

T. C.
İSTANBUL GELİŞİM ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

TAMAMLAYICI FONKSİYONLAR YÖNTEMİ İLE YANAL
YÜKLÜ KAZIKLARIN STATİK ANALİZİ

Yüksek Lisans Tezi

ZAHRAA RAZZAQ KAREEM ALHACHAMI

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Ahmad Reshad NOORI

İstanbul – 2023

TEZ TANITI FORM

Yazar Adı Soyadı ZAHRAA RAZZAQ KAREEM ALHACHAMI

Tezin Dili Türkçe

Tezin Adı Tamamlayıcı Fonksiyonlar Yöntemi ile Yanal Yüklü Kazıkların Statik Analizi

Enstitü İstanbul Gelişim Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Anabilim Dalı İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Tezin Türü Yüksek Lisans

Tezin Tarihi 12/07/2023

Sayfa Sayısı 108

Tez Danışmanları Dr. Öğr. Üyesi Ahmad Reshad Noori

Dizin Terimleri Statik analiz, Tamamlayıcı Fonksiyonlar Yöntemi **TFY**, Yanal yüklü, Sabit uçlu, Serbest uçlu, p-y eğriler.

Türkçe Özet Bu çalışmada, yan yüklü kazıkların analizi, kumlu zemine yerleştirilmiş farklı uzunluklardaki dairesel kesitli çelik kazıkların tamamlayıcı Fonksiyonları yöntemi ile kullanılmıştır.

Dağıtım Listesi
1. İstanbul Gelişim Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsüne
2. YÖK Ulusal Tez Merkezine

İmzası

Zahraa Razzaq Kareem

T. C.
İSTANBUL GELİŞİM ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

TAMAMLAYICI FONKSİYONLAR YÖNTEMİ İLE YANAL
YÜKLÜ KAZIKLARIN STATİK ANALİZİ

Yüksek Lisans Tezi

ZAHRAA RAZZAQ KAREEM ALHACHAMI

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi AHMAD RESHAD NOORI

İstanbul – 2023

BEYAN

Bu tezin hazırlanmasının bilimsel etik yönergelere uygun olduğunu, başkalarının eserlerine yapılan atıfların kabul görmüş standartlara uygun yapıldığını, kullanılan verilerin tahrif edilmediğini ve tezin hiçbir bölümünün bu üniversitede veya başka bir üniversitede tez olarak sunulmadığını onaylıyorum.

Zahraa Razzaq Kareem

.../.../2023



İSTANBUL GELİŞİM ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

Zahraa Razzaq Kareem AlHachamı Tamamlayıcı Fonksiyonlar Yöntemi ile Yanal Yüklenen Kazıkların Statik Analizi adlı tez çalışması, jürimiz tarafından İnşaat Mühendisliği anabilim dalı, İnşaat Mühendisliği bilim dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

İmza

Başkan

Dr. Öğr. Üyesi Ahmad Reshad NOORİ

(Danışman)

İmza

Üye

Dr. Öğr. Üyesi Mustafa NURI

İmza

Üye

Dr. Öğr. Üyesi Ferruh MAHNAMFAR

ONAY

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylım.

... / ... / 2023

İmzası

Prof. Dr. İzzet GÜMÜŞ

Enstitü Müdürü

ÖZET

Çalışma, biri 25 m uzunluğunda ve 30 m uzunluğunda, zemin yüzeyinden 2 m uzakta 250 KN'lık bir yanal yüke ve 500 KN.m'lik bir moment maruz kalan serbest uçlu substratlara sahip iki grupta tamamlayıcı fonksiyonlar yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Diğeri ise 250 yanal yüke maruz kalan 20 m ve 25 m uzunluklarında sabit uçlu kazıklara sahiptir.

Bu çalışmada, yanal yüklü kazıkların statik analizi için tamamlayıcı fonksiyonlar yöntemi kullanılmıştır. zeminde kullanılan kazıkların temel görevi, yüzey temellerini etkileyen yükleri, üzerlerine kurulan yapıdan daha sert katmanlara aktararak, yükleri güvenli ve düzgün bir şekilde aktarabilmektir.

Alt tabakaların yüklere tepkisi ve zeminin üzerindeki etkisi, kullanılan program aracılığıyla elde edilmiştir ve etkileşime girdi ve sonuçlar, alt tabakaların yer değiştirme, dönme, eğilme moment ve kesme kuvveti kuvvetine nasıl tepki verdiğini gösteren bir grafik ile temsil edilmiştir.

Elde edilen sonuçlar aynı boyutlar ve yükler altında önceki çalışmalarla karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Eğilme moment, yer değiştirm, Dönme, Tamamlayıcı Fonksiyonlar Yöntemi, Sabit uçlu, ,Serbest uçlu, p-y eğrileri.

SUMMARY

The work consists of one with a length of 25 m and a length of 30 m, with a lateral load of 250 kN at a distance of 2 m from the soil surface and 500 KN.it was performed using the complementary functions method in two groups with free-end substrates exposed to a moment of M.The other has fixed-end piles in lengths of 20 m and 25 m, which are subjected to 250 lateral loads.

In this study, the complementary functions method was used for the static analysis of laterally loaded piles. the main task of the piles used on the ground is to transfer the loads affecting the surface foundations to the harder layers from the structure installed on them, so that they can transfer the loads safely and smoothly.

The reaction of the substrates to the loads and the effect on the soil were obtained through the program used and interacted with, and the results are represented by a graph showing how the substrates react to the force of displacement, rotation, bending moment and shear force.

The results obtained were compared with previous studies under the same dimensions and loads.

Keywords: Bending moment, Displacement, Rotation, Complementary Functions Method, Fixed-ended, ,Free-ended, p-y curves.

İÇİNDEKİLER

| | |
|------------------------|------|
| ÖZET | i |
| SUMMARY | ii |
| İÇİNDEKİLER..... | iii |
| KISALTMALAR | iv |
| TABLolar LİSTESİ | v |
| ŞEKİLLER LİSTESİ | vi |
| ÖNSÖZ | xiii |
| GİRİŞ | 1 |

BİRİNCİ BÖLÜM LİTERATÜRE TARAMASI

İKİNCİ BÖLÜM MATERYAL VE METOT

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM BULGULAR VE TARTIŞMA

| | |
|-----------------|-----|
| SONUÇLAR..... | 99 |
| KAYNAKLAR | 101 |

KISALTMALAR

| | |
|-------------------------|---|
| TFY | :Tamamlayıcı Fonksiyonlar Yöntemi |
| RK | :Runge-Kutta |
| S | : kazığın eğimi |
| M | : kazık momenti |
| E | : Kazık için elastisite modülü |
| I | : Kazık için alan atalet momenti |
| Es | : Zemin elastisite modülü |
| N_h | : yatay yatak modülünün derinliğe bağlı değişim çarpanı |
| n | : sıfırdan büyük amprik bir katsayı ,zemin türüne göre değişen bir katsayı. |
| L | : Kazık uzunluğu |
| P | : zemin reaksiyonu |
| V | : kesme kuvveti |
| Y | : yanıl deformasyonu |
| Z | : derinler |

TABLolar LİSTESİ

| | |
|--|----|
| Tablo 1. Sınır koşulları..... | 23 |
| Tablo 2. Yapışkan zeminler için tipik n değerleri (Poulos ve Davis, 1980'den alınmıştır) | 23 |
| Tablo 3. TFY tablosu | 27 |
| Tablo 4. Murthy ve TFY arasındaki karşılaştırma | 35 |



ŞEKİLLER LİSTESİ

| | |
|---|----|
| Şekil 1. (A,B) Winkler'in hipotezi ve (C) kavram yanal yüklü kazık toprak sistemi ... | 20 |
| Şekil 2. (p-y) eğrileri kavramı :(a) yanal yüklü kazık , (b) p-y eğrileri karakteristik şekil , (c) Derinlik ile Es varyasyonundan | 24 |
| Şekil 3. n_h 'nin bağıl yoğunlukla değişimi (Reese, 1975)..... | 25 |
| Şekil 4. Yanal yüklü kazıkların sapması için üst üste binme ilkesi | 25 |
| Şekil 5. Yanal yük etkisindeki serbest uçlu kazık (L = 25)..... | 31 |
| Şekil 6. Yanal yük etkisindeki serbest uçlu kazık (L = 30)..... | 32 |
| Şekil 7. Yanal yük etkisindeki sabit uçlu kazık (L = 25)..... | 33 |
| Şekil 8. Yanal yük etkisindeki sabit uçlu kazık (L = 20)..... | 34 |
| Şekil 9. Serbest uclu kazık için elde edilen yer değiştirme değerlerinin karşılaştırılması (L = 25, N=3) | 36 |
| Şekil 10. Serbest uclu kazık için elde edilen yer değiştirme değerlerinin karşılaştırılması (L = 25, N=5). | 36 |
| Şekil 11. Serbest uclu kazık için elde edilen yer değiştirme değerlerinin karşılaştırılması (L = 25, N=10)..... | 37 |
| Şekil 12. Serbest uclu kazık için elde edilen yer değiştirme değerlerinin karşılaştırılması (L = 25, N=15)..... | 37 |
| Şekil 13. Serbest uclu kazık için elde edilen yer değiştirme değerlerinin karşılaştırılması (L = 25, N=20)..... | 38 |
| Şekil 14. Serbest uclu kazık için elde edilen yer değiştirme değerlerinin karşılaştırılması (L = 25, N=25)..... | 38 |
| Şekil 15. Serbest uclu kazık için elde edilen yer değiştirme değerlerinin karşılaştırılması (L = 25, N=30)..... | 39 |
| Şekil 16. Serbest uclu kazık için elde edilen yer değiştirme değerlerinin karşılaştırılması (L = 25, N=50) | 39 |
| Şekil 17. Serbest uclu kazık için elde edilen yer değiştirme değerlerinin karşılaştırılması (L = 25, N=60)..... | 40 |
| Şekil 18. Serbest uclu kazık için elde edilen yer değiştirme değerlerinin karşılaştırılması (L = 25, N=70)..... | 40 |
| Şekil 19. Serbest uclu kazık için elde edilen yer değiştirme değerlerinin karşılaştırılması (L = 30, N=3) | 41 |

| | |
|--|----|
| Şekil 20. Serbest uclu kazık için elde edilen yer değıştirme değęerlerinin karşılaştırılması (L = 30, N=5) | 41 |
| Şekil 21. Serbest uclu kazık için elde edilen yer değıştirme değęerlerinin karşılaştırılması (L = 30, N=10)..... | 42 |
| Şekil 22. Serbest uclu kazık için elde edilen yer değıştirme değęerlerinin karşılaştırılması (L = 30, N=15)..... | 42 |
| Şekil 23. Serbest uclu kazık için elde edilen yer değıştirme değęerlerinin karşılaştırılması (L = 30, N=20)..... | 43 |
| Şekil 24. Serbest uclu kazık için elde edilen dönme değęerlerinin karşılaştırılması (L = 25, Nh =3)..... | 44 |
| Şekil 25. Serbest uclu kazık için elde edilen dönme değęerlerinin karşılaştırılması (L = 25, Nh =5)..... | 44 |
| Şekil 26. Serbest uclu kazık için elde edilen dönme değęerlerinin karşılaştırılması (L = 25, Nh =10) | 45 |
| Şekil 27. Serbest uclu kazık için elde edilen dönme değęerlerinin karşılaştırılması (L = 25, Nh =15) | 45 |
| Şekil 28. Serbest uclu kazık için elde edilen dönme değęerlerinin karşılaştırılması (L = 25, Nh =20) | 46 |
| Şekil 29. Serbest uclu kazık için elde edilen dönme değęerlerinin karşılaştırılması (L = 25, Nh =25) | 46 |
| Şekil 30. Serbest uclu kazık için elde edilen dönme değęerlerinin karşılaştırılması (L = 25, Nh =30) | 47 |
| Şekil 31. Serbest uclu kazık için elde edilen dönme değęerlerinin karşılaştırılması (L = 25, Nh =50) | 47 |
| Şekil 32. Serbest uclu kazık için elde edilen dönme değęerlerinin karşılaştırılması (L = 25, Nh =60) | 48 |
| Şekil 33. Serbest uclu kazık için elde edilen dönme değęerlerinin karşılaştırılması (L = 25, Nh =70) | 48 |
| Şekil 34. Serbest uclu kazık için elde edilen dönme değęerlerinin karşılaştırılması (L = 30, Nh =5)..... | 49 |
| Şekil 35. Serbest uclu kazık için elde edilen dönme değęerlerinin karşılaştırılması (L = 30, Nh =10) | 49 |
| Şekil 36. Serbest uclu kazık için elde edilen dönme değęerlerinin karşılaştırılması (L = 30, Nh =15) | 50 |
| Şekil 37. Serbest uclu kazık için elde edilen dönme değęerlerinin karşılaştırılması (L = 30, Nh =20) | 50 |

| | |
|--|----|
| Şekil 38. Serbest uclu kazık için elde edilen moment değerlerinin karşılaştırılması (L = 25, Nh =3) | 51 |
| Şekil 39. Serbest uclu kazık için elde edilen moment değerlerinin karşılaştırılması (L = 25, Nh =5)..... | 51 |
| Şekil 40. Serbest uclu kazık için elde edilen moment değerlerinin karşılaştırılması (L = 25, Nh =10) | 52 |
| Şekil 41. Serbest uclu kazık için elde edilen moment değerlerinin karşılaştırılması (L = 25, Nh =15) | 52 |
| Şekil 42. Serbest uclu kazık için elde edilen moment değerlerinin karşılaştırılması (L = 25, Nh =20) | 53 |
| Şekil 43. Serbest uclu kazık için elde edilen moment değerlerinin karşılaştırılması (L = 25, Nh =25) | 53 |
| Şekil 44. Serbest uclu kazık için elde edilen moment değerlerinin karşılaştırılması (L = 25, Nh =30) | 54 |
| Şekil 45. Serbest uclu kazık için elde edilen moment değerlerinin karşılaştırılması (L = 25, Nh =50) | 54 |
| Şekil 46. Serbest uclu kazık için elde edilen moment değerlerinin karşılaştırılması (L = 25, Nh =60) | 55 |
| Şekil 47. Serbest uclu kazık için elde edilen moment değerlerinin karşılaştırılması (L = 25, Nh =70) | 55 |
| Şekil 48. Serbest uclu kazık için elde edilen moment değerlerinin karşılaştırılması (L = 30, Nh =5) | 56 |
| Şekil 49. Serbest uclu kazık için elde edilen moment değerlerinin karşılaştırılması (L = 30, Nh =10) | 56 |
| Şekil 50. Serbest uclu kazık için elde edilen moment değerlerinin karşılaştırılması (L = 30, Nh =20) | 57 |
| Şekil 51. Serbest uclu kazık için elde edilen kesme değerlerinin karşılaştırılması (L = 25, Nh =3)..... | 58 |
| Şekil 52. Serbest uclu kazık için elde edilen kesme değerlerinin karşılaştırılması (L = 25, Nh =5)..... | 58 |
| Şekil 53. Serbest uclu kazık için elde edilen kesme değerlerinin karşılaştırılması (L = 25, Nh =10) | 59 |
| Şekil 54. Serbest uclu kazık için elde edilen kesme değerlerinin karşılaştırılması (L = 25, Nh =15) | 59 |
| Şekil 55. Serbest uclu kazık için elde edilen kesme değerlerinin karşılaştırılması (L = 25, Nh =20) | 60 |

| | |
|--|----|
| Şekil 56. Serbest uclu kazık için elde edilen kesme değerlerinin karşılaştırılması ($L = 25, N_h = 25$) | 60 |
| Şekil 57. Serbest uclu kazık için elde edilen kesme değerlerinin karşılaştırılması ($L = 25, N_h = 30$) | 61 |
| Şekil 58. Serbest uclu kazık için elde edilen kesme değerlerinin karşılaştırılması ($L = 25, N_h = 50$) | 61 |
| Şekil 59. Serbest uclu kazık için elde edilen kesme değerlerinin karşılaştırılması ($L = 25, N_h = 60$) | 62 |
| Şekil 60. Serbest uclu kazık için elde edilen kesme değerlerinin karşılaştırılması ($L = 25, N_h = 70$) | 62 |
| Şekil 61. Serbest uclu kazık için elde edilen kesme değerlerinin karşılaştırılması ($L = 30, N_h = 5$) | 63 |
| Şekil 62. Serbest uclu kazık için elde edilen kesme değerlerinin karşılaştırılması ($L = 30, N_h = 10$) | 63 |
| Şekil 63. Serbest uclu kazık için elde edilen kesme değerlerinin karşılaştırılması ($L = 30, N_h = 20$) | 64 |
| Şekil 64. Serbest uclu kazık için elde edilen yer değiştirme değerlerinin karşılaştırılması ($L = 25, n = 0.5$) | 65 |
| Şekil 65. Serbest uclu kazık için elde edilen yer değiştirme değerlerinin karşılaştırılması ($L = 25, n = 1$) | 65 |
| Şekil 66. Serbest uclu kazık için elde edilen yer değiştirme değerlerinin karşılaştırılması ($L = 25, n = 2$) | 66 |
| Şekil 67. Serbest uclu kazık için elde edilen dönme değerlerinin karşılaştırılması ($L = 25, n = 0.5$) | 67 |
| Şekil 68. Serbest uclu kazık için elde edilen dönme değerlerinin karşılaştırılması ($L = 25, n = 1$) | 67 |
| Şekil 69. Serbest uclu kazık için elde edilen dönme değerlerinin karşılaştırılması ($L = 25, n = 2$) | 68 |
| Şekil 70. Serbest uclu kazık için elde edilen moment değerlerinin karşılaştırılması ($L = 25, n = 1$) | 69 |
| Şekil 71. Serbest uclu kazık için elde edilen moment değerlerinin karşılaştırılması ($L = 25, n = 2$) | 69 |
| Şekil 72. Serbest uclu kazık için elde edilen kesme değerlerinin karşılaştırılması ($L = 25, n = 1$) | 70 |
| Şekil 73. Serbest uclu kazık için elde edilen kesme değerlerinin karşılaştırılması ($L = 25, n = 2$) | 70 |

| | |
|--|----|
| Şekil 74. sabit uclu kazık için elde edilen yer değıştirme değęerlerinin karşılaştırılması (L = 20, Nh =3)..... | 71 |
| Şekil 75. sabit uclu kazık için elde edilen yer değıştirme değęerlerinin karşılaştırılması (L = 20, Nh =5)..... | 71 |
| Şekil 76. sabit uclu kazık için elde edilen yer değıştirme değęerlerinin karşılaştırılması (L = 20, Nh =10)..... | 72 |
| Şekil 77. sabit uclu kazık için elde edilen yer değıştirme değęerlerinin karşılaştırılması (L = 20, Nh =15)..... | 72 |
| Şekil 78. sabit uclu kazık için elde edilen yer değıştirme değęerlerinin karşılaştırılması (L = 20, Nh =20)..... | 73 |
| Şekil 79. sabit uclu kazık için elde edilen yer değıştirme değęerlerinin karşılaştırılması (L =25, Nh =3)..... | 73 |
| Şekil 80. sabit uclu kazık için elde edilen yer değıştirme değęerlerinin karşılaştırılması (L =25, Nh =5)..... | 74 |
| Şekil 81. sabit uclu kazık için elde edilen yer değıştirme değęerlerinin karşılaştırılması (L =25, Nh =10)..... | 74 |
| Şekil 82. sabit uclu kazık için elde edilen yer değıştirme değęerlerinin karşılaştırılması (L =25, Nh =15)..... | 75 |
| Şekil 83. sabit uclu kazık için elde edilen yer değıştirme değęerlerinin karşılaştırılması (L =25, Nh =20)..... | 75 |
| Şekil 84. sabit uclu kazık için elde edilen dōme değęerlerinin karşılaştırılması (L = 20, Nh =3)..... | 76 |
| Şekil 85. sabit uclu kazık için elde edilen dōme değęerlerinin karşılaştırılması (L = 20, Nh =5)..... | 76 |
| Şekil 86. sabit uclu kazık için elde edilen dōme değęerlerinin karşılaştırılması (L = 20, Nh =10)..... | 77 |
| Şekil 87. sabit uclu kazık için elde edilen dōme değęerlerinin karşılaştırılması (L = 20, Nh =15)..... | 77 |
| Şekil 88. sabit uclu kazık için elde edilen dōme değęerlerinin karşılaştırılması (L = 20, Nh =20)..... | 78 |
| Şekil 89. sabit uclu kazık için elde edilen dōme değęerlerinin karşılaştırılması (L = 25, Nh =3)..... | 78 |
| Şekil 90. sabit uclu kazık için elde edilen dōme değęerlerinin karşılaştırılması (L = 25, Nh =5)..... | 79 |
| Şekil 91. sabit uclu kazık için elde edilen dōme değęerlerinin karşılaştırılması (L = 25, Nh =10)..... | 79 |

