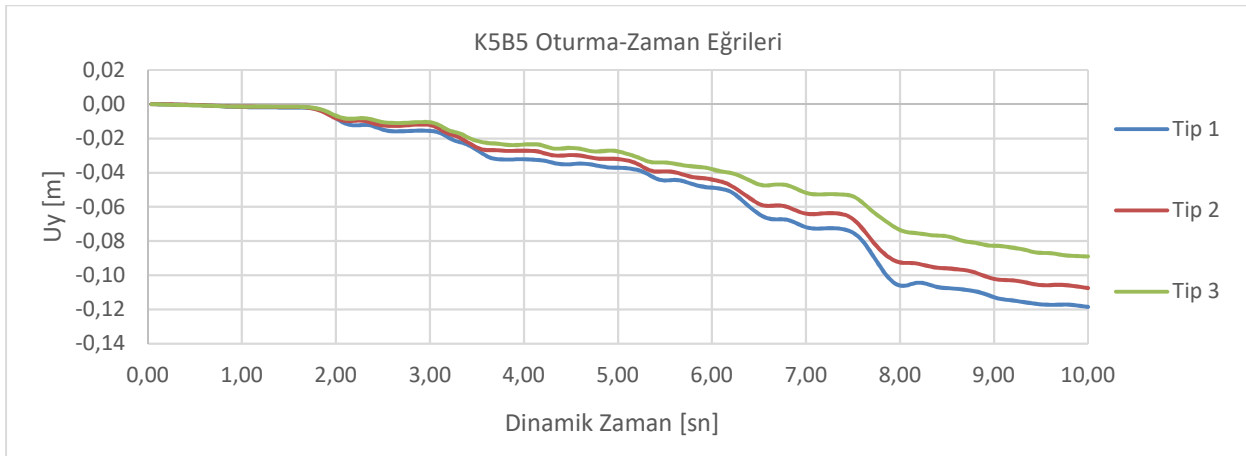
3. Sayısal Analizlerin Grafikleri ve Yorumlar

Bu çalışmada toplam 27 farklı model kullanılmıştır. Bu modeller, zemin tipi, kat adedi ve bodrum kat derinliği özelliklerinin kombinasyonudur. Üç tip zemin modellenmiştir. Zemin modelleri T1,

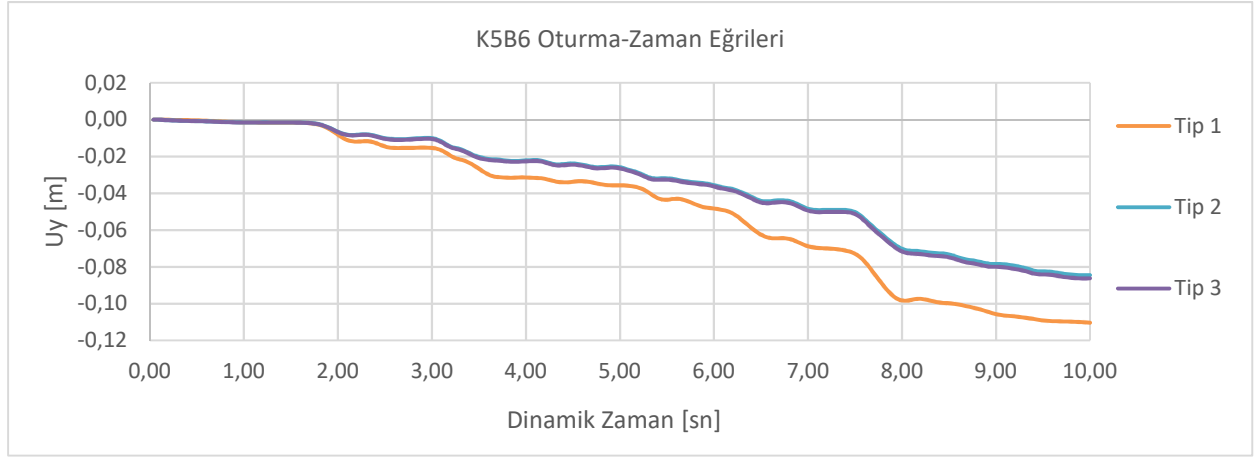
T2, T3 olarak sembolleştirilmiştir. Grafiklerin sağ üst köşesinde görülen T1 sembolü bu modelde tip 1 zemin özelliklerinin kullanıldığını göstermektedir. Tip1 kesitinde, ilk 1.5 m dolgu tabakasıdır. 1.5 m ile 4.0 m arası silt (ML), 4.0 m ile 9.0 m arası siltli kum (SM), 9.0 m ile 15.0 m arası kil (CL), 15.0 m ile 50.0 m arası kil (CH) tabakasından oluşmaktadır. Kat yükseklikleri 3 m alınmıştır. Buna göre beş katlı (K5), altı katlı (K6) ve yedi katlı (K7) bina modellenmiştir. Zemin modellerinde olduğu gibi farklı kat adetlerine sahip binalar K5, K6, K7 olarak sembolleştirilmiştir. Bodrum kat yükseklikleri 4.00 m. (B4), 5.00 m. (B5) ve 6.00 m. (B7) seçilmiştir. Bunlarda zemin ve kat adetlerinde olduğu gibi B4, B5 ve B6 olarak sembolleştirilmiştir. Oluşturulan bu modeller Plaxis 2D yazılımı ile hesaplanmıştır. Bu hesaplama sonucu binaların altında yer alan zeminde oluşan depresiz durumda ve depremlili durumda oturma-zaman grafikleri elde edilmiştir (Şekil 6., 7., 8., 9., 10., 11., 12., 13. ve 14.).