| | |
|--|----|
| Şekil 92. sabit uclu kazık için elde edilen döme değerlerinin karşılaştırılması ($L = 25$, $N_h = 20$) | 80 |
| Şekil 93. sabit uclu kazık için elde edilen moment değerlerinin karşılaştırılması ($L =$ 20 , $N_h = 3$) | 81 |
| Şekil 94. sabit uclu kazık için elde edilen moment değerlerinin karşılaştırılması ($L =$ 20 , $N_h = 5$) | 81 |
| Şekil 95. sabit uclu kazık için elde edilen moment değerlerinin karşılaştırılması ($L =$ 20 , $N_h = 10$) | 82 |
| Şekil 96. sabit uclu kazık için elde edilen moment değerlerinin karşılaştırılması ($L = 20$, $N_h = 15$) | 82 |
| Şekil 97. sabit uclu kazık için elde edilen moment değerlerinin karşılaştırılması ($L = 20$, $N_h = 20$) | 83 |
| Şekil 98. sabit uclu kazık için elde edilen moment değerlerinin karşılaştırılması ($L = 25$, $N_h = 3$) | 83 |
| Şekil 99. sabit uclu kazık için elde edilen moment değerlerinin karşılaştırılması ($L = 25$, $N_h = 5$) | 84 |
| Şekil 100. sabit uclu kazık için elde edilen moment değerlerinin karşılaştırılması ($L =$ 25 , $N_h = 10$) | 84 |
| Şekil 101. sabit uclu kazık için elde edilen moment değerlerinin karşılaştırılması ($L =$ 25 , $N_h = 20$) | 85 |
| Şekil 102. sabit uclu kazık için elde edilen kesme değerlerinin karşılaştırılması ($L = 20$, $N_h = 3$) | 86 |
| Şekil 103. sabit uclu kazık için elde edilen kesme değerlerinin karşılaştırılması ($L = 20$, $N_h = 5$) | 86 |
| Şekil 104. sabit uclu kazık için elde edilen kesme değerlerinin karşılaştırılması ($L = 20$, $N_h = 10$) | 87 |
| Şekil 105. sabit uclu kazık için elde edilen kesme değerlerinin karşılaştırılması ($L = 20$, $N_h = 15$) | 87 |
| Şekil 106. sabit uclu kazık için elde edilen kesme değerlerinin karşılaştırılması ($L = 20$, $N_h = 20$) | 88 |
| Şekil 107. sabit uclu kazık için elde edilen kesme değerlerinin karşılaştırılması ($L = 25$, $N_h = 3$) | 88 |
| Şekil 108. sabit uclu kazık için elde edilen kesme değerlerinin karşılaştırılması ($L = 25$, $N_h = 5$) | 89 |
| Şekil 109. sabit uclu kazık için elde edilen kesme değerlerinin karşılaştırılması ($L = 25$, $N_h = 10$) | 89 |

| | |
|--|----|
| Şekil 110. sabit uclu kazık için elde edilen kesme değerlerinin karşılaştırılması ($L = 25$, $N_h = 20$) | 90 |
| Şekil 111. sabit uclu kazık için elde edilen yer değiştirme değerlerinin karşılaştırılması ($L = 25$, $n=0.5$) | 91 |
| Şekil 112. sabit uclu kazık için elde edilen yer değiştirme değerlerinin karşılaştırılması ($L = 25$, $n=1$) | 91 |
| Şekil 113. sabit uclu kazık için elde edilen yer değiştirme değerlerinin karşılaştırılması ($L = 25$, $n=2$) | 92 |
| Şekil 114. sabit uclu kazık için elde edilen dönme değerlerinin karşılaştırılması ($L = 25$, $n=0.5$) | 93 |
| Şekil 115. sabit uclu kazık için elde edilen dönme değerlerinin karşılaştırılması ($L = 25$, $n=1$) | 93 |
| Şekil 116. sabit uclu kazık için elde edilen dönme değerlerinin karşılaştırılması ($L = 25$, $n=2$) | 94 |
| Şekil 117. sabit uclu kazık için elde edilen moment değerlerinin karşılaştırılması ($L = 25$, $n=0.5$) | 95 |
| Şekil 118. sabit uclu kazık için elde edilen moment değerlerinin karşılaştırılması ($L = 25$, $n=1$) | 95 |
| Şekil 119. sabit uclu kazık için elde edilen moment değerlerinin karşılaştırılması ($L = 25$, $n=2$) | 96 |
| Şekil 120. sabit uclu kazık için elde edilen kesme değerlerinin karşılaştırılması ($L = 25$, $n=0.5$) | 97 |
| Şekil 121. sabit uclu kazık için elde edilen kesme değerlerinin karşılaştırılması ($L = 25$, $n=1$) | 97 |
| Şekil 122. sabit uclu kazık için elde edilen kesme değerlerinin karşılaştırılması ($L = 25$, $n=2$) | 98 |

ÖNSÖZ

Öncelikle, bu çalışmayı tamamlayabilmem için bana şans, güç ve sağlık lütfeden yüce Allah (c.c)'ya şükürler olsun.

istanbul Gelişim ünİversİtesİne sizin bursunuz kazananlarından biri olmaktan onur duymaktayım, geleceğimin güvencesi, çağdaş bireyler olarak yetişmelerine verdiğiniz değerli destek için, En içten teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans tez danışmanım *Dr. Öğr. Üyesi. Ahmad Reshad Noori*'ye Çalışmam sırasında bana verdiğin her şeyi hatırladığımda, dilim senin için teşekkür sözleri veya takdir ifadeleri olmadığını söyleyemiyor, bu yüzden çalışmam sırasında benim için ana motivasyon ve ilk destekçi olarak hizmet ettiniz. Yaratıcılığınız ve işinizin güzelliği için teşekkür ederim.

Doç. Dr. SULEIMAN ALI SULEIMAN MOHAMED KHATRUSH'a tüm teşekkür ve takdirler En üst seviyelere ve en iyi konuma ulaşmak için yaptıklarınız için size teşekkür etmek istiyorum, Sürekli desteğiniz için çok teşekkür ederim.

Başarımların sebebi olanlara, geri dönüşü beklemeden destek ve cesaret verenlere, canım kalbime, benden tüm teşekkür ve takdirleriniz var. Sevgili kocam *Ali* beni hiç hayal kırıklığına uğratmadı, bu statüye ulaşmak için benimle her türlü çabayı gösterdiniz, size kaderinizin kalbinde yüksek olduğunu ve haklarınız için teşekkür sözlerinin yeterli olmadığını söylemek istiyorum. Bana verdiğin şey için hepimize teşekkür ve şükranlarınız var yoldaş yoldaş.

Harika çocuklarım *Zain al-abdeen 'ye ve Zülfikar'a ...*

Aileme ve arkadaşlarıma destekleri ve cesaretlendirmeleri için teşekkür ederim.

BİRİNCİ BÖLÜM

LİTERATÜRE TARAMASI

Farklı yapısal tasarımlar söz konusu olduğunda, yanal yüklü kazıklar esastır. Zemin destekli yapıların stabilitesini garanti etmek için sıklıkla kullanılırlar. Bu yapı elemanları, yapıların rüzgar, deprem veya yanal zemin basıncı yükleri gibi yanal gerilmelere karşı korunmasında çok önemli bir rol oynar. Sağlam ve güvenli bir temel için yanal yüklü kazıkların hem zemin mühendisliğinde hem de yapı mühendisliğinde uygun bir şekilde tasarlanması ve uygulanması gerekmektedir.

Yanal yüklü kazıkların geniş bir kullanım alanı vardır. Örneğin, yanal yüklü kazıklar, köprü ayakları, rıhtım duvarları, yüksek binalar, rüzgar türbinleri, yüksek voltajlı teller ve hatta reklam panoları gibi yapıları desteklemek için sıklıkla kullanılır. Boyları ve / veya ağırlıkları nedeniyle, bu tür yapılar ciddi yanal yüklere maruz kalabilir.

Zemin koşullarına bağlı olarak, yanal yüklü kazıklar oluşturmak için çeşitli malzemeler kullanılabilir. En sık kullanılan üç malzeme çelik, beton ve ahşaptır. Kazıkların yanal yük kapasitesi, boyutundan, malzemesinden ve yerleştirme derinliğinden önemli ölçüde etkilenir.

Kazıkların yanal yük kapasitesi çeşitli teknikler kullanılarak hesaplanır. Bu teknikler genellikle kazığın altındaki zeminin mekanik özelliklerine, kazık boyutuna ve bileşimine, yük türüne ve kazığın yerleştirildiği derinliğe bağlıdır. Mühendislik yazılımı tipik olarak gerekli karmaşık hesaplamalar ve analizler için kullanılır.

Yanal yüklü kazıklar bu nedenle birçok yapısal sistemde kullanılabilir. Bir yapının genel olarak sağlam ve güvenli olması için bu kazıkların uygun şekilde tasarlanması ve kurulması gerekir. Bu nedenle, her yapı mühendisinin yanal yüklü kazıkların önemini ve kullanımını anlaması esastır.

Yanal yüklü kazıkların incelenmesi, bir dizi temel teknik kullanır. Bu teknikler genellikle kazıkların yer değiştirmesini ve yanal yük kapasitesini hesaplamak için kullanılır. İşte birkaç örnek:

Elastik Teori, Bu yaklaşım, kazıkların yer değiştirmesini ve yanal yük kapasitesini hesaplamak için kullanılır. kazığın yanal yüklere nasıl tepki verdiğini anlamak için elastik teoriye ihtiyaç vardır. Tipik olarak, bu teknik daha hafif ağırlıklara uygulanır.

Broms Yöntemi, kazıkların yanal yük kapasitesini hesaplamak için kullanılır. Broms tekniği, yanal gerilmeler altındaki kazık davranışını ve onu çevreleyen zeminin direncini dikkate alır.

Reese ve Matlock tekniği, hem kazığın yanal gerilmeler altındaki davranışını hem de onu çevreleyen zemin direncini dikkate alır. kazığın yer değiştirmesini ve yanal yük kapasitesini hesaplamak için Reese ve Matlock tekniği kullanılır.

L-Pile metodu: Bu yaklaşım, kazığın yer değiştirmesini ve yanal yük kapasitesini hesaplamak için kullanılır. LPile yaklaşımı, kazığı çevreleyen zeminin direncini ve kazığın yanal gerilmelere nasıl tepki verdiğini dikkate alır.

Yanal yük kapasitesini ve kazık yer değiştirmesini hesaplamak için, bu yaklaşımların her biri benzersiz bir dizi parametre ve hesaplama tekniği kullanır. Bu nedenle, hangi yaklaşımın kullanılacağını belirlerken kazığın ve çevresindeki zeminin özelliklerini dikkate almak çok önemlidir.

Yanal yüklü kazıklar birçok araştırmacı tarafından araştırılmıştır:

Huang ve ark. (2001) , kazık yapmadan önce standart penetrasyon deneyleri, koni penetrasyon deneyleri (CPT) ve Marchetti Dilatometre testleri (DMT) yapmıştır. CPT ve DMT de kazık kurulumundan sonra gerçekleşmiştir. İnşaat öncesi ve inşaat sonrası CPT ve DMT verileri arasındaki karşılaştırmalar ve hesaplama sonuçlarının değerlendirilmesi, fore kazıkların kurulumunun çevredeki zemin yumuşattığını, tahrik edilen kazıkların ise yoğunlaştırıcı bir etkiye neden olduğunu göstermiştir. İncelenen vaka için, sıkılmış veya sürülen kazık grubu montajı, zemin yüzeyine yakın kabuk benzeri bir malzemeyi bozma ve yerinde yanal gerilme düşürülmüştür. Bir gruptaki kazıklara karşı yanal zemin direncinin, kazık tesisatının türüne ve inşaat öncesi zemin koşullarına büyük ölçüde bağlı olabileceği belirtilmiştir.

Tak Kim ve ark. (2004) , Güney Kore'de bulunan Nak-Dong Nehri kumuna gömülü kazıkların yanal yükler altında model testinin sonuçlarını açıklamıştır. Çalışma, yanal yüklü kazıkları için yük deformasyon eğrileri elde edilmiştir. Önerilen p-y eğrilerinin mevcut modellerle karşılaştırılması, büyüklüklerinde ve formlarında önemli tutarsızlıklar ortaya koymuştur. Wesslink ve arkadaşları (1988) tarafından oluşturulan kalkerli kum modeli, silika kumu modelinden daha düşük başlangıç rijitliğine sahip olan

p-y eğrilerinden daha yüksek başlangıç rijitliğine sahiptir. Önerilen yük transfer eğrilerinin beklenen yük deplasman ilişkisi ve gözlemler mükemmel bir şekildedir.

Fan ve Long (2005) , başlıca bulguları şunlardır: kazık eğilme rijitliğini (EI) p-y davranış üzerindeki etkisi önemli değildir, nihai zemin direnci kazık çapı ile doğrusal olmayan bir ilişkiye sahiptir, zemin direnci, yatay zemin basıncı katsayısı ile artmıştır. Kumda yanal gerilmelere maruz kalan tek kazıkların davranışı, doğrusal olmayan, üç boyutlu sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak modellenmiştir.

Achmus,(2010) , eksenel ve yanal yükleme altındaki kazıklar için hesap yaklaşımları ile olası tasarım prosedürlerini özetlemektedir, periyodik yük etkilerinin dikkate almıştır . Bulguları özetlerken, kazıkların eksenel veya yanal periyodik gerilmeler altındaki davranışı hakkında çok az şey bilindiği vurgulanmıştır. Mevcut hesaplama yöntemleri genellikle yaklaşık niteliktedir. Bu nedenle, periyodik yüklü kazıklar üzerinde çalışmaya kritik bir ihtiyaç olduğunu söylemiştir.

Kim ve Jeong (2011) , p-y özelliğini doğrulamak için gerekli olan parametrik araştırmaları sunmuştur. Bu çalışmanın temel amacı, Kore açık deniz kaynaklarında bulunan zemin profilleri kullanılarak inşa edilen bir çelik kazık ve delinmiş şafta ilişkin yanal yük transfer eğrisini nicel olarak değerlendirmektir.Zemin-kazık sürekliliği, doğrusal olmayan üç boyutlu sonlu eleman modellemesinin sunumunda ve tartışılmasında dikkate alınmıştır.Deniz kili üzerinde yapılan tam ölçekli alan yükü testi, kazık boyu boyunca kazık sapması, eğilme momenti ve p-y eğrileri açısından simülasyon yaklaşımlarını ve analitik sonuçları tatmin edici bir şekilde desteklemiştir. Ek olarak, yanal yük transferini etkileyen unsuru araştırmak için bir dizi parametrik çalışma yapılmıştır.

Basu ve ark. (2011) , uç kısmında yatay bir kuvvete ve bir momente maruz kalan ve çok katmanlı elastik bir ortama daldırılan tek bir dairesel kazığın ileri bir yaklaşım ile incelemiştir.Bu yöntemi kullanarak, kazık sapması, sapma eğrisinin eğimi, eğilme momenti ve tüm kazık uzunluğu için kesme kuvveti, aşağıdakiler biliniyorsa elde edilebilir: kazık yarıçapı ve uzunluğ zemin tabakalarının kalınlıkları, kazık malzemesinin Young modülü, çeşitli tabakalardaki zeminin elastik sabitleri ve uygulanan kuvvet ve momentin büyüklüğü.Analizin katmanlı zeminler için kullanımına ilişkin resimler, zemin katmanlamasının kazık tepkisi üzerinde kesin bir etkiye sahip olduğunu göstermiştir.

Ekici (2013), şev stabilize edici kazık davranışını etkileyen bazı faktörler, PLAXIS 3D yazılımı kullanılarak üç boyutlu sonlu elemanlar çözümü ile incelenmiştir, bu çalışmadaki tüm analizlerde malzeme oluşturuvcu model olarak elastik-tamamen plastik Mohr Coulomb göçme kriteri kullanılmıştır.Bu çalışmadaki tüm analizlerde kazık uçları serbesttir. Kazıklarla şev stabilizasyonunun gerçek projesinde, tipik olarak bir kazık başlığı kullanılabilir. Kazık başlığının kazık başında herhangi bir sabitlik sağlamadığı kabul edilmiştir.

Heidari ve ark. (2014)'nın ,sonuçları gösteriyor ki gelişmiş model, deneyde gözlemlendiği gibi, zemin çökmesi ve kum yoğunlaşmasından kaynaklanan kazık rijitliği tatmin edici bir şekilde simüle edebilir. Ayrıca sonuçlardan boşluk oluşumu ve zeminin bozunmanın kohezyonlu zeminlerde yanal kazık başı sehiminin artması ve kazığın maksimum eğilme momenti üzerinde önemli etkileri olduğu söylemiştir.Kazık ve zeminin doğrusal olmaması gibi zemin kazık sisteminin önemli özelliklerini dikkate alarak,zemin boşluğu ve çökmesi ve zemin mukavemetinin ve rijitliğin periyodik bozunması/sertleşmesi, periyodik yüklemeye maruz kalan yanal yüklü kazıkların tepkisini incelemek için geliştirilmiş bir doğrusal olmayan Winkler temeline kirış modeli geliştirilmiştir. Farklı kazık zemin ve yükleme koşulları için teorik tahminler ile ölçülen veriler arasındaki mükemmel uyum, önerilen modelin çok yönlülüğünü ve yanal yüklü kazıkların periyodik tepkisini iyi tahmin etme yeteneğini göstermiştir.

Khari ve ark. (2014), kapsamlı deneysel araştırmalar yoluyla tek kazıklar için bir p-y eğrisi geliştirilmiştir.Yanal yük altındaki yük transfer (p-y) eğrisi ve kazık davranışı, kumlu zemin üzerinde yapılan bir dizi model testiyle belirlenmiştir.Deneysel veriler, kazığın zemin yoğunluğunu ve duvar sürtünmesini dikkate almak için bir hiperbolik fonksiyon ve çeşitli modifikasyon faktörleri ile uydurulmuştur.Geliştirilen p-y eğrisi, mevcut yük transfer eğrileri ile karşılaştırıldığında büyüklük ve şekil açısından önemli bir farklılık göstermiştir.

Fatahi ve arkadaşları (2014) ,yanal zemin basıncı katsayısının ve arayüz dayanımı azaltma faktörünün modelin sonuçları üzerindeki etkisini araştırmak için parametrik çalışmalar yapmıştır.Bu çalışmanın bulguları, sonlu elemanlara dayalı yanal kazık modellerinde bu tür faktörlerin önemini daha iyi anlamak için araştırmacılar ve uygulamalı geoteknik mühendisleri tarafından kullanılmıştır.Buna karşılık, daha doğru

sonlu eleman modelleri kazık tasarımına ve temel mühendisliğine yardımcı olmak için oluşturulmuş ve kullanılmıştır.

Rishitha (2015), kum ve killer için ayrı ayrı çalışma yapmıştır ,İlk olarak, homojen kumda yanal olarak yüklenmiş bir kazık düşünülmüştür.Kuma gömülmüş bir yanal kazığın deformasyonlarının karşılaştırılması, IS kodu yöntemi ve sayısal modelleme ile yapılmıştır. Bu çalışmadan kumlar için aşağıdaki sonuçlar çıkarılmıştır:IS kodu, alt zemin reaksiyonunun daha düşük modülü için daha yüksek zemin altı reaksiyonu değerleri için sayısal modellemeye kıyasla deformasyonları yaklaşık %30-%50 fazla tahmin edilmiştir.kile gömülmüş yanal olarak yüklenmiş bir kazık için: IS kodu, kilin kıvamıyla birlikte artan sapma ile düşük sertlikten yüksek sertliğe doğru sayısal modellemeye kıyasla deformasyonları yaklaşık %40-%70 fazla tahmin edilmiştir.

Thieken ve arkadaşları (2015) , 250 kazık-zemin sistemiyle yapılan kapsamlı bir parametrik çalışma, yeni p-y yaklaşımının, yatay yük taşıma davranışının yanı sıra yerel kazık-zemin etkileşimini oldukça gerçekçi bir şekilde tahmin edebildiğini ortaya koymuştur.Üç boyutlu sayısal simülasyonların kullanıldığı kapsamlı bir parametrik çalışmada, açık deniz kılavuzlarının p-y yöntemi, karmaşık HS küçük toprak modeli de dahil olmak üzere sayısal simülasyonlar kullanılarak değerlendirilmiştir. Yeni yaklaşım homojen kum için geliştirilmiştir ve bu nedenle sadece karşılaştırılabilir zemin koşulları için geçerlidir.Yeni p-y yaklaşımı şeması, kohezyonlu ve tabakalı zeminler için daha uygun p-y yaklaşımlarının belirlenmesi söz konusu olduğunda umut verici görünmüştür.

Lin ve arkadaşları (2015), tekli kısa, rijit yanal yüklü kazıkların zemin-yapı etkileşimini araştırmak için bir deney yapmıştır.Bu makale, ölçüme dayalı p-y eğrilerini geliştirmek için temel oluşturmuştur ve bu eğrileri diğer iki yöntem kullanılarak elde edilenlerle karşılaştırılmıştır. Sağlanan sonuçlardan bazıları yalnızca test edilen koşullar için doğrulanmıştır.Araştırma ekibi öncelikle kazıkların kurulumunun, kazıkların çapının, zemin türünün ve zeminin özelliklerinin yanal yüklü kazıkların zemin yapısı etkileşimi nasıl etkilediğine bakmıştır.kazık ve zemin arasındaki kayma gerilmesinden kaçınılamadığı için, saha ayarlarında çevredeki zemin bozmadan levha basınç sensörlerini yerleştirmem olduğu zor söylemiştir.

Mayoral ve arkadaşları (2016) , yumuşak kil zemin-kazık arayüzü tepkisini nasıl etkilediğini belirlemeye yönelik bir deneyin sonuçların rapor etmiştir.Deneysel kanıtlar, kazığın çok yönlü hareketinin, yakın alan zeminin davranışını önemli ölçüde

etkileyebilen yükleme kaynaklı anizotropi ürettiğini göstermiştir. Deneysel sonuçlar, çok yönlü yükleme altında bu kuvvetler arasındaki etkileşimin karmaşık olduğunu ve yalnızca iki ortogonal yönde uygulanan geleneksel p-y eğrileri fikrine dayalı teknikler kullanılarak tanımlanamayacağını göstermiştir.

Haiderali ve Madabhushi (2016), kildeki yanal yüklü kazıklar için p-y eğrilerini türetmek için en iyi şekil değiştirme ölçer yerleşimi ve eğri uydurma tekniklerinin seçimi üzerine çalışma yapmıştır. Yanal yüklü kazıkların tamamında, kübik ve kübik B-spline'ların en tutarlı olduğu bulunmuştur.

Gupta ve Basu (2017), her katmanda heterojenliğe sahip katmanlı zemin birikintilerine gömülü farklı kazık geometrilerini incelemek için kullanmıştır. Her durumda analiz yönteminden elde edilen kazık yer değiştirme ve dönme profilleri, üç boyutlu SEY analizinden elde edilenlerle karşılaştırıldı ve oldukça iyi sonuçlar bulunmuştur. Geliştirilen analiz yöntemi, zaman alan ve SEY yazılımının uzmanlığını gerektiren, üç boyutlu SEY analizine başvurmadan farklı kazık geometrisi ve zemin profilleri için kapsamlı bir parametrik çalışma yürütmek için kullanılabilmesi avantajına sahiptir. Kapalı formda boyutsuz denklemlerin parametrik çalışmasından pratikte kullanım için kazık başının yer değiştirmesini, dömesi ve eğilme momentini tahmin etmek için geliştirilmiştir.

Turello ve arkadaşları (2017), kazık gruplarının yanal yüklemesi, elasto-plastik arayüzlerle önerilen gömülü çubuk elemanı yaklaşımı aracılığıyla incelenmiştir. Kazık gruplarının yanal yüklemesi, kazık çevresindeki doğrusal olmayan zemin davranışını temsil edebilen elasto-plastik etkileşim arayüzüne sahip gömülü çubuk elemanları aracılığıyla ele alınmıştır. Bu yazıda açıklanan elastik durum için, kazık-zemin-kazık etkileşim olgusunu açıklamak için önerilen formülasyonda hiçbir etkileşim faktörüne gerek olmadığı göstermiştir. Bu yazıda açıklanan yaklaşımın en önemli avantajlarından biri, kazık-zemin-kazık etkileşiminin doğal olarak gömülü kiriş elemanları formülasyonu tarafından yakalanmasıdır, çünkü çubuk ve zemin alanları hem kinematik hem de mekanik olarak birleşmiştir.

Stacul ve Squeglia (2018), sınır elemanı yöntemi, aşağıdaki doğrusal olmayan davranışları dikkate alır: betonarme kazık bölümlerinin doğrusal olmayan tepkisi, ayrıca şekil değiştirme etkisini de dikkate alarak; zeminin sıg kısımlarının rijitliğini artırarak ve Modifiye Kovacs kullanılarak gerilme etkisi. Önerilen bir Sınır elemanı yöntemi,

daha az hesaplama çalışması gerekmektedir ve tipik bir saha araştırmasından girdi bilgilerini kullanarak güvenilir sonuçlar verir. Tek tek kazıklar ve kazık grupları üzerinde yapılan tam ölçekli ve santrifüj testlerinden elde edilen verilerin bulguları karşılaştırılarak bu prosedürün geçerliliği doğrulanmıştır. Betonarme fore kazıklardan oluşan yanal yüklü sabit uçlu bir grup kazık üzerinde ölçülen ve hesaplanan verilerin karşılaştırılması sağlanmıştır.

Nie ve arkadaşları (2018), Matlock p-y eğrisi yöntemi, açık deniz kazık temellerinin doğrusal olmayan kazık-zemin etkileşimini tartışmak için yumuşak kilin yanal taşıma kapasitesinin zayıflatma etkisini ve açık deniz kazık periyodik deformasyonunu yansıtacak yumuşak kilde periyodik yanal yükleme altında şekilde tanımlanmıştır ve değiştirilmiştir. Kurutulmamış kesme mukavemetinin bozulmasının, yumuşak kilin kazık shaftı etrafındaki son yanal taşıma kapasitesi üzerindeki etkisinin olduğu keşfemiştir. Ek olarak, Yasuhara'nın çalışmasına dayanarak, periyodik yükleme altında süzülmemiş kayma mukavemetini belirlemek için doymuş kil için daha basit bir formül geliştirilmiştir ve daha sonra modifiye edilmiş p-y eğrisine uygulanmıştır.

Tang ve Yang (2018), dik ve ayrılmış kaya şevlerine gömülmüş belirli bir tipteki iki kazıklı grup temellerin yanal davranışını incelemeye odaklanmıştır. Laboratuvar testlerinin sonuçları, eğim açısının kazıklı temelin davranışında etkili bir rol oynadığını göstermiştir. Daha yüksek bir eğim açısı, aynı yükleme seviyesi altında daha büyük bir kazık deformasyonuna neden olduğu söylemiştir. Artan eğim açısı ile maksimum moment artar ve sabitliğin derinliği de artmıştır. Önerilen dikey modeller ve sayısal prosedür, yamaçlardaki kazıkların yük yer değiştirme davranışını yakından simüle etmek ve tahmin etmek için kullanılmıştır. Bu analitik çözüm, tasarım sırasında maksimum eğilme momentinin ve ardından kazığın çapının ve kuvvetlerinin belirlenmesine yardımcı olmakta faydalıdır.

Rathod ve arkadaşları (2018), yumuşak kildeki statik yanal yüke bağlı olarak eğimlerin p-y eğrileri (burada p statik zemin reaksiyonu ve y kazık sapmasıdır) üzerindeki etkisini incelemiştir. Yapılan testlerden elde edilen sonuçlar uygulanan yanal yükte artış ile maksimum eğilme momenti artırmıştır. L/D oranlarındaki azalma eğilme momentlerini artırmıştır. L / D oranlarındaki artışla, en büyük eğilme momentinin meydana geldiği derinlik (sabitlik derinliği) düşer. Sonuç olarak, kazık ve zemin sisteminin nispi rijitliği artmıştır.

Li ve arkadaşları (2018) , çeşitli zemin koşullarında yanal kazık yükü testlerinin örnek örnekleri hazırlanmış ve test sonuçlarından ve önerilen yöntemlerden p-y eğrilerini karşılaştırmak için kullanmıştır.Önerilen yöntemden hesaplanan p-y eğrileri, ölçülen sonuçlarla makul bir uyum göstermiştir ve büyük deformasyon analizinde iyi bir tahmin sağlamıştır.Önerilen yöntem, geleneksel p-y eğrilerinde gerekli olan geri analiz eksikliğinin üstesinden gelebilir ve kazığın özellikleri ve zemin koşulları hakkında daha kapsamlı bilgileri yansıtmıştır.Önerilen birleşik y eğrisi, yanal zemin direncinin gelişim özelliklerini geleneksel yaklaşımlara göre incelemek için daha uygundur ve büyük deformasyon analizinde Reese, API ve Kıym yöntemlerinden daha iyi tahminler vermiştir.Yangtze Nehri alüvyonlu zemin yataklarında, gerçek saha koşulları için önerilen birleşik y eğrisini daha fazla doğrulamak için bir saha yanal kazık testi yapılmıştır. Önerilen yöntemden elde edilen p-y eğrileri, ölçülen sonuçlarla makul bir uyum göstermiştir.

Baek ve ark. (2018), çeşitli kumlu zemin koşullarında önceden monte edilmiş alüminyum esnek bir kazık üzerinde bir dizi model kazık testi yapılmıştır. Test sonuçları, kumlu yanal yüklerin p-y davranışı üzerindeki etkisini araştırmak için kullanılmıştır. Bu makalenin sonuçları, periyodik yanal yükün kumlu zemine kurulu bir açık deniz kazık temeli üzerindeki etkilerini doğru bir şekilde hesaba katmak için temel bir çerçeveyi göstermiştir.Öncelikle dinamik olmayan bir periyodik yanal yüke maruz kalan bir açık deniz kazık temelinin davranışları, geliştirilen döngüsel p-y eğrisi kullanılarak çeşitli zemin koşulları altında değerlendirilebilir, ancak kazıkların uzun vadeli periyodik yanal tepkilerinin değerlendirilmesine özel dikkat göstermiştir.

Peng ve ark. (2019), eğimli zeminde yanal yüklü kazıkların incelenmesi için modifiye gerilme kama modelinde kullanılan doğrusal olmayan gerilme modeli, kazık boyunca zemin direncinin ölçülmesine izin vermiştir. Üst zemin kaması ve alt gerilme kaması, gerilme kamasının iki yarısını oluşturulmuştur. Eğime bağlı azalmayı dikkate alan elastik bir temel yöntemi üzerinde elastik çubuk kullanılarak hesaplanan analitik sonuçlar, düşük yanal yüklerdeki yer değiştirmeleri iyi tahmin eder, ancak daha büyük yanal yüklerdeki yer değiştirmeleri zayıflatır

Kardogan ve ark. (2019), 1964 Niigata depremi sırasında hasar gören "Niigata Aile Adliyesi"nin temelindeki iki kazığın sıvılaştırılmış zemindeki eylemsizlik yükleri altındaki davranışlarını araştırmıştır. Bu çalışma, y eğrisi yöntemi ve doğrusal yay

yaklaşımını (SAP2000) kullanarak sınıvlaştırılmış zemindeki yanal yüklü kazık davranışını analiz eder ve karşılaştırmıştır. Sonuç olarak, kazık yer değiştirmesinin önemi artmış ve yer değiştirmede bir artış görülmüştür. Plastisite özelliklerini dikkate alan ve deformasyonları bu özelliklerin işlevleri olarak tanımlayan p-y yaklaşımının üstün bir teknik olduğu ileri sürülmüştür.

Yuan ve ark. (2019) , yanal yüklü bir kazığın etrafındaki iç zemin davranışını daha iyi anlamaya yardımcı olan , tam üç boyutlu yer değiştirme sisteminin zemin-yapı etkileşimini izlemek için uygun olduğunu göstermiştir. Ölçeklendirilmiş bir model testi olan bu araştırma, ölçeklendirme etkisi ve sınır etkisi koşulları altında yanal olarak yüklenmiş bir kazığın etrafındaki iç zemin davranışını daha iyi anlamaya yardımcı olmuştur ve bu sistemi vurgulamak için yerinde simülasyon testleri gibi diğer simülasyon testlerinde daha iyi kullanılmıştır.

Li ve ark. (2020) , toplam-yer değiştirme-yükleme ile türetilen teorik p-y eğrisinde bu faktörleri dikkate alacak bir çerçeve genişletilmiş mobilize edilebilir mukavemet tasarımı yaklaşımı sunmuştur . Kazık başındaki mevcut sınırlayıcı yükler, kazık nihai yanal kapasite ve SEY analizi için tasarım denklemi ile hesaplanan sonuçlarla karşılaştırılmıştır. Bu nedenle, kilde yanal kazıkların inşası için mevcut p-y eğrisinin ve 10^{-4} ila 0.5 nispi kazık-zemin rijitlik oranının kullanılmasını tavsiye etmiştir.

Zhang ve ark. (2020), element seviyesinde laboraturvar ölçek temel zemin davranışına dayanarak, kilde periyodik yükleme altında yanal kazık tepkisini analiz etmek için bir çerçevenin doğrulanmasını sunmuştur. periyodik yanal yükleme altında kazık tepkisini analiz etmek için bir çerçevenin doğrulanmasını sunmuştur. periyodik yanal yükleme altında kazık temellerinin temel davranışını yakalama yeteneğini ve açık deniz platformları için uzun ince kazıkların tasarımında uygulama potansiyelini gösteren dört model kazık problemlerini analiz etmiştir.

Chortis ve ark. (2020), model kazık duvarı boyunca gömülü şekil değiştirme ölçerlerden p-y eğrileri türetilmiştir. Küresel tarama ve yerel tarama delikleri için iki farklı şekil incelenmiştir .Sonuçlar, kazık davranışının, kazık-zemin sistemini etkileyen ovma deliklerinin doğasından (boyut, şekil) önemli ölçüde etkilendiğini göstermektedir ve p-y eğrilerinin bu davranışı hesaba katacak şekilde uygun şekilde değiştirilmesi gerektiğini göstermiştir. Gelecekteki çalışmalar, bu çalışmada ele alınan geometrik

durumlar için taranmış p-y eğrileri için etkili derinliklerin performansının değerlendirilmesine odaklanmıştır.

Xu ve ark. (2020) , tam ölçekli bir saha deneysel testi yapmıştır ve çeşitli yanal yükleme koşullarında kazık davranışını belirlemiştir. Dağıtılmış bir fiber optik algılama teknolojisi, iki aletli kazık boyunca gerilmeleri ölçmek için kullanılmıştır. Eğilme hareketleri ve yanal sapmalar, dağıtılmış fiber optik sensörlerden hesaplanmıştır ve ardından p-y yöntemleriyle analiz edilmiştir. Bu çalışmanın sonuçları, sunulan projede kullanılana benzer şekilde, açık deniz kazıklarının tasarımı için referans olarak kullanılmıştır. Değiştirilmiş bir p-y yaklaşımı, mevcut tekniklere kıyasla daha güvenilir tahminler ve daha az hata (yani sırasıyla% 3,9 ve% 8,0'luk karşılık gelen hatalar) ile sonuçlanmıştır.

Zdravković ve ark.(2020) , PISA çalışmasının bir parçası olarak Cowden'de yapılan orta ölçekli kazık testleri için üç boyutlu bir sonlu elemanlar modelinin geliştirilmesini açıklamıştır. PISA projesi, yanal yüklemeye maruz kalan büyük çaplı kazıklar için geliştirilmiş tasarım prosedürleri geliştirmek amacıyla birleşik bir saha testi / sayısal modelleme çalışmıştır. Makale, mevcut saha ve laboratuvar bilgi yönetiminden belirlenen zemin verilerinin tutarlı bir şekilde yorumlanmasına özellikle önem vermiştir.

Liu ve ark. (2021) , Matlock ve hiperbolik p-y modellerini kullanan piezokon penetrasyon testi (CPTu) verilerine dayanan bir p-y eğrisi analiz yöntemi önermiştir. CPTu koni ucu parametreleri (q_t , u_2 ve q_e) ile p-y eğrisi parametreleri (p_u ve y_{50}) arasındaki ilişki kurulmuştur. Kazık temellerin yatay taşıma kapasitesinin doğru tahminlerini elde etmek için uygun y eğrisi modelinin seçilmesi hayati öneme sahiptir. Kumlu zeminler için CPTu verilerine dayanan hiperbolik p-y modeli ve kohezyonlu zeminler için CPTu verilerine dayanan bir Matlock p-y modeli önermiştir.

Yuan ve ark. (2021), gerçek zeminin şeffaf olmamasının neden olduğu ölçüm engellerinin üstesinden gelen şeffaf zemin teknolojisini kullanarak yanal yüklü kazık etrafındaki zeminin yer değiştirme alanını görselleştirme yöntemiştir. Sonuçlar, büyük zemin partikül boyutunun kalınlığı arttıkça, aynı yük altındaki eğilme momentinin kademeli olarak azaldığını göstermiştir. Aynı zamanda, büyük zemin partikül büyüklüğü kalınlığındaki bir artış, aynı derinlikte kazığın eğilme momenti farkının artmasına neden olduğunu söylemiştir. Yanal yüklü kazığın yakınındaki zeminin yer

değiştirme yasası, parçacık görüntü velosimetrisi kullanıldığında görülmüştür. Ek olarak, şeffaf zemin teknolojisi ve parçacık görüntü velosimetrisinin kombinasyonu, istinat duvarları, yol yatakları ve hatta tarımsal topraklar alanlarındaki zemin deformasyon süreçlerinin ve yer değiştirme yasalarının izlenmesine yardımcı olarak mühendislik güvenliğini ve tarımsal üretim güvenliğini desteklemiştir. Yanal yüklü bir kazığın çevreleyen zeminin yer değiştirme modelleri, şeffaf zemin ve parçacık görüntü velosimetrisi kullanılarak görülebilir. Buna dayanarak, yanal yüklü kazığın etrafındaki zemin, yer değiştirme değeri ve yer değiştirme açısı açısından tipik aralığında sapmadan önce bir uyarı verilmiştir.

Bhuiyan ve ark. (2022) , yanal yüklü büyük çaplı delikli kazıklarda önemli hale gelen dikey yan kesme kaynaklı momenti ve uç dirençlerini içeren birleşik bir p-y analizini sunmuştur. İyi tanımlanmış herhangi bir zemin veya kaya malzemesine uygulanabilen basitleştirilmiş bir uç momenti direnci modeli de önermiştir .Sayısal yanal analiz sırasında artan yan kayma nedeniyle birim uzunluk başına direnç momentini açıklayan ve içeren bir yöntem olduğunu söylemiştir. Yan kesmenin yanı sıra, özellikle sert zemine veya kaya malzemesine gömülü kısa rijit kazıklarda uç dirençleri de önemli hale gelmiştir.

Çelik (2022), kazıkların farklı derinliklerindeki eğrileri, Reese kumu ve sıvılaştırılmış kuma göre çizilen eğrilerle temsil etmiştir. Bu çalışma kapsamında literatürde yaygın destek almış yöntemler kullanılarak doymuş gevşek kumlu bir zemine konulan tek bir kazığın p-y eğrileri oluşturulmuş ve bu eğrilere dayanan zemin reaksiyonunun kazık tasarım parametreleri üzerindeki etkileri karşılaştırılmıştır.

Lalicata ve ark. (2022), daha sığ zemin tabakası genellikle yanal yüklü bir kazığın ile çevresindeki zemin arasındaki tek arayüzü oluşturmuştur. Bu bölge genellikle su tablasının üzerindedir, bu nedenle etkileşim doymamış bir ortamda gerçekleşir. Bu makale konu hakkında anlayışlı bilgiler sunmuştur. Bu çalışma, doymamış zeminlerde yanal yüklü kazıkların tepkisinin yakalanmasında ve izlenmesinde sayısal modelin geçerliliğini göstermiştir. Bu model daha sonra, örneğin su tablası derinliği, zeminin su tutma özellikleri, kazık başının sabitliği ve sertliği gibi değişen daha eksiksiz bir parametrik çalışma gerçekleştirmek için benimsenmiştir. Çalışma ayrıca, şu anda kazıkları tasarlamak için kullanılan yöntemlerin (yani, p-y eğrileri) doymamış zemin reaksiyonunu tanımlamaya çalışırken yetersiz kaldığını göstermiştir . Sonuç olarak,

gerçek bilgideki bu boşluğu doldurmak için ek deneysel ve sayısal araştırmalara ihtiyaç olduğunu söylemiştir.