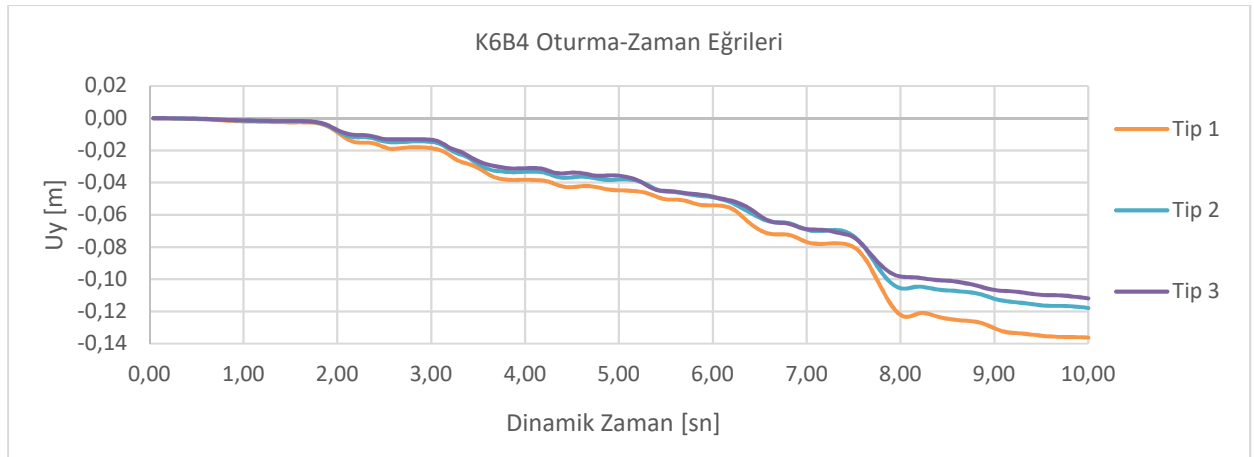
Şekil 6. Tip1, Tip2 ve Tip3 zeminlerde, 5 katlı binada, 4 m derinlikteki bodrum katlarının temel altlarında oluşan oturma grafiği.