Bhuiyan ve ark. (2022), Florida Kireçtaşı ve Vuggy Kireçtaşı gibi kaya malzemeleri için mevcut p-y modellerinden bazıları, kalışın yanal direncini simüle etmek için değerlendirmiştir. Çimentolu zemin koşullarında gerçekleştirilen dört yanal yük testini içeren Las Vegas'taki Raiders Stadyumu binası projesinin bir parçası olarak yapılmıştır. Saha yanal yük testleri, 2 ft çapında ve yaklaşık 66,5 ft gömülü derinliğe sahip CFA kazıkları üzerinde gerçekleştirilmiştir. Laboratuvar test verilerinin bulunmaması ve sınırlı olması bilgiler bu çalışmanın başlıca sınırlamıştır.

Timurağaoğlu ve ark. (2022), kazık-zemin etkileşiminin statik ve dinamik davranışını, sonlu elemanlar analizi kullanılarak yöntemi bağlamında incelemeyi amaçlamıştır. Bu amaçla homojen killi zeminde tek kazıklı, 2x2 ve 3x3 grup kazıklar için bir dizi statik ve dinamik analiz gerçekleşmiştir. Bu makale, grup kazıkları için p-y eğrilerinin ve p-çarpanlarının statik ve dinamik davranışını araştırmıştır. Zemin için kinematik sertleştirme modeli kullanılır ve parametreleri literatürde sıkça kullanılan deneysel çalışma ile kalibre edilmiştir. Dinamik analiz için sınırlarda yansıtmayan sonsuz elemanlar uygulanmıştır.

Sun ve ark.(2022), sayısal hesaplamaların sonuçlarına dayanarak, kazık zemini büyük çaplı kazıklar için kırılma mekanizması tartışılmıştır. kırılma mekanizması ile birleştirildiğinde, hem boyut etkisini hem de eğim eğimini dikkate alan farklı derinliklerde hiperbolik p-y eğrilerinin nihai yanal yükü ve başlangıç rijitliği için doğrusal olmayan analitik formülasyonlar tretimiştir. Y eğrisinin nihai yükü ve başlangıçtaki rijitliği, kazık çapının artmasıyla artarken, zemin yüzeyindeki taşıma kapasitesi faktörü, sabit bir değerden ziyade kazık çapının artmasıyla azalır; Kazık çapının parametrik analizi ile. eğim eğiminin artması, p-y eğrisinin nihai yükü ve başlangıç rijitliğini azalmıştır.

Bhuiyan ve ark. (2022), yanal yüklü büyük çaplı delikli kazıklarda önemli hale gelen dikey yan kesme kaynaklı momenti ve uç dirençlerini içeren birleşik bir p-y analizini vurgumuştur. Bahsedilen yük testi programları bağlamında çap etkilerinin araştırılması, büyük çaplı şafttaki ek yanal direncin çoğunlukla yandan kaymaya bağlı direnç momentinden ve ardından uç kayma direncinden geldiğini göstermiştir. Sayısal yanal analiz sırasında artan yan kaymanın getirdiği birim uzunluk başına direnç momentini (m_r) içeren birleşik bir p-y tekniğinin kullanımı verilmiştir. Yan kaymaya ek olarak,

özellikle kısa sert şaftlar sert kaya veya zemine gömüldüğünde uç dirençleri de önem kazanmıştır.

Arvan ve Arockiasamy (2022), statik yanal yüklere maruz kalan kazığın yer değiştirme reaksiyonlarını ve zemin doğrusallığını dikkate alarak momentleri tahmin etmek için yeni bir süreklilik tabanlı analiz veya enerji tabanlı yöntemi özetlemiştir. Bu çalışma, doğrusal elastik bir zemin sisteminde uygun kazık yer değiştirme tepkilerini tahmin etmenin önemini anlamak için parametrik bir çalışma yoluyla zemin özelliklerinin açık bir şekilde dahil edilmesinin ve katmanlamanın etkisini araştırmıştır. Bu çalışmada sunulan yaklaşım, eksenel yüklerin, yanal yüklerin ve momentlerin birleşik etkisine maruz kalan çok katmanlı zemin katmanlarına gömülü kazıklara daha da genişmiştir. Zemin doğrusallığını dikkate almayan doğrusal elastik çözümlerin aksine, bu çalışmada sağlanan enerjiye dayalı tekniğin saha verileriyle iyi bir uyum içinde olduğu görülmüştür.

Pang ve ark. (2022) , drenajsız kil eğiminin yanal yüklü kazıkların p-y eğrilerinin başlangıç rijitliği üzerindeki etkisi araştırılmış ve indirgeme faktörünün (μ) doğrusal olmayan modelleri önerilmiştir. Simülasyon sonuçlarına dayalı olarak, hiperbolik p-y eğrilerinin başlangıç rijitliği üzerindeki drenajsız kil şev etkisi için doğrusal olmayan formülasyonları türetmek için esas olarak yarı ampirik bir yöntem kullanmıştır. Drenajsız yanal yüklü kazığın p-y eğrilerinin başlangıç rijitliği (K_0) üzerindeki eğim etkisi (μ) için doğrusal olmayan tahmin yöntemleri önermektedir. Kazık-eğim konumu ilişkisine dayalı olarak, yanal yüklü bir kazığın ilk rijitliği (K_0) üzerindeki eğim etkisini (μ) analiz etmek için beş durum sınıflandırır.

Shi ve ark. (2023) , Killerdeki periyodik yüklü kazıkların, zeminin küçük geriliminin özelliklerini açıkça dikkate alan sayısal çalışmalarını içermiştir. Bu çalışma, zeminlerin küçük gerilme davranışının etkilerine birincil önem verilen, periyodik yanal yüklemeye maruz kalan drenajsız killerdeki açık deniz kazık temellerinin sayısal analizlerini sunmuştur.

Yazarın bilgisine göre yanal yüklü kazıkların Tamamlayıcı Fonksiyonlar Yöntemi ile Analiz eden herhangi bir çalışma bulunmamıştır. çeşitli mühendisliği probleminin etkin çözümünde kullanılan TFY ,Fonksiyonel Derecelenmiş (FD) malzemeli sandviç dairesel plakların eğilme davranışı teorik olarak araştırılmıştır. Malzeme özellikleri kalınlığı boyunca değişen sandviç dairesel plakların, öz tabakası veya çekirdeği

izotropik homojen yüzey tabakları ise FD malzemeli olarak kabul edilmiştir. Ele alınan plakların statik davranışını idare eden denklemler Kirchhoff–Love ve Mindlin–Reissner plak teorilerine göre minimum toplam enerji prensibi yardımıyla kanonik halde elde edilmiştir. Elde edilen bu denklemlerin sayısal çözümleri için Tamamlayıcı Fonksiyonlar Yöntemi (TFY) uygulanmıştır. Bu çalışmada, malzeme değişim katsayılarının, yarıçap-kalınlık oranlarının, kayma deformasyon etkisinin ve farklı sınır koşullarının FD sandviç dairesel plakların eğilme davranışı üzerindeki etkileri parametrik olarak incelenmiştir. TFY'nin bu tür problemlere etkin bir şekilde uygulanabilirliği ve yöntemin doğruluğu, elde edilen sonuçların mevcut literatür ile karşılaştırılarak gösterilmiştir. Bu çalışmada, işlevsel derecelendirilmiş gözenekli kırımların dinamik tepkisinin çözümüne etkili bir sayısal prosedür tanıtılmıştır. Gözenekli malzemelerin elastik modülü ve kütle yoğunluğunun, kalınlık yönü boyunca üniform olmayan dağılımlara sahip olduğu kabul edilir. Tipik açık hücreli metal köpüğün, malzemeyi oluşturan yasayı yönettiği varsayılır. Birinci dereceden kayma deformasyon teorisi çerçevesinde, kayma gerilmesinin etkisi formülasyonlara dahil edilir. Sönümlemenin etkisi de dikkate alınır. Kanonik olarak eşlenik momentumlar ve bunların türevleri kullanılarak, kırımlarının temel kanonik hareket denklemleri ilk kez türetilmiştir. Bu denklemler daha sonra Laplace uzayına dönüştürülür ve Tamamlayıcı Fonksiyonlar Yöntemi (TFY) yardımıyla sayısal olarak çözülür, İşlevsel olarak derecelendirilmiş bir çekirdeğe sahip bir sandviç termal koruma sistemi yalıtım panelinin düzlem titreşim çalışması yapılmıştır. Panelin düzlem-gerilme koşulları altında olduğu ve basit mesnetli sınır koşullarına tabi olduğu varsayılmıştır. İki boyutlu esneklik formülleri, her katman için hareket denklemlerini yürütmek için kullanılır. Düzlem içi normal gerilmelerin ve kayma gerilmelerinin etkileri tüm katmanlar için dikkate alınır. Katmanların malzeme özellikleri, diferansiyel denklemleri yöneten bir çift ikinci dereceden birleştirilmiş değişken katsayı ile sonuçlanan enine koordinat boyunca değişebilir. Ana denklemler, tamamlayıcı fonksiyonlar yöntemi (TFY) ile çözülen, birleştirilmemiş bir dördüncü dereceden diferansiyel denkleme indirgenir, Tamamlayıcı Fonksiyonlar Metodu (TFY) kullanılarak, fonksiyonel derecelendirilmiş malzemedeki (FDM) yapılmış içi boş kalın bir küredeki tek boyutlu kararlı hal termal ve mekanik gerilmeler için genel bir çözüm sunulmaktadır. Mekanik özelliklerin radyal yöndeki üstel değişimlere uyduğu varsayılır ve kürenin iç ve dış yüzeylerindeki genel termal ve mekanik sınır koşulları ile Poisson oranının sabit olduğu varsayılır. Bu yazıda,

ısı iletimi denklemini ve Navier denklemini çözmek için en verimli birleşik yöntemlerden biri olan yarı analitik yinelemeli bir teknik kullanılmıştır. Bu tezde ilk kez bir geoteknik probleminin çözümüne uygulanmıştır. Bu çalışmada, yanal yüklü kazıkların statik analizi yapılmıştır. Bu çalışmada toplam 113 adet örnek çözülmüştür, sınır koşulları (serbest uçlu ve sabit uçlu) zemin parametrelerinin (n , N_h)'ın yanal yüklü kazıkların statik davranışa etkisi parametrik olarak araştırılmıştır.

Analiz sonucunda deplasman , dönme , eğilme momenti ve kesme sonuçları elde edilerek grafik formunda sunulmuştur. Ayrıca bu parametrelerin yanal yüklü kazıkların statik davranışı üzerindeki etkisi detaylı bir şekilde araştırılmıştır.



İKİNCİ BÖLÜM

MATERYAL VE METOT

Düşük taşıma kapasitesine sahip bir zemin önemli bir derinliğe kadar uzandığında, kazıklar genellikle düşey ve yanal yükleri çevreleyen zemin ortamına iletmek için kullanılır. Yüksek bacalar, televizyon kuleleri, yüksek binalar, yüksek istinat duvarları, açık deniz yapıları vb, yapılar örnek olarak verilebilir. Normalde yüksek yanal yüklerle maruz kalırlar. Bu kazıklar veya kazık grupları sadece düşey hareketlere değil, yanal yüklerle de dayanmalıdır. Tatmin edici bir temel için gereksinimler şunlardır,

1. Düşey oturma veya yatay hareket kabul edilebilir bir maksimum değeri aşmamalıdır,
2. Çevredeki zeminin veya kazık malzemesinin verimi ile göçme olmamalıdır.

Düşey kazıklar, temellerde normalde düşey yükleri ve küçük yanal yükleri almak için kullanılır. Kazık uçuna etkiler yatay yük, düşey kazıklar için uygun değeri aştığında, meyilli kazıklar düşey kazıklarla birlikte kullanılır. Meyilli kazıklara eğimli kazıklar veya tırmık kazıkları da denir Eğim derecesi, kazık tarafından düşey ekin ile yaptığı, 30 ° 'ye kadar çıkabilir. Yanal yük, kazık üzerinde eğimle yönünde etki ederse, buna meyilli veya negatif meyilli kazık denir.

Birçok araştırmacı tarafından yanal yüklerle maruz kalan tek düşey kazıklar üzerinde kapsamlı teorik ve deneysel araştırmalar yapılmıştır. Yanal yüklü dikey kazıklar için genelleştirilmiş çözümler Matlock ve Reese (1960) tarafından verilmektedir. Yanal yüklerle ek olarak düşey yüklerin etkisi Davisson (1960) tarafından boyutsuz parametreler açısından değerlendirilmiştir. Broms (1964a, 1964b) ve Poulos ve Davis (1980) yanal yüklü kazık problemlerini çözmek için farklı yaklaşımlar sunmuşlardır.

Yanal yüklü bir kazık için diferansiyel denklemi çözenin sonlu farklar yöntemi, bilgisayar olanaklarının mevcut olduğu yerlerde çok fazla kullanılmaktadır. Reese ve ark., (1974) ve Matlock (1970) yanal yüklü kazık problemlerini çözmek için (p-y) eğrileri kavramını geliştirmiştir. Bu yöntem ABD'de ve diğer bazı ülkelerde oldukça popülerdir.

Bununla birlikte, meyilli kazıklar üzerindeki çalışma, düşey kazıklara kıyasla sınırlıdır. Yanal yüklerle maruz kalan tekli 'giriş' ve 'çıkış' meyilli kazıklar üzerinde üç test Matsuo (1939) tarafından rapor edilmiştir. Üç ölçekte çalıştırılmıştır. Küçük ve orta ölçekli testler, kontrollü yoğunluk koşullarında laboratuvarında kuma gömülü ahşap kazıklar kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Loos ve Breth (1949), dikey ve meyilli kazıklar

üzerinde kuru kumda birkaç model testi bildirmiştir. zeminin kazık yük kapasitesi üzerindeki etkisini belirlemeye yönelik model testleri Tschebotarioff (1953), Yoshimi (1964) ve Awad ve Petrasovits (1968) tarafından bildirilmiştir. zeminin sapmalar üzerindeki etkisi Kubo (1965) ve Awad ve Petrasovits (1968) tarafından kumdaki model kazıklar için araştırılmıştır.

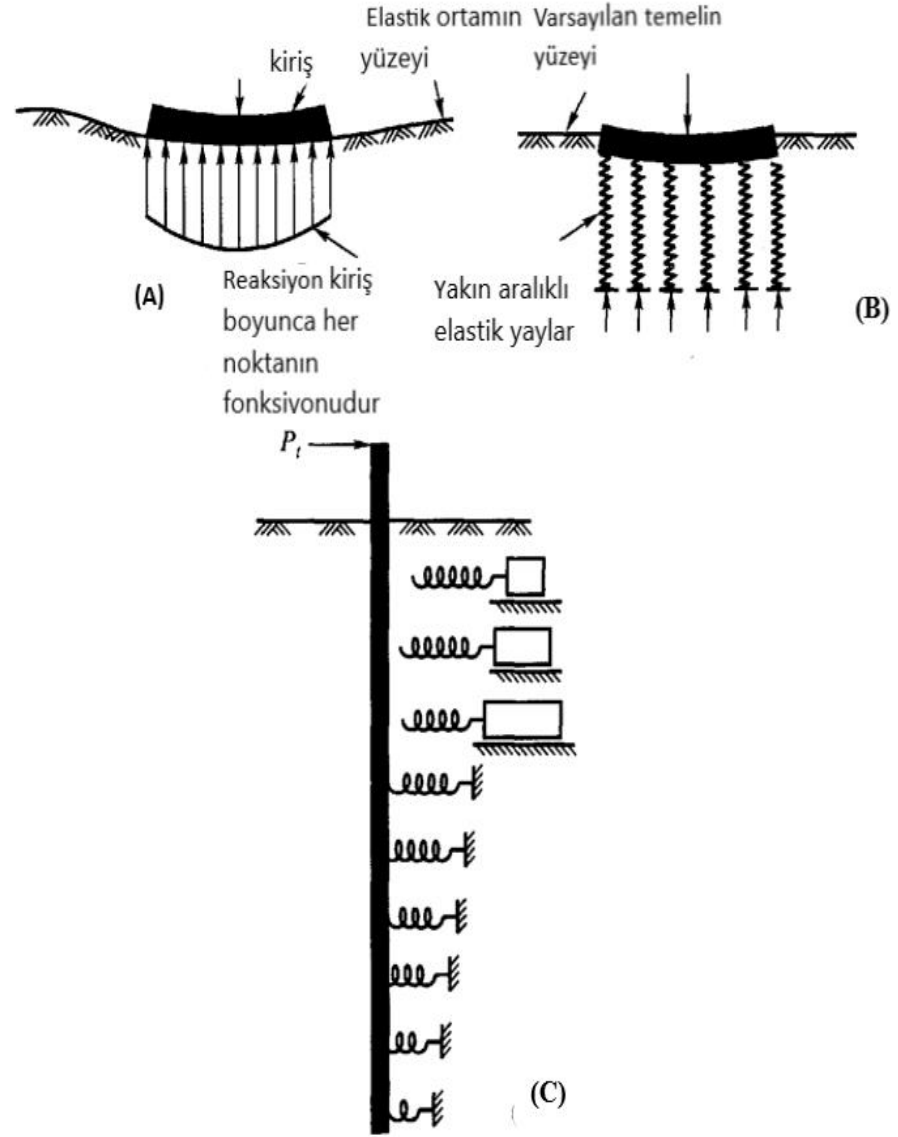
Geçmişte birçok araştırmacı tarafından zaman zaman tek düşey ve eğilme kazıklar ve ayrıca kazık grupları üzerinde tam ölçekli saha testleri yapılmıştır. Saha testi değerleri çoğunlukla yalnızca dikey kazıkların davranışı için formüle edilen teorileri kontrol etmek için kullanılmıştır. Murthy ve Subba Rao (1995) saha ve laboratuvar verilerini kullandılar ve yanal yüklü kazık problemini çözmek için yeni bir yaklaşım geliştirdiler.

Meyilli kazıklar hakkındaki güvenilir deneysel veriler, düşey kazıklarinkine kıyasla oldukça azdır. Kubo (1965), meyilli kazıkların sapma davranışını incelemek için aletli model kazıklar kullanmasına rağmen, bu alandaki araştırması oldukça sınırlıydı. Awad ve Petrasovits'in (1968) çalışmaları aletsiz kazıklara dayanıyordu ve bu nedenle meyilli kazıkların davranışına fazla ışık tutmuyor. (Murthy, 1965) tarafından kuru kuma gömülü aletli kazıklar üzerinde kapsamlı bir dizi model testi gerçekleştirilmiştir.

Yanal yüklü kazıklar için teorik çözümlerin çoğu, alt tabaka reaksiyon modülü kavramını içerir veya başka bir şekilde, Winkler'in bir toprak ortamının bir dizi yakın aralıklı bağımsız elastik yay ile yaklaştırılabileceği varsayımına dayanan zemin modülü olarak adlandırılır. Şek. (1.A), elastik bir temele oturan kirişi gösterir. Kirişin tabanındaki herhangi bir noktadaki reaksiyon, toprak malzemesi değişen derecelerde süreklilik sergilediğinden, aslında kiriş boyunca her noktanın bir fonksiyondur. Şekil l'de gösterilen kiriş. (1.A) Şekildeki bir kiriş değiştirilebilir. (1.B). bu şekil kiriş, her yayın diğerinden bağımsız olduğu elastik yaylardan oluşan bir yatağa dayanmaktadır. Winkler'in hipotezine göre, kirişin tabanındaki herhangi bir noktadaki reaksiyon Şek. (1.B) sadece o noktadaki göçmeye bağlıdır. Vesic (1961), Winkler'in hipotezinde var olan hatanın önemli olmadığını göstermiştir.

Zemine gömülü yanal yüklü bir kazık problem, elastik bir temel üzerindeki kiriş ile yakından ilgilidir. Bir kiriş, uzunluğu boyunca bir veya daha fazla noktaya yüklenebilirken, kazıklar durumunda dış yükler ve momentler yalnızca zemin yüzeyinde veya üstünde uygulanır.

Yanal yüklü bir kazık-zemin sisteminin doğası Şek. (1.C) düşey bir kazık için aynı prensip zemin kazıkları için de geçerlidir. Bir dizi doğrusal olmayan yay, toprağın kuvvet-deformasyon özelliklerini temsil eder. Farklı boyutlardaki bloklara tutturulmuş yaylar, yer değiştirme ile artan reaksiyonu ve ardından bir akma noktasına veya derinliğe bağlı bir sınır değerine ulaştığını gösterir; yaylar üzerindeki koniklik, deplasman ile yükün doğrusal olmayan bir değişimini gösterir. Kazık ve yaylar arasındaki boşluk, tekrarlanan yüklemelerle zeminin kalıplanmasını gösterir ve zeminin rijitliğinin artması, yüzeyin altındaki derinlik olarak yayların kısalmasıyla gösterilir artışlar.