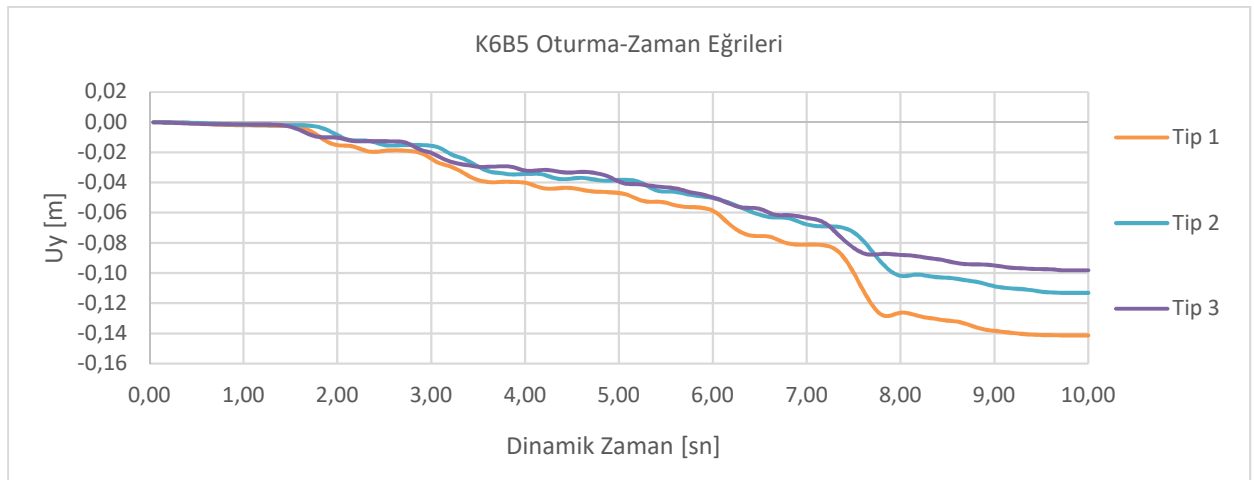
Şekil 7. Tip1, Tip2 ve Tip3 zeminlerde, 5 katlı binada, 5 m derinlikteki bodrum katlarının temel altlarında oluşan oturma grafiği.



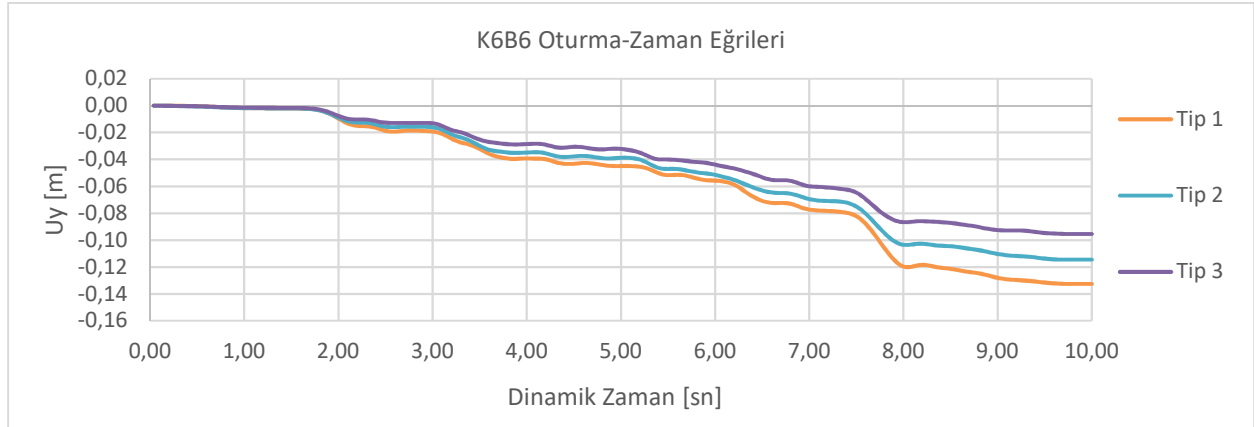
Şekil 8. Tip1, Tip2 ve Tip3 zeminlerde, 5 katlı binada, 6 m derinlikteki bodrum katlarının temel altlarında oluşan oturma grafiği.