Şekil 1. (A,B) Winkler'in hipotezi ve (C) yanal yüklü kazık Vesic (1961)

Yanal yüklü kazık problemi, elastik temel üzerine kiriş problemine benzer. Toprak ile kazık veya kiriş arasındaki etkileşim ile ele alınabilir.

Problemin analizi için karşılanması gereken iki koşul şunlardır,

1. Yapının her bir elemanı dengede olmalı
2. Üst yapı, temel ve destekleyici toprak arasında uyumluluk sağlanmalıdır.

kazığın tepesinde uygun sınır koşulları seçilerek yapının sürdürülebileceği varsayımı yapılırsa, geriye kalan sorun, kazık boyunca zemin tepkisini dikkate alarak kazığın her bir

elemanının dengesini ve uyumluluğunu sağlayan bir çözüm elde etmektir. Böyle bir çözüm, kazık davranışını tanımlayan diferansiyel denklem çözülerek yapılabilir.

Ele alınan yanal yüklü kazıkların davranışını idare eden kanonik denklemler bu bölümde elde edilecektir. Bu amaç ile kazığın dönmesi, eğilme momenti ve kesme kuvveti sırasıyla denklem (1-3) arasında verilmiştir.

$$s = \frac{dy}{dx} \quad (1)$$

$$M = EI \frac{d^2y}{dx^2} \quad (2)$$

$$V = EI \frac{d^3y}{dx^3} \quad (3)$$

Kazığın elastik eğrisini temsil eden denklem ise eşitlik 4'te verilmektedir.

$$P = EI \frac{d^4y}{dx^4} \quad (4)$$

Bu denklemde

$$P = -Es \cdot y \quad (5)$$

$$-Es \cdot y = EI \frac{d^4y}{dx^4} \quad (6)$$

$$EI \frac{d^4y}{dx^4} + Es \cdot y = 0 \quad (7)$$

$$Es = -\frac{P}{y} \quad (8)$$

$$Es = N_h \cdot x^n \quad (9)$$

$$Es = N_h \cdot x \quad (\text{lineer davranışın durumunda } n = 1 \text{ olarak alınır.}) \quad (10)$$

E_s değeri denklem (4)'te yerine yazılınca yanal yüklü kazıkların elastik eğri denklemini verecektir.

$$EI \frac{d^4 y}{dx^4} + N_h \cdot x^n \cdot y = 0 \quad (11)$$

Tamamlayıcı fonksiyonlar yönteminin uygulanabilmesi için elde edilen bu denklemin 4 adet kanonik denklem formunda elde edilmesi gerekmektedir. Bu tezde yanal yüklü kazıkların kanonik denklemleri ilk defa elde edilmiştir.

$$y = Z_1 \quad (12)$$

$$Y' = Z_2 \quad (13)$$

$$Y'' = Z_3 \quad (14)$$

$$Y''' = Z_4 \quad (15)$$

$$Z'_1 = Z_2 \quad (16)$$

$$Z'_2 = Z_3 \quad (17)$$

$$Z'_4 = Z_3 \quad (18)$$

$$Z'_4 = -Z_1 \cdot n_h \cdot x^n / EI \quad (19)$$

Denklem (16-19)'de Z_1 yanal deplasman, Z_2 dönme, Z_3 eğilme momenti ve Z_4 ise kesme kuvvetini göstermektedir. Denklemlerde verilen diğer terimler ise şöyledir;

S : kazığın eğimi ,

Y : Bir kazık için elastik eğrisi üzerindeki bir noktanın yer değiştirmesi,

M : kazıkta oluşan eğilme momenti ,

n : sıfırdan büyük amprik bir katsayı , kullanılan yay modelinin davranışını etkileyen ve zemin türüne göre değişen bir katsayı.

E : Kazık için elastisite modülü,

I : Kazık için alan atalet momenti [m^4],

E_s : Zemin elastisite modülü ,

N_h : yatay yatak modülünün derinliğe bağlı değişim çarpanı [kN/m^3]

Yukarıda verilen 4 adet kanonik diferansiyel denklemin çözülebilmesi için 4 adet sınır şartı gerekmektedir. Bu sınır şartları kazığın yükleme ve mesnet türüne göre değişiklik göstermektedir. Bu tezde ele alınan sınır şartları Tablo 1’de özetlenmiştir.

Tablo 1. Sınır koşulları

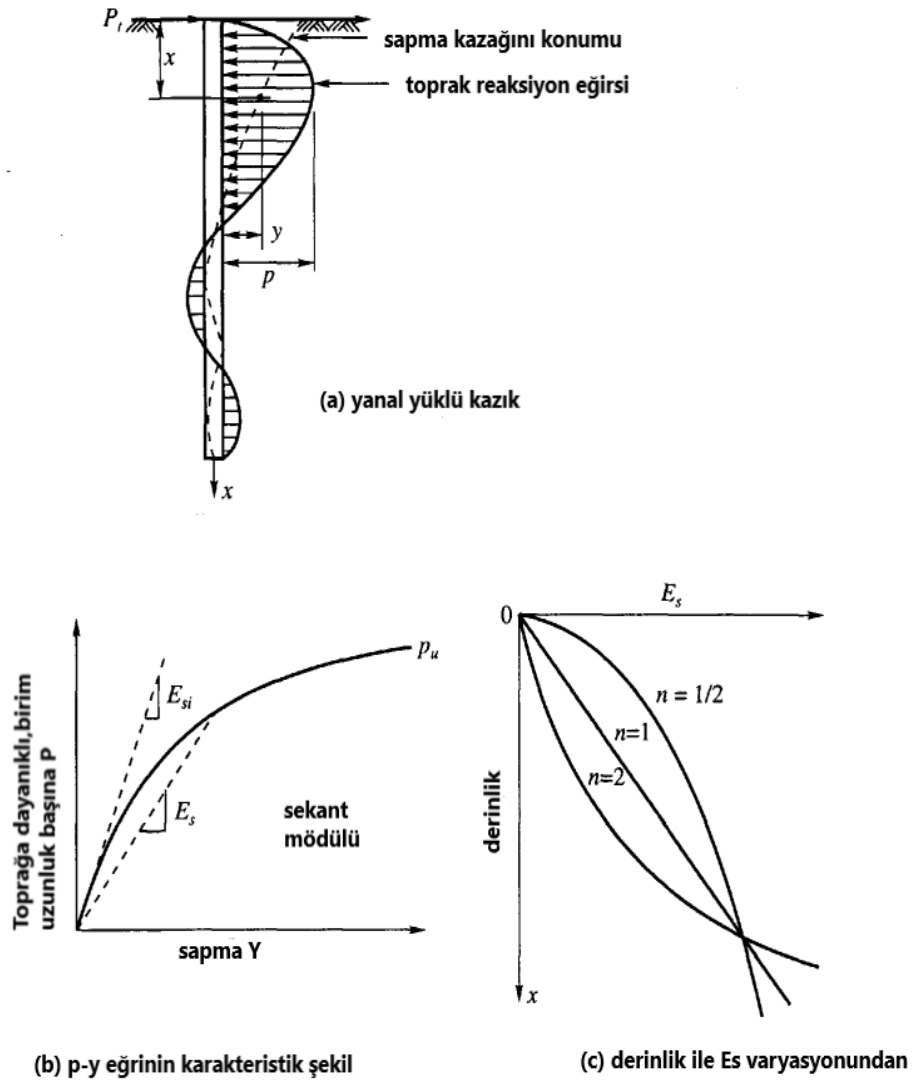
| Sınır koşulu | Yükleme Durumu | Kazığın en üst noktası ($x = 0$) | Kazığın en alt noktası ($x = L$) |
|--------------|-----------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| Serbest uçlu | Yanal yük (P) ve moment (M) | $Z_3 = M/EI$ $Z_4 = P/EI$ | $Z_1 = 0$ $Z_2 = 0$ |
| Sabit uçlu | Yanal yük (P) | $Z_2 = 0$ $Z_4 = P/EI$ | $Z_1 = 0$ $Z_2 = 0$ |

Farklı zemin grupları için n değerleri Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. zeminler için tipik n değerleri (Poulos ve Davis, 1980’den alınmıştır)

| | Nh Ib/in ³ | KAYNAK |
|----------------|-----------------------|--------------------------|
| Yumuşak NC kil | 0.6 – 12.7 | Reese ve Matlock,1956 |
| NC organik kil | 1.0 – 2.0 | Davisson ve Prakash,1963 |
| | 0.4 – 1.0 | Peck ve Davisson ,1962 |
| | 0.4 – 3.0 | Davisson,1970 |
| Turba | 0.2 | Davisson,1970 |
| | 0.1 – 0.4 | Wilson ve Tepeler,1967 |
| Lös | 29 ile 40 | Bowles, 1968 |

p-y eğrisi ile ilgili çizimler ise şekil 2'de verilmektedir.

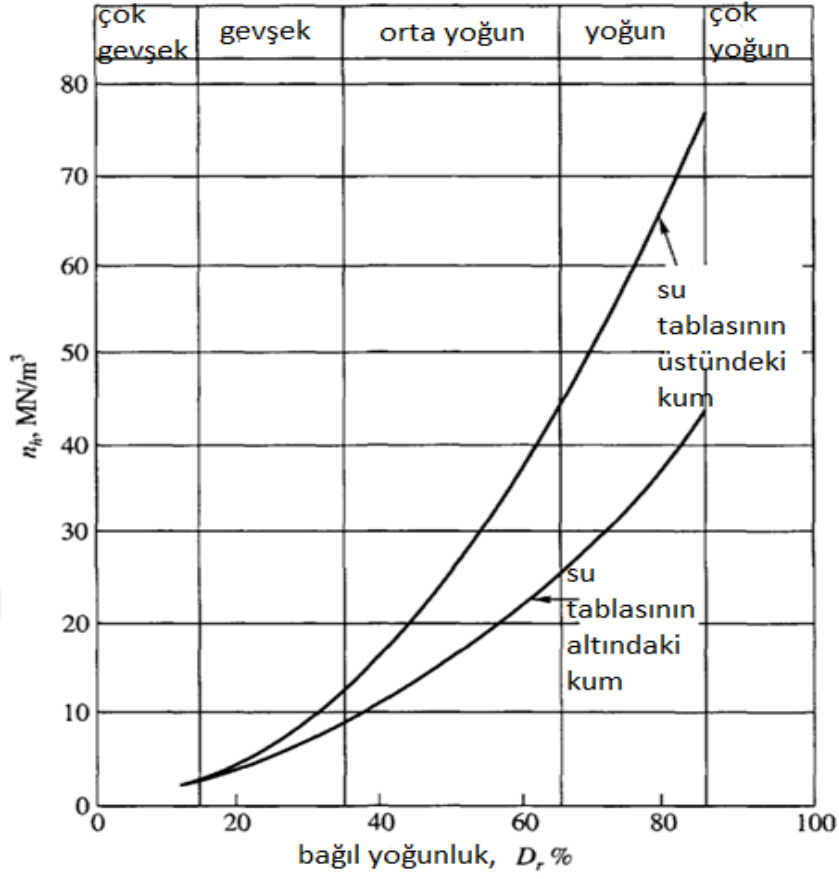


Şekil 2. (p-y) eğrileri kavramı :(a) yanall yüklü kazık , (b) p-y eğrileri karakteristik şekil , (c) Derinlik ile E_s varyasyonundan, Murthy, V.N.S . (1965)

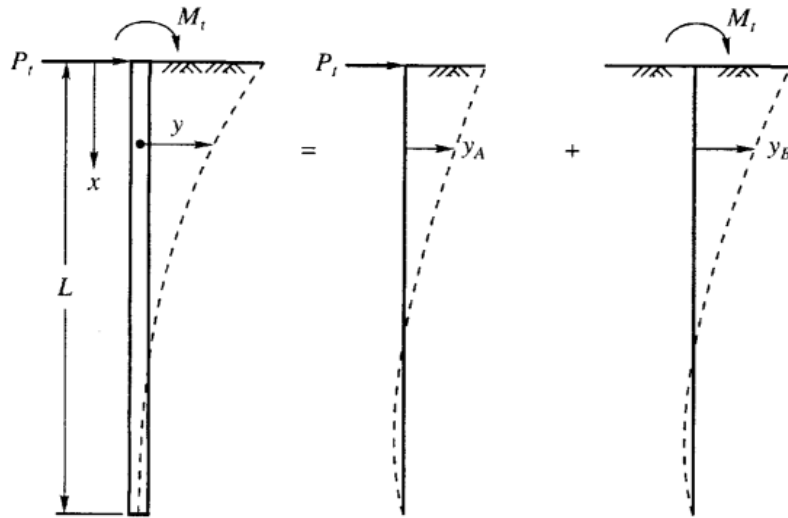
n_h değerleri ile ilgili olarak şekil 3'te sunulmuştur.

Yanall yüklü kazıkların saptması şekil 4'te verilmektedir.

Çelik kazıklar genellikle haddelenmiş H şekilleri veya boru kazıklarındır, H kazıkları, zorlu sürüş sırasında büyük darbe gerilmelerine dayanacak şekilde orantılıdır. Boru kazıkları, açık uçlu veya kapalı uçlu olarak çakılabilen kaynaklı veya dikişsiz çelik borulardır. Boru kazıkları genellikle betonla doldurulur, ancak bazı durumlarda bu gerekli değildir. Çelik kazıklarda optimum yük aralığı 400 ila 1200 kN'dir.



Şekil 3. N_h ile kumun nispi yoğunluğu arasındaki ilişkiyi (Reese, 1975)



Şekil 4. Yanal yüklü kazıkların saptması için üst üste binme ilkesi (Reese, 1985)

Bu bölümde geometrisi ve özellikleri esken boyunca uniform yanal yüklü kazık problemlerinin davranışını idare eden diferansiyel denklemlerin çözümünde Tamamlayıcı Fonksiyonlar Yöntemi (TFY) uygulanmıştır. TFY olayı idare eden diferansiyel denklemler esas alınmaktadır .

Bu metot ile sınır değer problemleri başlangıç değer problemine dönüştürülmektedir. Çözümler RK5. Fortran dilinde bilgisayar program yazılmıştır. Hazırlanan analiz 5. Mertebe Runge-Kutta (RK5) metot uygulanmıştır.

Birinci mertebeden 4 adet diferansiyel deklemler çözülecektir.

$$d \frac{\{y(x)\}}{dx} = [A(x)]_{4 \times n} [Y(x)]_{4 \times 1} + [F(x)]_{4 \times 1} \quad (20)$$

şeklinde olsun. Burada x bağımsız değişken, {Y} bilinmeyen değişkenleri içeren matris, [A] geçiş matrisi, {F} yüklemeyi matristir.

Sınır şartından 2 adeti başlangıçta 2 adeti ise çözüm bölgesi sonundadır.

$$\sum_j^4 =_1 b_{ij} y_j(a) = \alpha_i \quad (i= 1, \dots, 2) \quad (21)$$

$$\sum_j^4 =_1 d_{ij} y_j(b) = \beta_i \quad (i=1, \dots, 2) \quad (22)$$

Olay idare eden denklem çözümü şöyle olur .

$$\{Y(x)\} = \sum_m^4 =_1 C_m \left(U^{(m)}(x) \right) + \{V(x)\} \quad (23)$$

Cm sabitleri sınır şart ile hesaplanır. $U^{(m)}(x)$ homojen çözüm 4 adet homojen sınır şartının ve elde özel homojen çözümdür.

$$[U(x)]_{4 \times n} = [\{U^{(1)}\}_{4 \times 1}, \{U^{(2)}\}_{4 \times 1}, \dots, \{U^{(m)}\}_{4 \times 1}] \quad (24)$$

Böylece

$$\{Y(x)\} = [U(x)]\{C\} + \{V(x)\} \quad (25)$$

İntegrasyon sabitleri bulduklar sonra, çözüm bölgesinde istenilen yerdeki bağımlı değişkenlerin değerleri kolaylıkla hesaplanabilir

$$\frac{d\{U^4\}}{dx} = [A]\{U^4\} \quad (26)$$

Bu denklemler ile homojen çözüm bulunur.

$\{U^{(m)}\}$, $\{U\}$ bilinmeyen vektörünün çözüm bölgesi başlangıcında m'inci elemanına 1, diğerlerine 0 olması durumunda elde edilen çözüm demektir.

Tablo 3. TFY tablosu

| <u>$m=1$</u> | <u>$m=2$</u> | <u>$m=3$</u> | <u>$m=4$</u> |
|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| U1 (a)=1 | U2(a)=0 | U3(a)=0 | U4(a)=0 |
| U1 (a)=0 | U2(a)=1 | U3(a)=1 | U4(a)=0 |
| | | | |
| U1 (a)=0 | U2(a)=0 | U3(a)=0 | U4(a)=1 |

Böylece bu şekilde elde edilmiş olan [U] kare matrisinin, çözüm bölgesi başlangıcındaki değerleri birim matrise karşılık gelmektedir.

$$[U(a)]=[I] \quad (27)$$

Özel Çözümün Elde Edilmesi

$$\frac{d\{v\}}{dx} = [A]\{V\} + \{F\} \quad (28)$$

Denklem (4.1) de verilen genel denklemin homojen çözümü (4.8) de verilmiş olup,

$$\{V(a)\} = \{0\} \quad (29)$$

sınır şartları ile bir defa çözülmesi yeterlidir.

$$\underline{m=4}$$

$$V1 (a)=0$$

$$V2 (a)=0$$

....

....

$$Vn (a)=0$$

Tezin bu bölümünde KR5 metot ile ilgili bilgi verilecektir.

Sayısal diferansiyel denklemleri çözmek için Runge-Kutta prosedürleri adı verilen bir dizi yinelemeli teknik kullanılır. Bu teknikler, bilinen bir başlangıç değerine sahip bir diferansiyel denklemin çözümünü belirlemek veya bir başlangıç değeri problemini çözmek için kullanılır. 5. Runge-Kutta yöntemleri tipik olarak son derece doğru sonuçlar gerektiren uygulamalarda kullanılır. Bu yaklaşım, bir dizi karar değerlendirme aşamasını içerir ve bu adımların her biri, bir sonraki adımın tahminini geliştirmeye hizmet eder.

Aşağıdakiler Runge-Kutta yöntemlerinin ana ilkeleridir:

Başlangıç Değerleri: Başlangıç değeri problemi teknikle çözülür. Bu, başlangıç değeri bilinen bir diferansiyel denklemin cevabını bulmayı gerektirir.

Ara Değerlendirmeler: Sürece bir dizi ara değerlendirme aşaması dahil edilmiştir. Bu eylemler, bir sonraki adımın tahmininin doğruluğunu artırır.

Ağırlıklı Ortalama: Aralık değerlendirmelerini toplamak için ağırlıklı ortalama kullanılır. Bu, sonraki eylemin tahminini çok daha artırır.

Iterasyon: belirli bir doğruluk düzeyine ulaşılan kadar art arda kullanılır.

5. Runge-Kutta yönteminin kesin formülasyonu oldukça karmaşıktır ve bunu gerçekleştirmek için tipik olarak bilgisayar programları kullanılır. Bu yaklaşım tipik olarak daha hassas çözümlerin gerekli olduğu durumlarda kullanılır.

Bu kısımda 4 adet diferansiyel denklem takımı için RK5 özetlenmiştir.