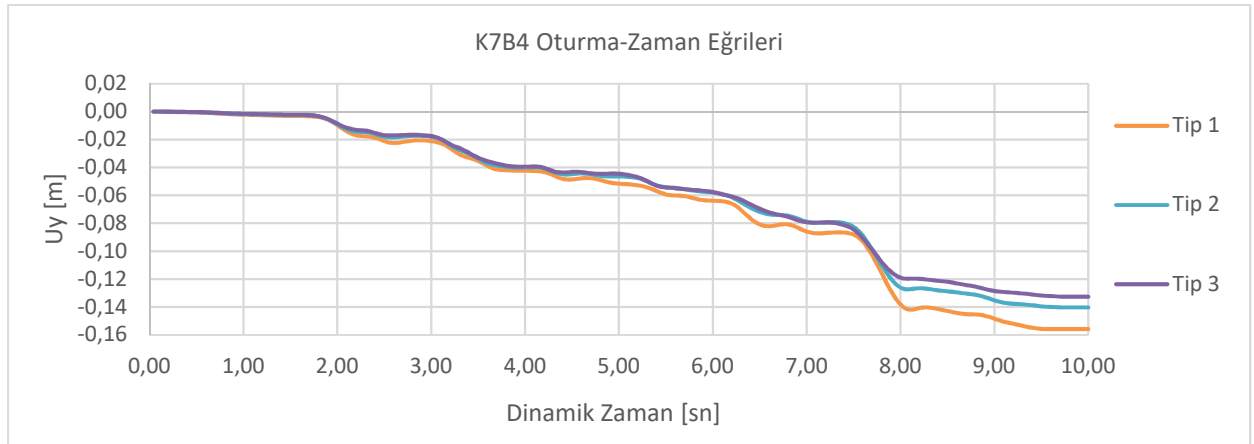
Şekil 9. Tip1, Tip2 ve Tip3 zeminlerde, 6 katlı binada, 4 m derinlikteki bodrum katlarının temel altlarında oluşan oturma grafiği.



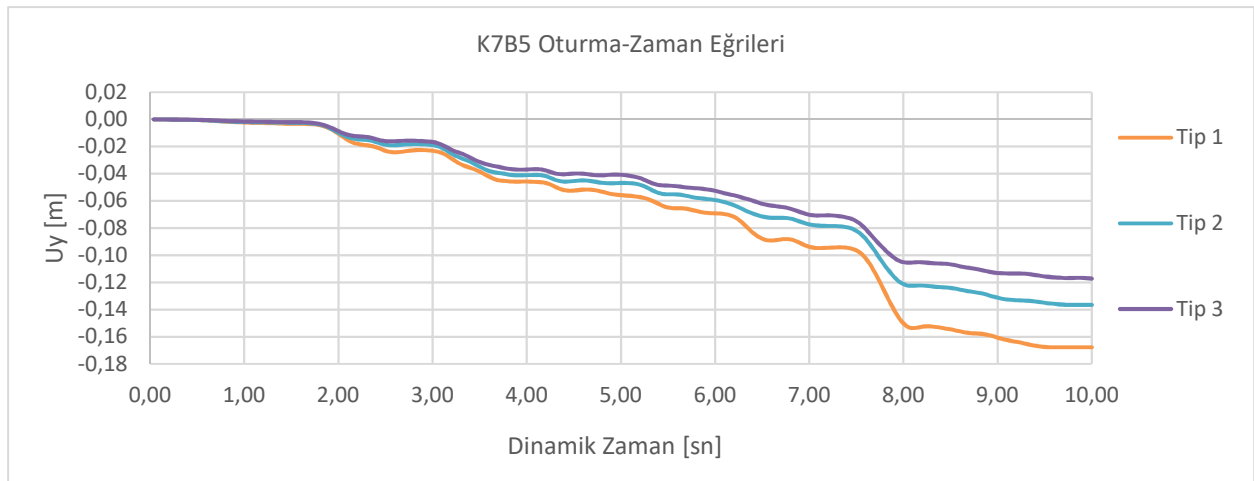
Şekil 10. Tip1, Tip2 ve Tip3 zeminlerde, 6 katlı binada, 5 m derinlikteki bodrum katlarının temel altlarında oluşan oturma grafiği.