Diferansiyel denklem ve başlangıç şartı;

$$y'_1 = f_1(x, y_1, y_2, y_3, y_4) \quad (30)$$

$$y'_2 = f_2(x, y_1, y_2, y_3, y_4) \quad (31)$$

$$y_1(x_0) = y_1(0) \quad (32)$$

$$y_2(x_0) = y_2(0) \quad (33)$$

$$y_3(x_0) = y_3(0) \quad (34)$$

$$y_4(x_0) = y_4(0) \quad (35)$$

olsun. Dört denklem için kullanılacak genel Runge-Kutta algoritması aşağıda verilmiştir.

$$y_1(i+1) = y_1(i) + \frac{1}{90}(7k_1 + 32k_3 + 12k_4 + 32k_5 + 7k_6)h \quad (36)$$

$$y_2(i+1) = y_2(i) + \frac{1}{90}(7k_1 + 32k_3 + 12k_4 + 32k_5 + 7k_6)h \quad (37)$$

$$y_3(i+1) = y_3(i) + \frac{1}{90}(7k_1 + 32k_3 + 12k_4 + 32k_5 + 7k_6)h \quad (38)$$

$$y_4(i+1) = y_4(i) + \frac{1}{90}(7k_1 + 32k_3 + 12k_4 + 32k_5 + 7k_6)h \quad (39)$$

Burada,

$$k_1 = f_1(x_i, y_{1i}, y_{2i}, y_{3i}, y_{4i}) \quad (40)$$

$$l_1 = f_2(x_i, y_{1i}, y_{2i}, y_{3i}, y_{4i}) \quad (41)$$

$$p_1 = f_3(x_i, y_{1i}, y_{2i}, y_{3i}, y_{4i}) \quad (42)$$

$$s_1 = f_4(x_i, y_{1i}, y_{2i}, y_{3i}, y_{4i}) \quad (43)$$

$$k_2 = f_1(x_i + \frac{1}{4}h, y_{1i} + \frac{1}{4}k_1h, y_{2i} + \frac{1}{4}k_1h, y_{3i} + \frac{1}{4}k_1h, y_{4i} + \frac{1}{4}l_1h) \quad (44)$$

$$l_2 = f_2(x_i + \frac{1}{4}h, y_{1i} + \frac{1}{4}k_1h, y_{2i} + \frac{1}{4}k_1h, y_{3i} + \frac{1}{4}k_1h, y_{4i} + \frac{1}{4}l_1h) \quad (45)$$

$$p_2 = f_3(x_i + \frac{1}{4}h, y_{1i} + \frac{1}{4}k_1h, y_{2i} + \frac{1}{4}k_1h, y_{3i} + \frac{1}{4}k_1h, y_{4i} + \frac{1}{4}l_1h) \quad (46)$$

$$s_2 = f_4(x_i + \frac{1}{4}h, y_{1i} + \frac{1}{4}k_1h, y_{2i} + \frac{1}{4}k_1h, y_{3i} + \frac{1}{4}k_1h, y_{4i} + \frac{1}{4}l_1h) \quad (47)$$

$$k_3 = f_1(x_i + \frac{1}{4}h, y_{1i} + \frac{1}{8}k_1h + \frac{1}{8}k_2h, y_{2i} + \frac{1}{8}k_3h, y_{3i} + \frac{1}{8}k_4h, y_{4i} + \frac{1}{8}l_1h + \frac{1}{8}l_2h) \quad (48)$$

$$l_3 = f_2(x_i + \frac{1}{4}h, y_{1i} + \frac{1}{8}k_1h + \frac{1}{8}k_2h, y_{2i} + \frac{1}{8}k_3h, y_{3i} + \frac{1}{8}k_4h, y_{4i} + \frac{1}{8}l_1h + \frac{1}{8}l_2h) \quad (49)$$

$$p_3 = f_3(x_i + \frac{1}{4}h, y_{1i} + \frac{1}{8}k_1h + \frac{1}{8}k_2h, y_{2i} + \frac{1}{8}k_3h, y_{3i} + \frac{1}{8}k_4h, y_{4i} + \frac{1}{8}l_1h + \frac{1}{8}l_2h) \quad (50)$$

$$s_3 = f_4(x_i + \frac{1}{4}h, y_{1i} + \frac{1}{8}k_1h + \frac{1}{8}k_2h, y_{2i} + \frac{1}{8}k_3h, y_{3i} + \frac{1}{8}k_4h, y_{4i} + \frac{1}{8}l_1h + \frac{1}{8}l_2h) \quad (51)$$

$$k_4 = f_1(x_i + \frac{1}{2}h, y_{1i} - \frac{1}{2}k_2h + k_3h, y_{2i} - \frac{1}{2}k_3h, y_{3i} + k_4h, y_{4i} - \frac{1}{2}l_2h + \frac{1}{2}l_3h) \quad (52)$$

$$l_4 = f_2(x_i + \frac{1}{2}h, y_{1i} - \frac{1}{2}k_2h + k_3h, y_{2i} - \frac{1}{2}k_3h, y_{3i} + k_4h, y_{4i} - \frac{1}{2}l_2h + \frac{1}{2}l_3h) \quad (53)$$

$$p_4 = f_3(x_i + \frac{1}{2}h, y_{1i} - \frac{1}{2}k_2h + k_3h, y_{2i} - \frac{1}{2}k_3h, y_{3i} + k_4h, y_{4i} - \frac{1}{2}l_2h + \frac{1}{2}l_3h) \quad (54)$$

$$s_4 = f_4(x_i + \frac{1}{2}h, y_{1i} - \frac{1}{2}k_2h + k_3h, y_{2i} - \frac{1}{2}k_3h, y_{3i} + k_4h, y_{4i} - \frac{1}{2}l_2h + \frac{1}{2}l_3h) \quad (55)$$

$$k_5 = f_1(x_i + \frac{3}{4}h, y_{1i} + \frac{3}{16}k_1h + \frac{9}{16}k_4h, y_{2i} + \frac{9}{16}k_4h, y_{3i} + \frac{9}{16}k_4h, y_{4i} + \frac{3}{16}l_1h + \frac{9}{16}l_4h) \quad (56)$$

$$l_5 = f_2(x_i + \frac{3}{4}h, y_{1i} + \frac{3}{16}k_1h + \frac{9}{16}k_4h, y_{2i} + \frac{9}{16}k_4h, y_{3i} + \frac{9}{16}k_4h, y_{4i} + \frac{3}{16}l_1h + \frac{9}{16}l_4h) \quad (57)$$

$$p_5 = f_3(x_i + \frac{3}{4}h, y_{1i} + \frac{3}{16}k_1h + \frac{9}{16}k_4h, y_{2i} + \frac{9}{16}k_4h, y_{3i} + \frac{9}{16}k_4h, y_{4i} + \frac{3}{16}l_1h + \frac{9}{16}l_4h) \quad (58)$$

$$s_5 = f_4(x_i + \frac{3}{4}h, y_{1i} + \frac{3}{16}k_1h + \frac{9}{16}k_4h, y_{2i} + \frac{9}{16}k_4h, y_{3i} + \frac{9}{16}k_4h, y_{4i} + \frac{3}{16}l_1h + \frac{9}{16}l_4h) \quad (59)$$

$$k_6 = f_1(x_i + h, y_{1i} - \frac{3}{7}k_1h + \frac{2}{7}k_2h + \frac{12}{7}k_3h - \frac{12}{7}k_4h + \frac{12}{7}k_5h, y_{2i} - \frac{3}{7}l_1h + \frac{2}{7}l_2h + \frac{12}{7}l_3h - \frac{12}{7}l_4h + \frac{12}{7}l_5h + \frac{12}{7}k_5h, y_{3i} - \frac{3}{7}l_1h + \frac{2}{7}l_2h + \frac{12}{7}l_3h - \frac{12}{7}l_4h + \frac{12}{7}l_5h + \frac{12}{7}k_5h, y_{4i} - \frac{3}{7}l_1h + \frac{2}{7}l_2h + \frac{12}{7}l_3h - \frac{12}{7}l_4h + \frac{12}{7}l_5h) \quad (60)$$

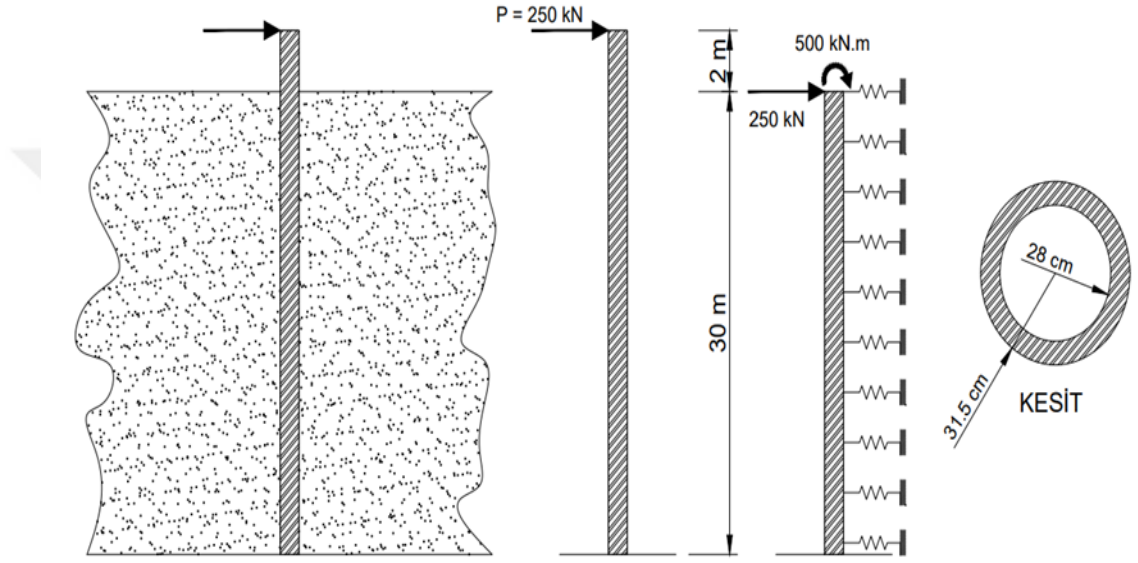
$$l_6 = f_2(x_i + h, y_{1i} - \frac{3}{7}k_1h + \frac{2}{7}k_2h + \frac{12}{7}k_3h - \frac{12}{7}k_4h + \frac{12}{7}k_5h, y_{2i} - \frac{3}{7}l_1h + \frac{2}{7}l_2h + \frac{12}{7}l_3h - \frac{12}{7}l_4h + \frac{12}{7}l_5h + \frac{12}{7}k_5h, y_{3i} - \frac{3}{7}l_1h + \frac{2}{7}l_2h + \frac{12}{7}l_3h - \frac{12}{7}l_4h + \frac{12}{7}l_5h + \frac{12}{7}k_5h, y_{4i} - \frac{3}{7}l_1h + \frac{2}{7}l_2h + \frac{12}{7}l_3h - \frac{12}{7}l_4h + \frac{12}{7}l_5h) \quad (61)$$

$$p_6 = f_3(x_i + h, y_{1i} - \frac{3}{7}k_1h + \frac{2}{7}k_2h + \frac{12}{7}k_3h - \frac{12}{7}k_4h + \frac{12}{7}k_5h, y_{2i} - \frac{3}{7}l_1h + \frac{2}{7}l_2h + \frac{12}{7}l_3h - \frac{12}{7}l_4h + \frac{12}{7}l_5h + \frac{12}{7}k_5h, y_{3i} - \frac{3}{7}l_1h + \frac{2}{7}l_2h + \frac{12}{7}l_3h - \frac{12}{7}l_4h + \frac{12}{7}l_5h + \frac{12}{7}k_5h, y_{4i} - \frac{3}{7}l_1h + \frac{2}{7}l_2h + \frac{12}{7}l_3h - \frac{12}{7}l_4h + \frac{12}{7}l_5h) \quad (62)$$

$$s_6 = f_4(x_i + h, y_{1i} - \frac{3}{7}k_1h + \frac{2}{7}k_2h + \frac{12}{7}k_3h - \frac{12}{7}k_4h + \frac{12}{7}k_5h, y_{2i} - \frac{3}{7}l_1h + \frac{2}{7}l_2h + \frac{12}{7}l_3h - \frac{12}{7}l_4h + \frac{12}{7}l_5h + \frac{12}{7}k_5h, y_{3i} - \frac{3}{7}l_1h + \frac{2}{7}l_2h + \frac{12}{7}l_3h - \frac{12}{7}l_4h + \frac{12}{7}l_5h + \frac{12}{7}k_5h, y_{4i} - \frac{3}{7}l_1h + \frac{2}{7}l_2h + \frac{12}{7}l_3h - \frac{12}{7}l_4h + \frac{12}{7}l_5h) \quad (63)$$

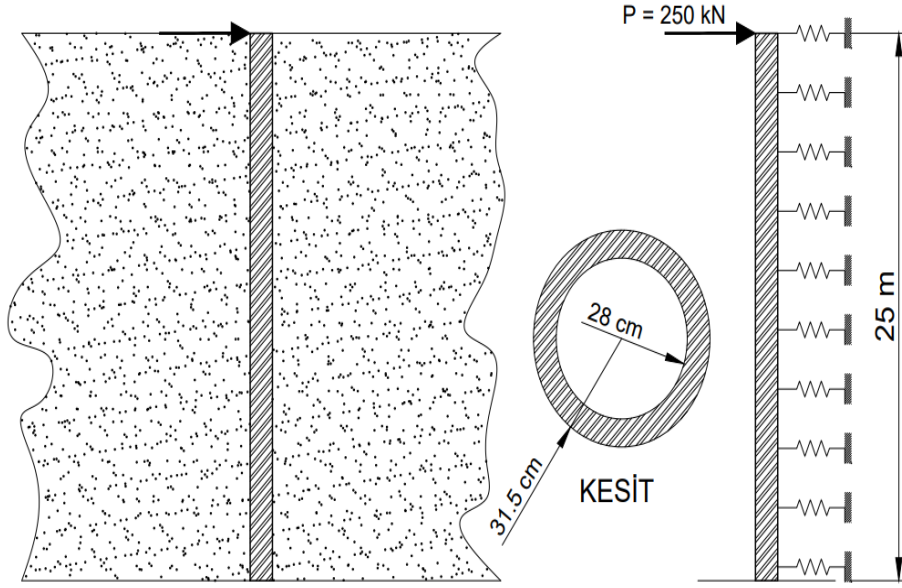
şeklinde tarif edilmektedir. Burada $\Delta x = h$ seçilmiştir.

İkinci örnek olarak $n=0.5$, $n = 1$ ve $n = 2$, uzunluğu 30 metre serbest uçlu ve $N_h = 3,5,10,15,20$ için geometrik özellikleri ve yükleme durumu $p=250$ KN ve moment kuvveti şiddeti 500 KN.m şekil 6'da verilen kazığın TFY ile statik analizi yapılmıştır. Bu analiz sonucunda elde edilen yer değiştirme değerleri şekil (19-23)'da, dönme sonuçları şekil (34-37)'da eğilme momenti sonuçları şekil (48-50)'da ve kesme kuvveti ise şekil (61-63)'da belirlenmiştir.



Şekil 6. Yanal yük etkisindeki serbest uçlu kazık ($L = 30$)

Üçüncü aşamada $n=0.5$, $n = 1$ ve $n = 2$, $N_h = 3,5,10,15,20$ değerleri için kazığın statik analizi yapılmıştır. Kazığa 250 kN yanal yük sabit uçlu şekil 7’de bu kazık tüm geometrik özellikler ile birlikte ve uzunluğu 25 metredir, TYF ile analiz yardımıyla sonuçları elde edilmiştir. Yer değiştirme değerlerinin sonuçlarının şekil (79-83) ile (111-113), dönme değerleri şekil (89-92) ile (114-116)’da ve eğilme moment değerlendiren(98-101) ile (117-119) ve kesme değerleri şekil (107-110) ile (120 -122)’da sunulmuştur.

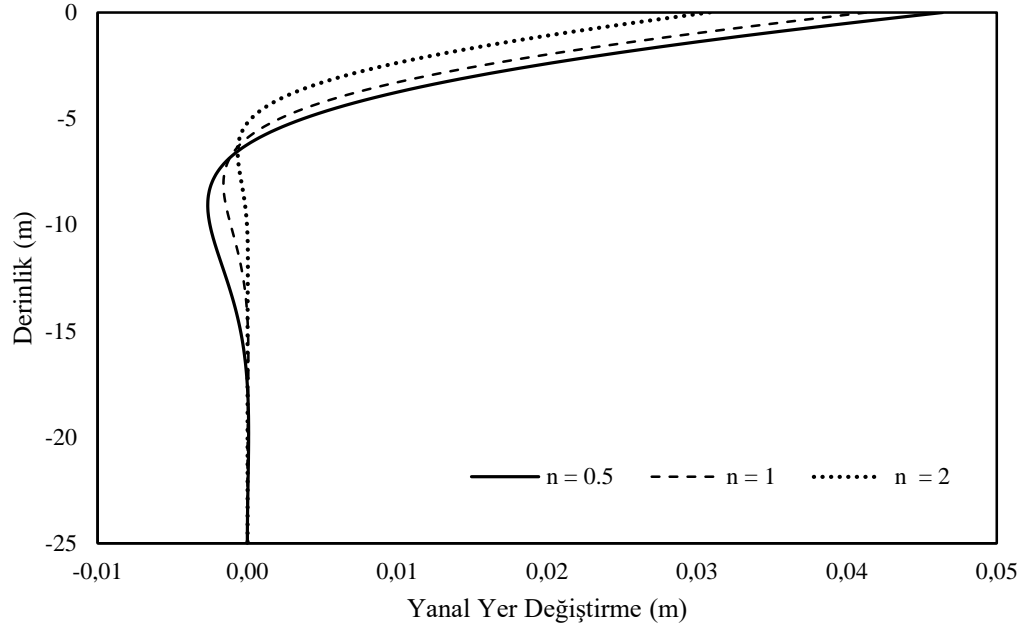


Şekil 7. Yanal yük etkisindeki sabit uçlu kazık ($L = 25$)

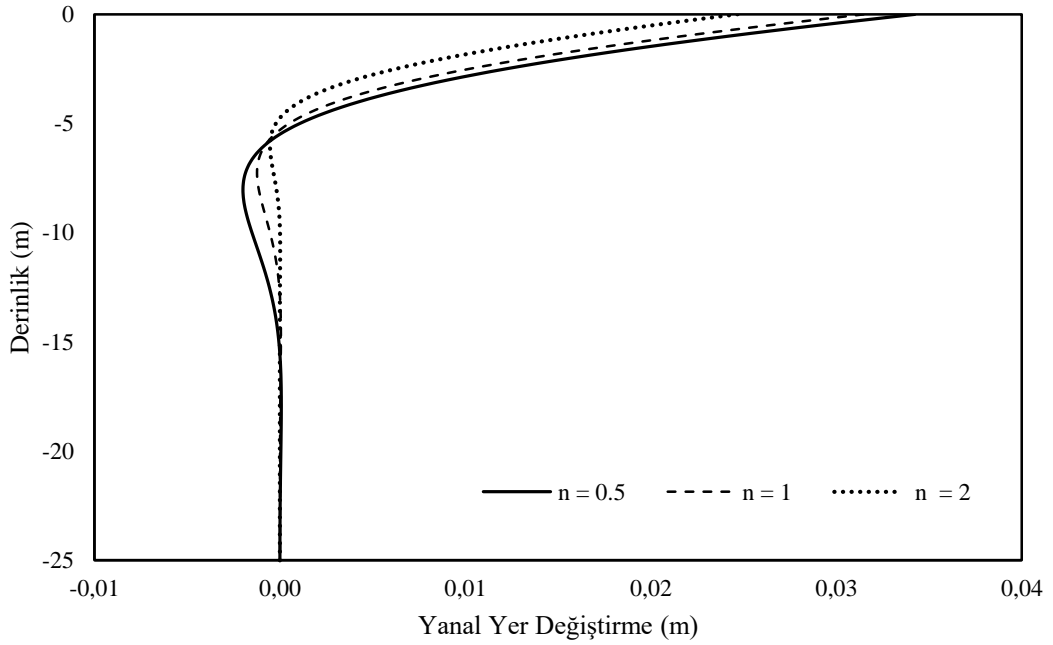
Tezin ilk aşamasında elde edilen sonuçların değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu amacı ile Murthy tarafından çözülen üç örnek için sonuçlar TFY ile elde edilerek Tablo 4'te karşılaştırılmıştır. Çözülen örnekler ile ilgili detaylar ilgili kaynak kitabında bulunmaktadır. Burada sadece sonuçların sunulması yeterli görülmüştür. Sonuçlar karşılaştırıldığında TFY'nin sonuçlarının literatür ile uyumlu olduğu görülmektedir.

Tablo 4. Murthy ve TFY arasındaki karşılaştırma

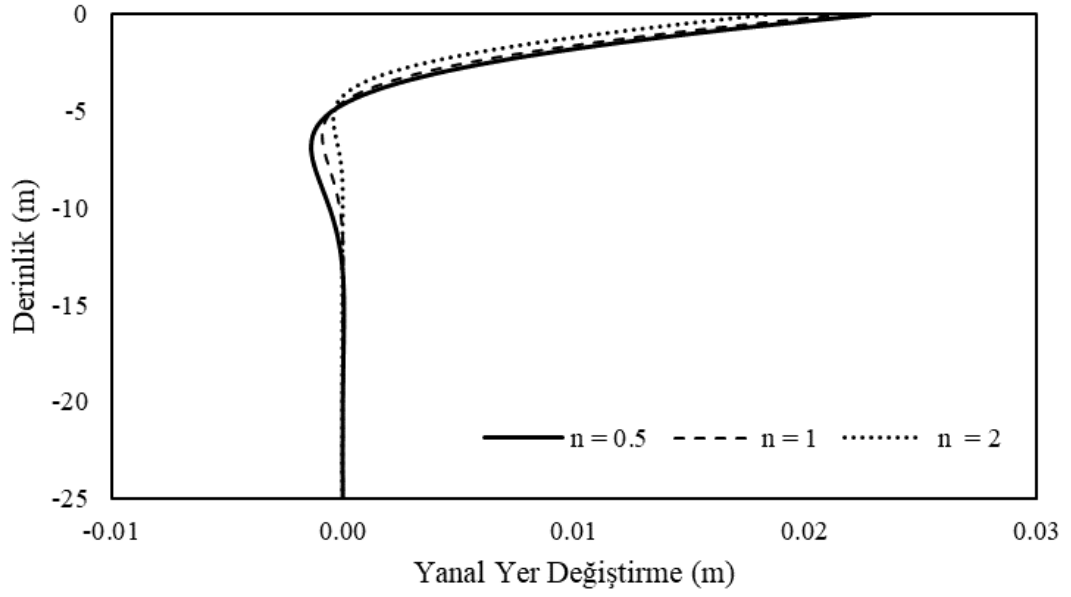
| Kazık türü | Murthy | TFY |
|------------------------------------|---------------|------------|
| Serbest uclu sadece yanal yüklü | 1.94 cm | 1.9385 cm |
| Serbest uclu ,yanal yüklü + moment | 3.09 cm | 3.0873 cm |
| Sabit uclu | 0.75 cm | 0.7498 cm |



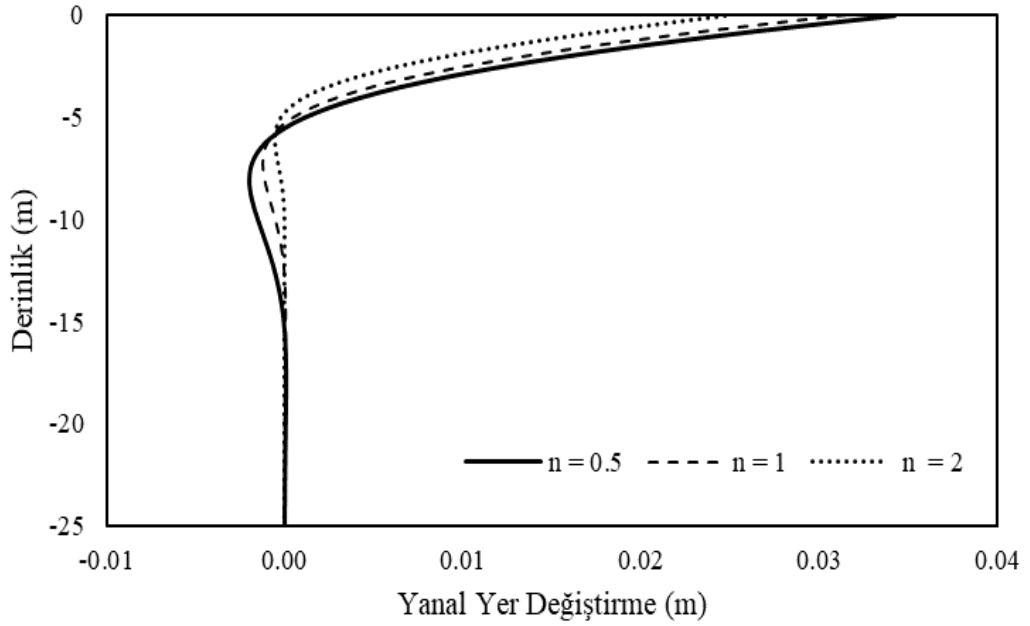
Şekil 9. Serbest uclu kazık için elde edilen yer değıştirme değerlerinin karşılaştırılması
($L = 25$, $N_h = 3$)



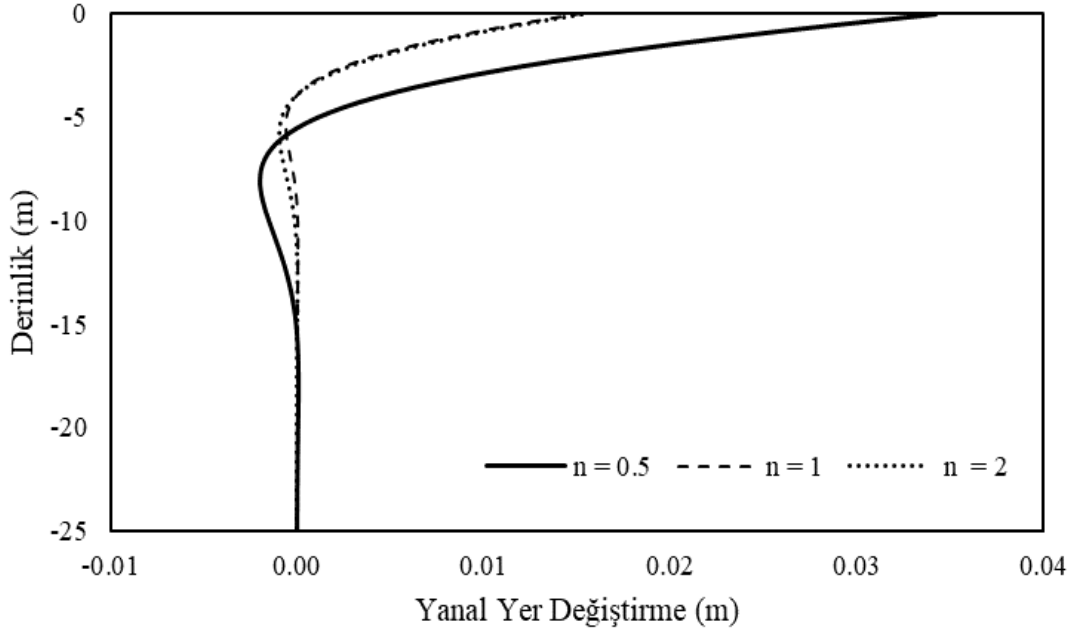
Şekil 10. Serbest uclu kazık için elde edilen yer değıştirme değerlerini karşılaştırılması
($L = 25$, $N_h = 5$)



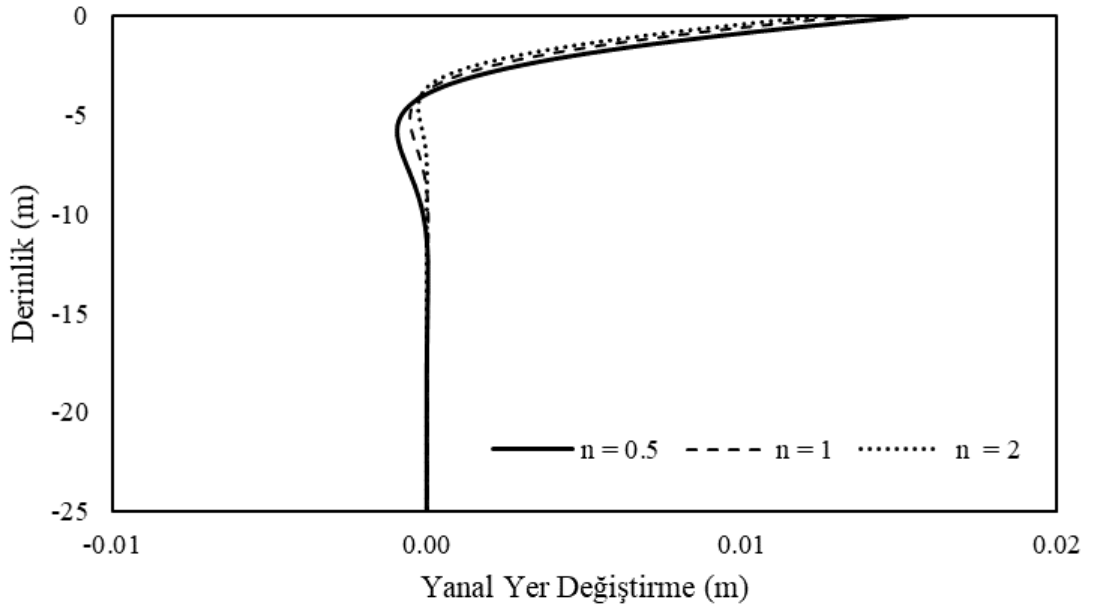
Şekil 11. Serbest uclu kazık için elde edilen yer değiştirme değerlerinin karşılaştırılması
($L = 25$, $N_h = 10$)



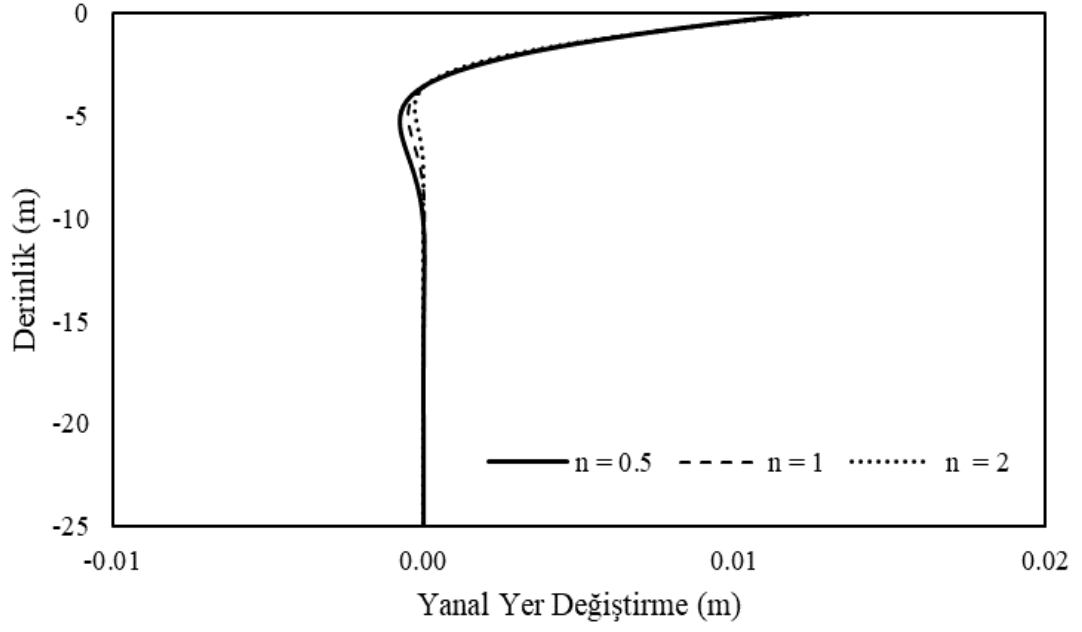
Şekil 12. Serbest uclu kazık için elde edilen yer değiştirme değerlerinin karşılaştırılması
($L = 25$, $N_h = 15$)



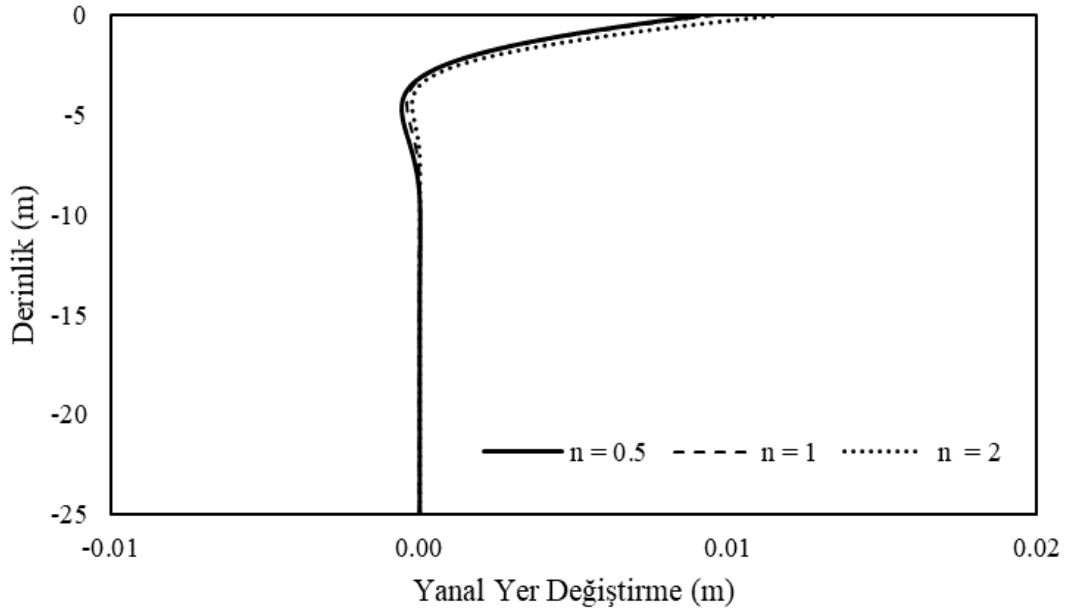
Şekil 13. Serbest uclu kazık için elde edilen yer değıştirme değeri karşılaştırılması
($L = 25$, $N_h = 20$)



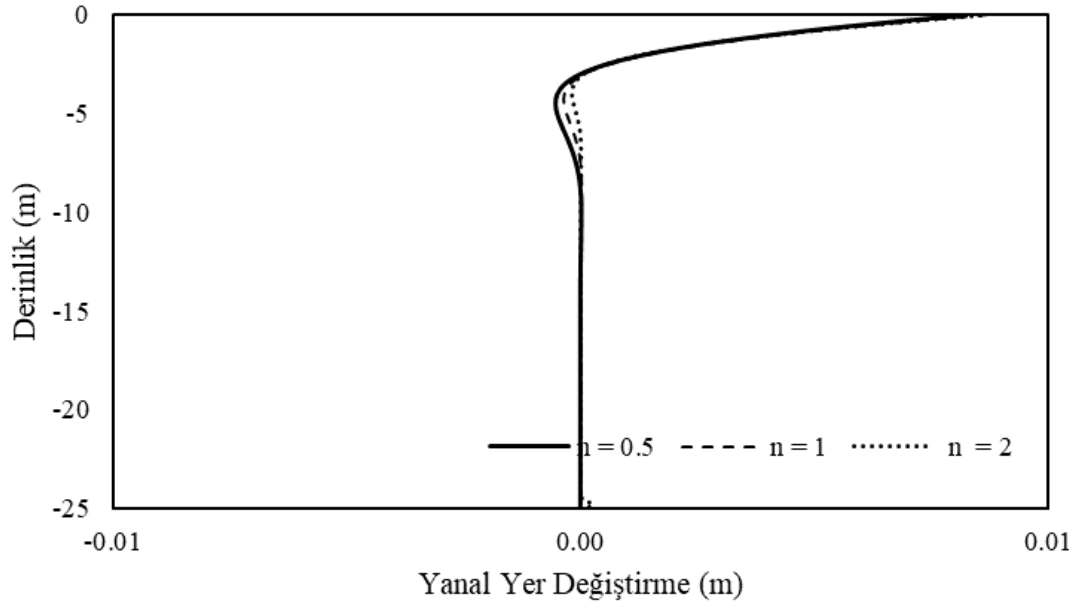
Şekil 14. Serbest uclu kazık için elde edilen yer değıştirme değeri karşılaştırılması
($L = 25$, $N_h = 25$)



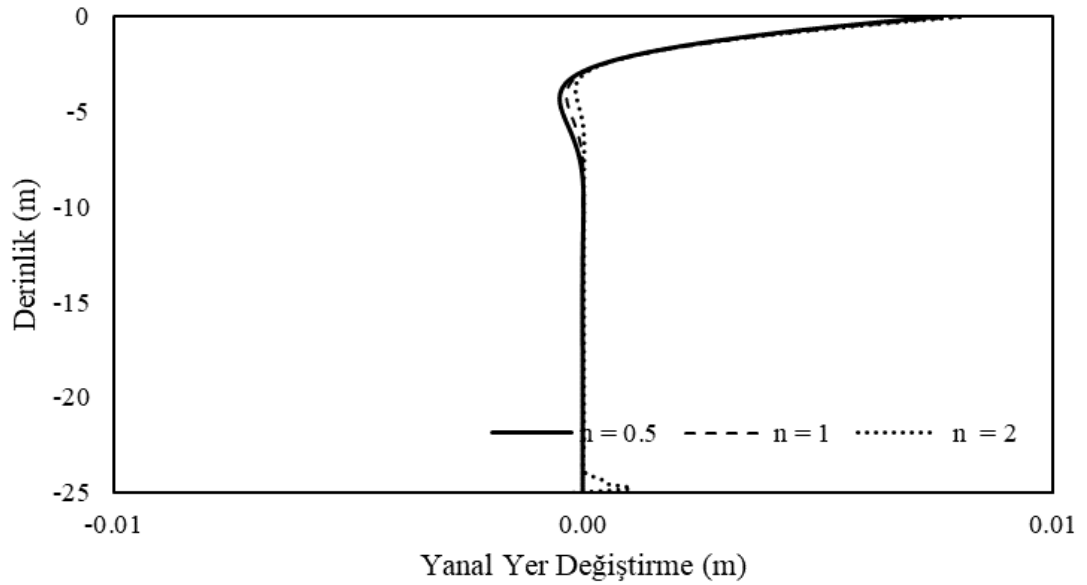
Şekil 15. Serbest uclu kazık için elde edilen yer değiştirme değerlerinin karşılaştırılması
($L = 25$, $N_h = 30$)



Şekil 16. Serbest uclu kazık için elde edilen yer değiştirme değerlerinin karşılaştırılması
($L = 25$, $N_h = 50$)

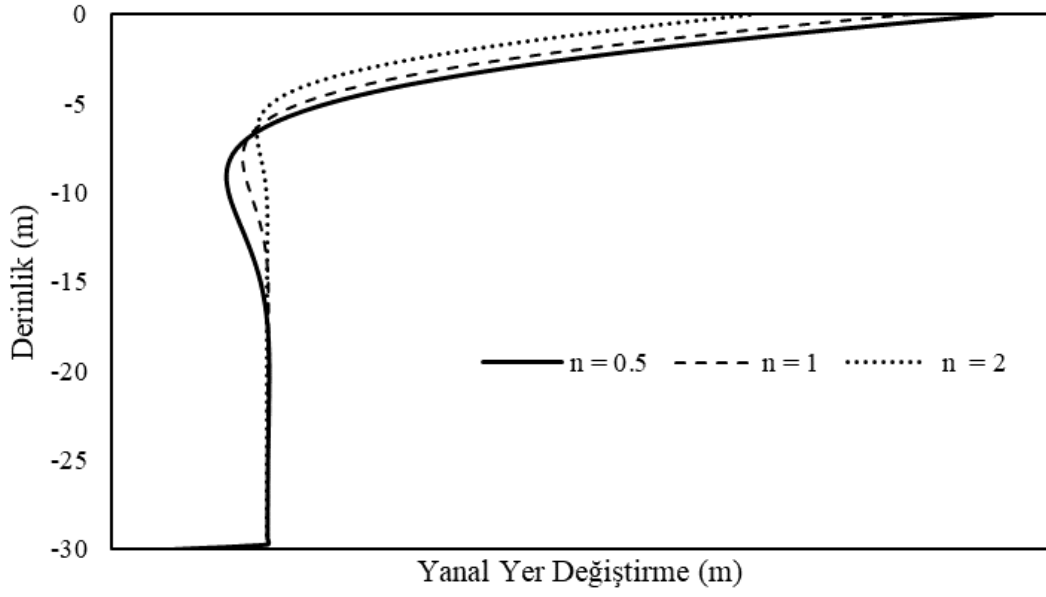


Şekil 17. Serbest uclu kazık için elde edilen yer değıştirme değeri nin karşılaştırılması
(L = 25, Nh = 60)