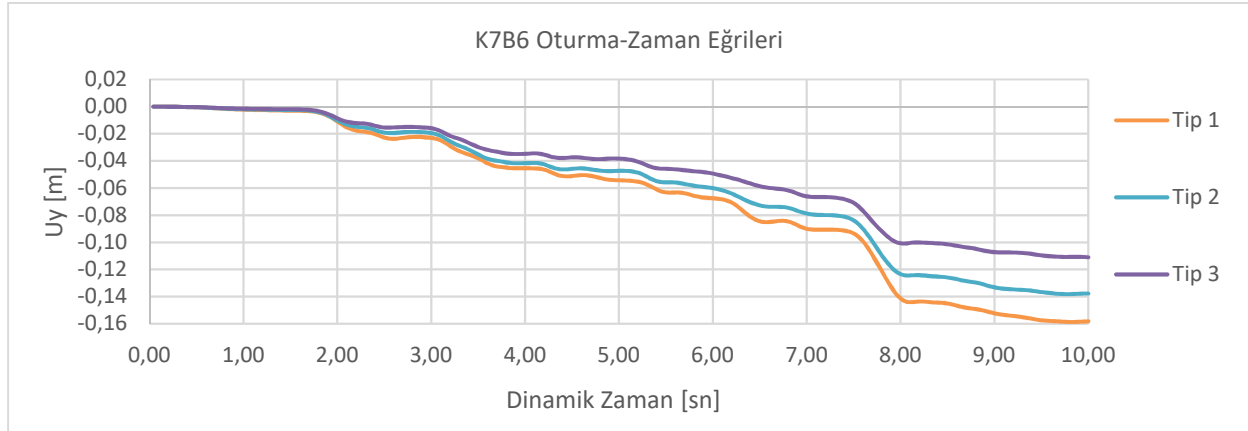
Şekil 11. Tip1, Tip2 ve Tip3 zeminlerde, 6 katlı binada, 6 m derinlikteki bodrum katlarının temel altlarında oluşan oturma grafiği.



Şekil 12. Tip1, Tip2 ve Tip3 zeminlerde, 7 katlı binada, 4 m derinlikteki bodrum katlarının temel altlarında oluşan oturma grafiği.



Şekil 13. Tip1, Tip2 ve Tip3 zeminlerde, 7 katlı binada, 5 m derinlikteki bodrum katlarının temel altlarında oluşan oturma grafiği.



Şekil 14. Tip1, Tip2 ve Tip3 zeminlerde, 7 katlı binada, 6 m derinlikteki bodrum katlarının temel altlarında oluşan oturma grafiği.

Tablo 2. Beş katlı binada, T1, T2 ve T3 zemin modellerinde, 4, 5 ve 6 m derinlikteki borum katlarının temel altlarında oluşan oturmalar (U_y).

U_y (cm)	K5B4		K5B5		K5B6	
	Depremsiz	Depremlı	Depremsiz	Depremlı	Depremsiz	Depremlı
T1 (Tip 1 Zemin modeli)	5,00	11,80	4,86	12,00	4,57	11,00
T2 (Tip 2 Zemin modeli)	3,19	10,20	3,36	10,80	3,10	8,40
T3 (Tip 3 Zemin modeli)	2,71	10,00	2,98	8,50	3,06	8,60

Tablo 2 de görüldüğü gibi bodrum derinliği arttıkça oturmalar azalmıştır. İyi zeminlerde oturmalar daha azdır.

Tablo 3. Altı katlı binada, T1, T2 ve T3 zemin modellerinde, 4, 5 ve 6 m derinlikteki borum katlarının temel altlarında oluşan oturmalar (U_y).

U_y (cm)	K6B4		K6B5		K6B6	
	Depremsiz	Depremlı	Depremsiz	Depremlı	Depremsiz	Depremlı
T1(Tip 1 Zemin modeli)	6,21	13,50	6,50	14,00	5,79	13,20
T2 (Tip 2 Zemin modeli)	4,16	11,90	4,32	10,80	4,22	11,80
T3 (Tip 3 Zemin modeli)	3,75	11,20	3,95	9,90	3,93	9,60

Tablo 2 ile Tablo 3' ü karşılaştırdığımızda kat yüksekliği arttıkça oturmaların arttığı görülmektedir. Ancak burada da bodrum derinliği arttıkça oturmaların azaldığı görülmektedir.

Tablo 4. Yedi katlı binada, T1, T2 ve T3 zemin modellerinde, 4, 5 ve 6 m derinlikteki borum katlarının temel altlarında oluşan oturmalar (U_y).

U_y (cm)	K7B4		K7B5		K7B6	
	Depremsiz	Depremlı	Depremsiz	Depremlı	Depremsiz	Depremlı
T1 (Tip 1 Zemin modeli)	7,43	15,80	7,67	16,80	7,14	16,80
T2 (Tip 2 Zemin modeli)	5,25	14,00	5,44	13,80	5,27	13,80
T3 (Tip 3 Zemin modeli)	4,85	13,40	4,95	11,80	4,88	11,00

Tablo 4' te 7 katlı binadaki oturmaların diğerlerine göre fazla olduğu görülmektedir. Ancak burada da bodrum derinliği arttıkça oturmalar azalmıştır.

4. Sonuç ve Değerlendirmeler

Bina altında deprem sırasında ve sonrasında zeminde meydana gelen oturmalar, zemin sıvılaşması ve depremden sonra oluşan elastik ve plastik deformasyonlardan kaynaklanmaktadır.

Adapazarı'nda Tip 2 zeminlerinde beş katlı bodrumlu binaların sorunsuz bir şekilde yapılabilirliği görülmektedir. Bodrum kat derinliğinin artması zeminde meydana gelecek oturmaları azaltıcı bir rol oynamaktadır. Yine Adapazarı'nda Tip 3 ile tanımlanan zeminlerinde oturmalar göz önüne alındığında beş ve altı katlı bodrumlu (5.00 ve 6.00 m derinlikte) binaların yapılabilirliği görülmektedir.

Zemin profilleri arasındaki oturma farklılıklarına profillerde yer alan zemin katmanlarının (ML, SM ve CL) farklılığından kaynaklandığı görülmektedir.

Adapazarı'nda zemin profillerinde yer yer görülen sıkı kum tabakaları deprem etkisini sönümleyerek, bu etkinin üst tabakalara azalarak geçmesini sağlamaktadır.

Çalışmaların sonuçlarından başlıca iki sonuç çıkmaktadır. Bunlardan birincisi; Adapazarı'nda yapılacak binaların bodrumsuz yapılmaması, binalara mutlaka bodrum kat yapılması gerçeği açık bir şekilde ortaya çıkmaktadır. İkinci olarak, Adapazarı zeminlerinde bodrumlu olmak kaydıyla beş ve altı katlı binaların yüzeysel temel sistemleri ile yapılabilirliğinin ortaya çıkmasıdır. Daha yüksek katlı yapılar için derin temel sistemleri tavsiye edilir. Bu tür zeminlerde derin temel sistemleri kullanılarak çok daha yüksek yapıların yapılabileceği benzer akademik çalışmalarda belirtilmiştir.

Kaynaklar

- [1] POTTS, D.M., ZDRAVKIVIC, L., "Finite Element Analysis in Geotechnical Engineering Application", Vol. 2, Thomas Telford, 427 pp., London, 2001.
- [2] REUL, O., RANDOLPH, M.F., "Study of the influence of finite element mesh refinement on the calculated bearing behaviour of a piled raft", Proc. 8th Int. Symp. Numer. Models Geomechs., Rome, pp.259-264, 2002.
- [3] WILSON, E.L., "Finite Elements for Foundations, Joints and Fluids", Chapter 10 in Finite elements in Geomechanics, Edt. Gudehus, John Wiley&Sons, 1977.
- [4] LAI, J.Y., BOOKER, J.R., "A Residual Force Finite Element Approach to Soil-Structure Interaction Analysis", Research Rep. No. 604, University of Sydney, 1989.
- [5] PANDE, G.N. and SHARMA, K.G., "On Joint/Interface Elements and Associated Problems of Numerical III- Conditioning", Int. Jnl. Num. Anal. Meth. Geomech., Vol. 3, pp.293-300, 1979.
- [6] BRINKGREVE, R.B.J., VERMEER, P.A., "Plaxis 2D Manual", Nedherland, 2016.
- [7] SANCIO, R.B., Groun Failure and Building Performance in Adapazarı, Turkey, Phd Thesis, University of California, Berkeley, California, USA.
- [8] DAY, R.A., POTTS, D.M., "Automatic Mesh Generation of Zero Thickness Interface Elements", Proc 7th I.C. Comp. Meth. Adv. Geomech., pp. 101-106, 1991.
- [9] LUNNE, T., ROBERTSON, P.K., POWELL, J.J.M., "Cone Penetration Testing in Geotechnical Practice", E&FN Spon, 1997.
- [10] LAI, J.Y., BOOKER, J.R., "A Residual Force Finite Element Approach to Soil-Structure Interaction Analysis", Research Rep. No. 604, University of Sydney, 1989.