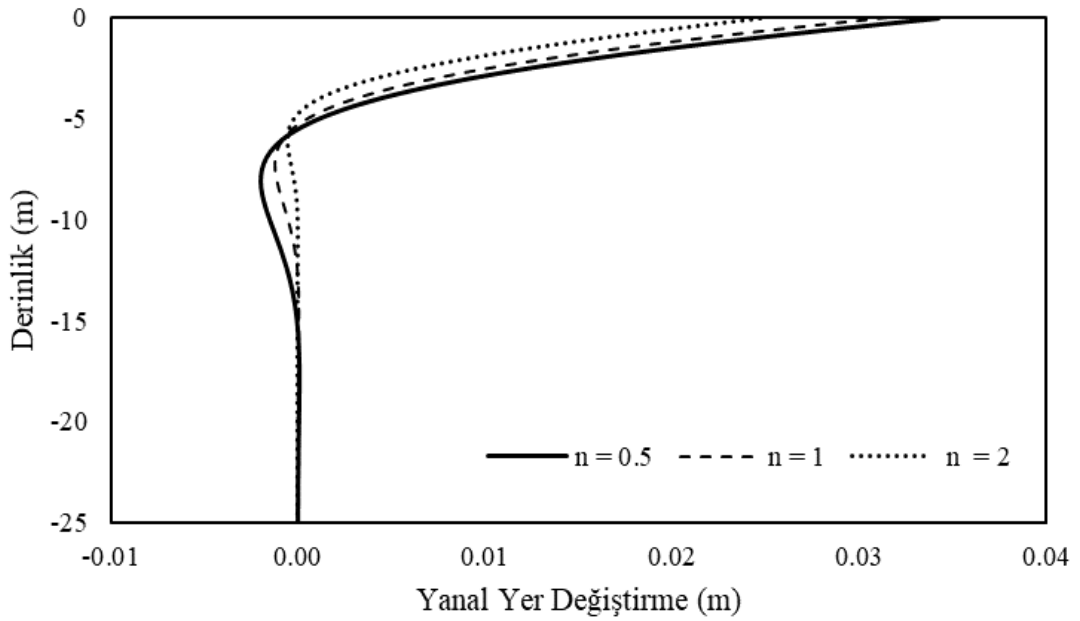


Şekil 18. Serbest uclu kazık için elde edilen yer değıştirme değeri nin karşılaştırılması
(L = 25, Nh = 70)

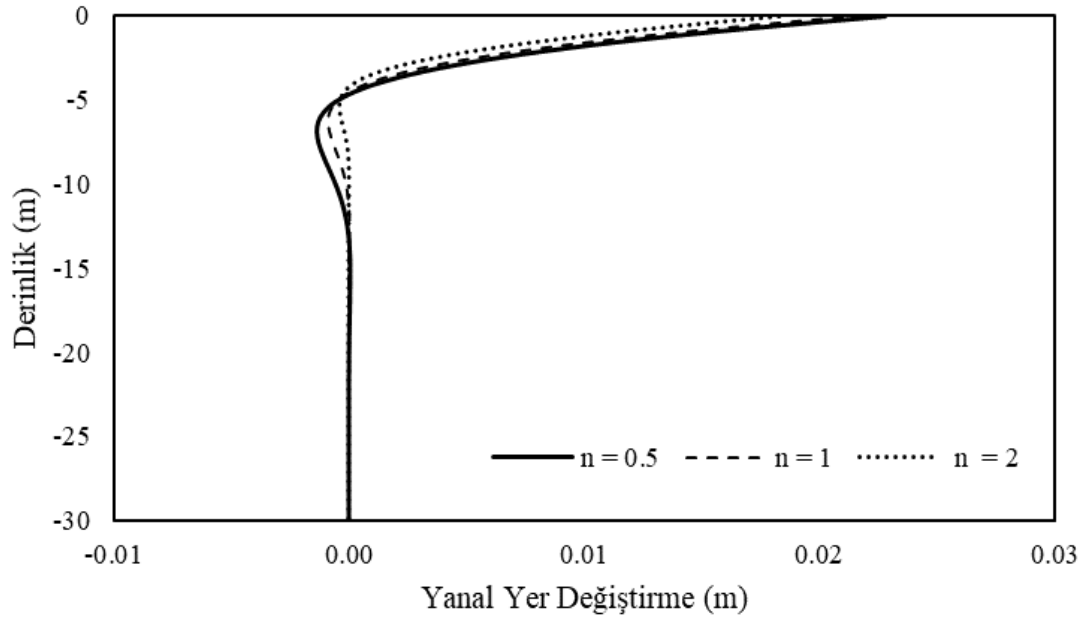
Şekil (9-18) incelendiğinde L= 25 metre bir kazık için ele alınan tüm Nh değerlerinde n= 0.5 parametresine ait yer değıştirmeleri değeri (n=1 ve n= 2) parametresine göre büyük olduğu görülmektedir , n=2 durumunda ise yer değıştirmeler en küçük değeri almaktadır. Benzer şekilde n= 0.5 değeri için eğrilerden eğim değışmi daha belirgindir. Nh değeri arttıkça n parametresine etkisi de azaldığı sonucuna varılmıştır.



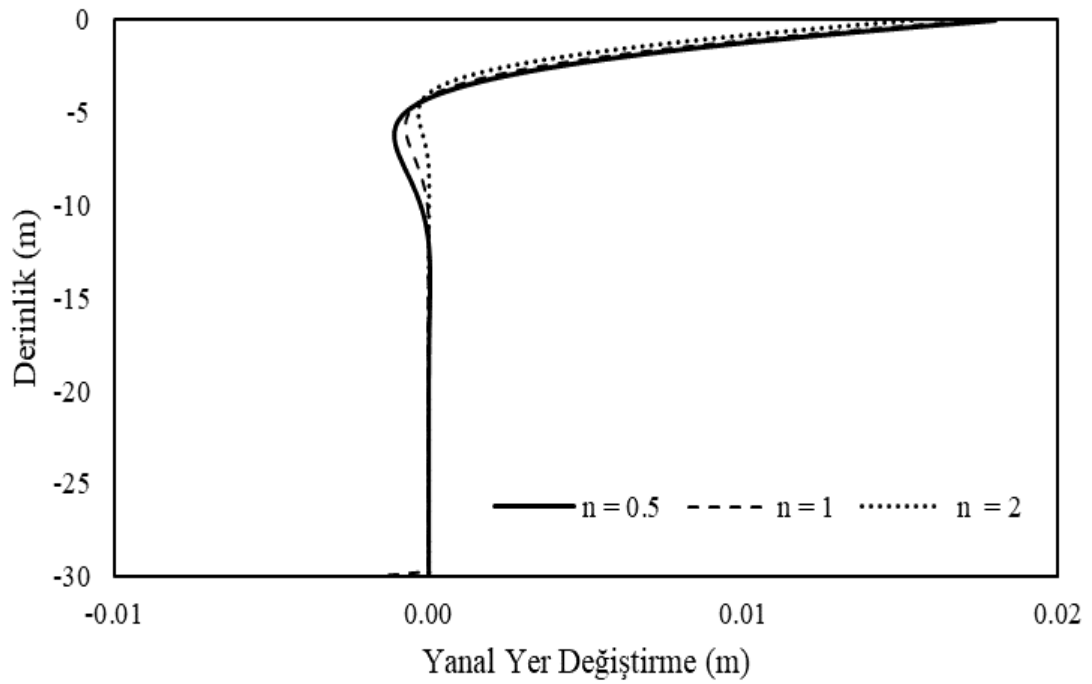
Şekil 19. Serbest uclu kazık için elde edilen yer değiştirme değerlerinin karşılaştırılması
($L = 30$, $N_h = 3$)



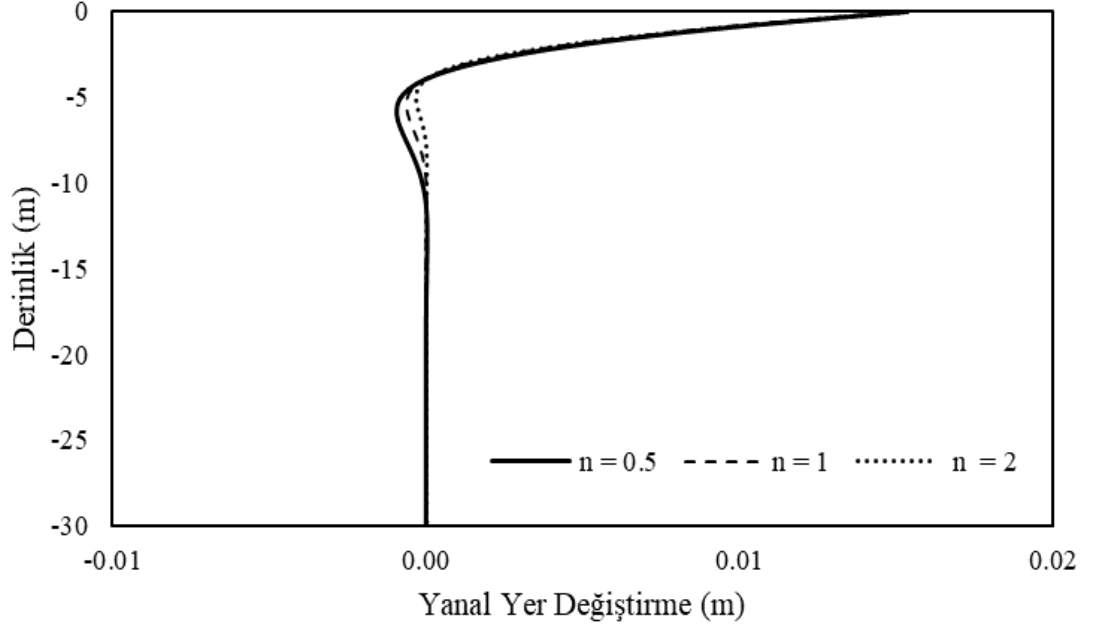
Şekil 20. Serbest uclu kazık için elde edilen yer değiştirme değerlerinin karşılaştırılması
($L = 30$, $N_h = 5$)



Şekil 21. Serbest uclu kazık için elde edilen yer değiştirme değerlerinin karşılaştırılması
($L = 30$, $N_h = 10$)

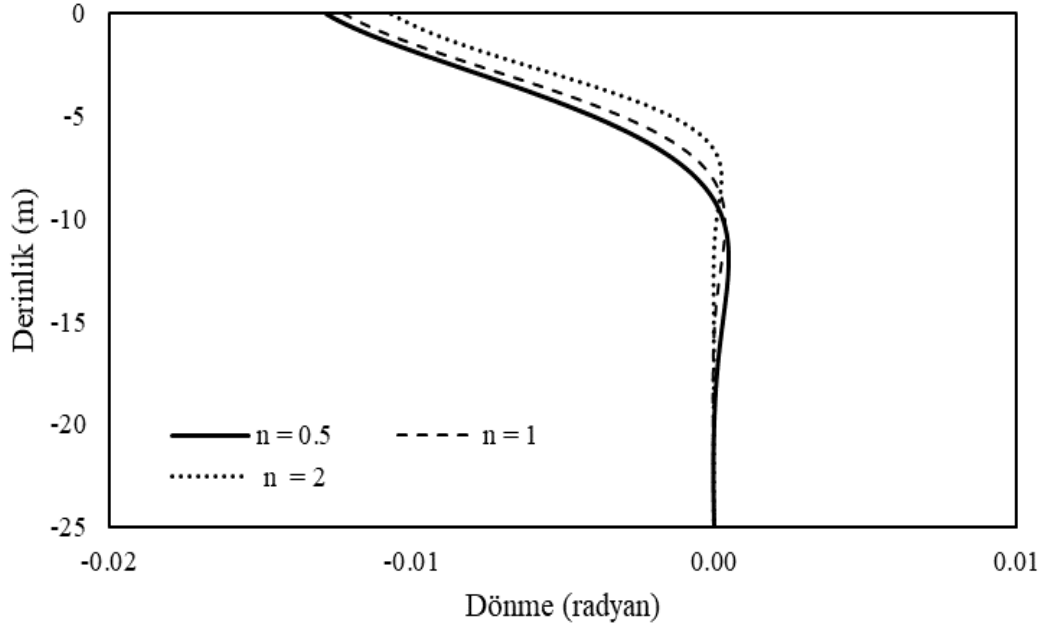


Şekil 22. Serbest uclu kazık için elde edilen yer değiştirme değerlerinin karşılaştırılması
($L = 30$, $N_h = 15$)

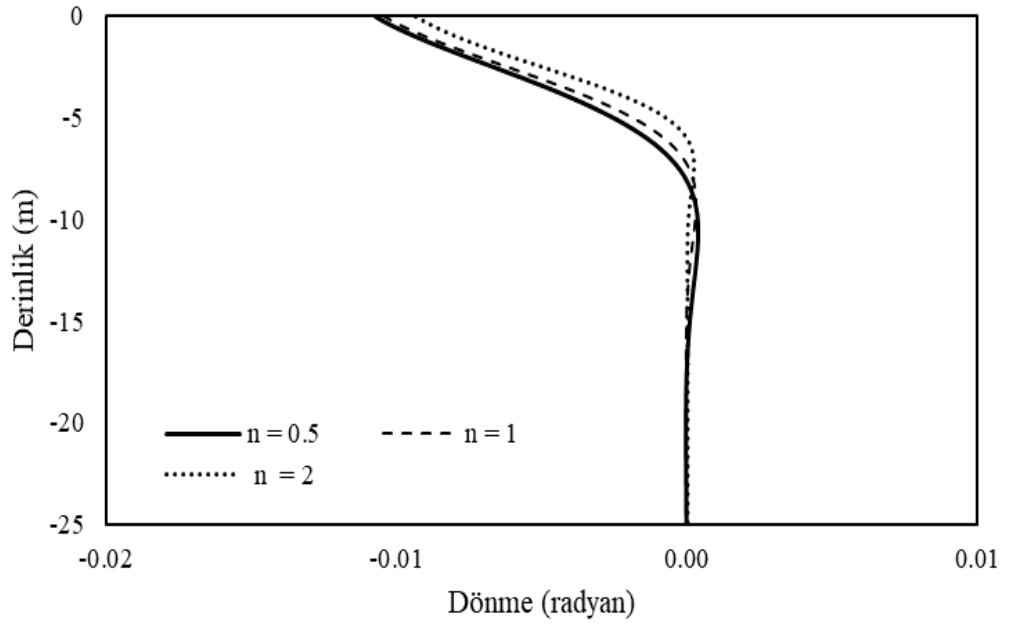


Şekil 23. Serbest uclu kazık için elde edilen yer değiştirme değerlerinin karşılaştırılması
($L = 30$, $N_h = 20$)

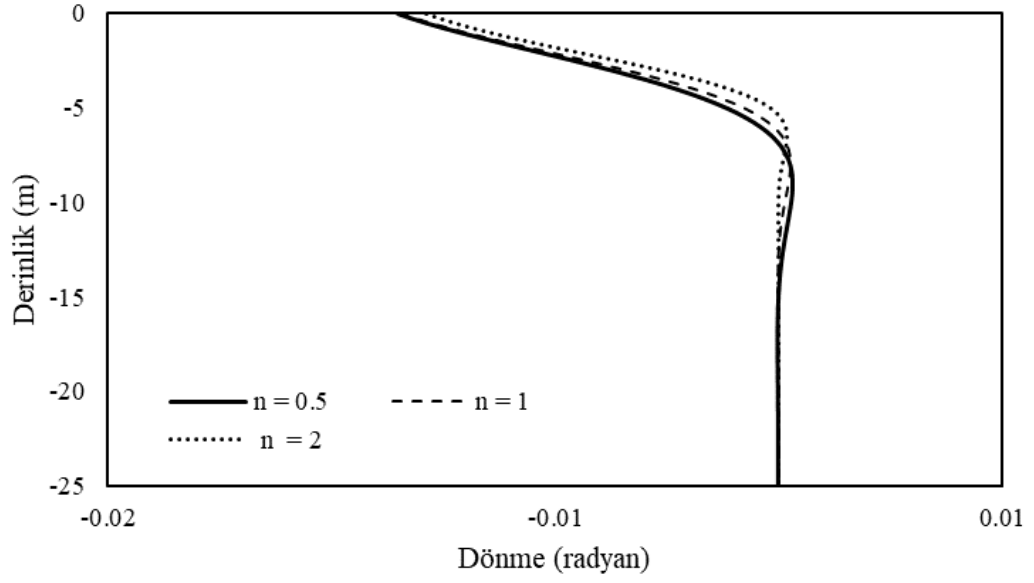
Şekil (19-23) $L = 30$ m için elde edilen , yanal yer değiştirme sonuclar incelediğinde daha önce $L = 25$ m için yapılan yorumların aynı geçerli olduğu görülmektedir.



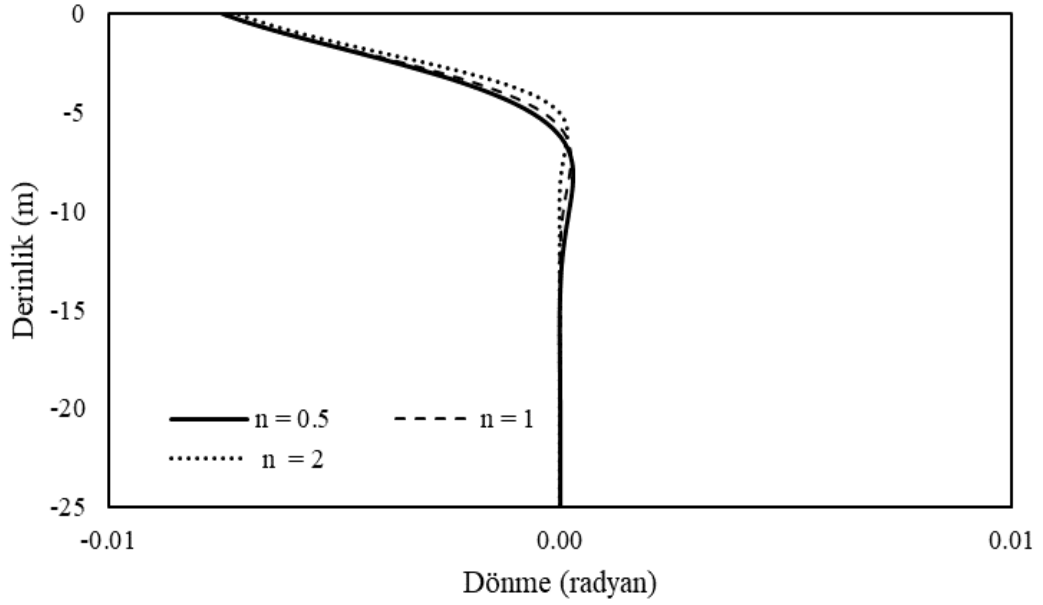
Şekil 24. Serbest uclu kazık için elde edilen dönme değerlerinin karşılaştırılması
($L = 25$, $N_h = 3$)



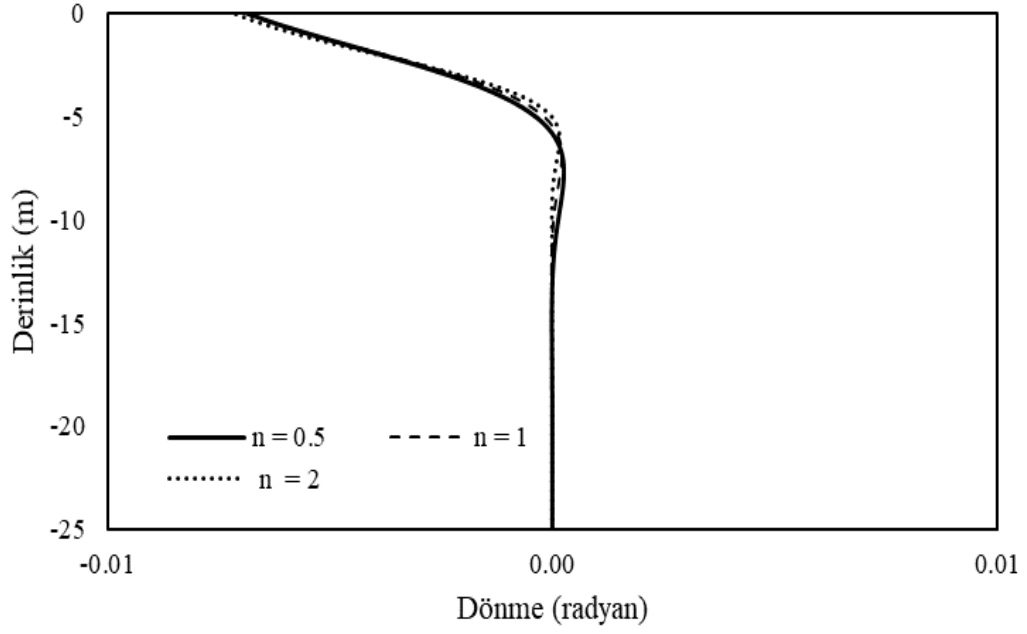
Şekil 25. Serbest uclu kazık için elde edilen dönme değerlerinin Karşılaştırılması
($L = 25$, $N_h = 5$)



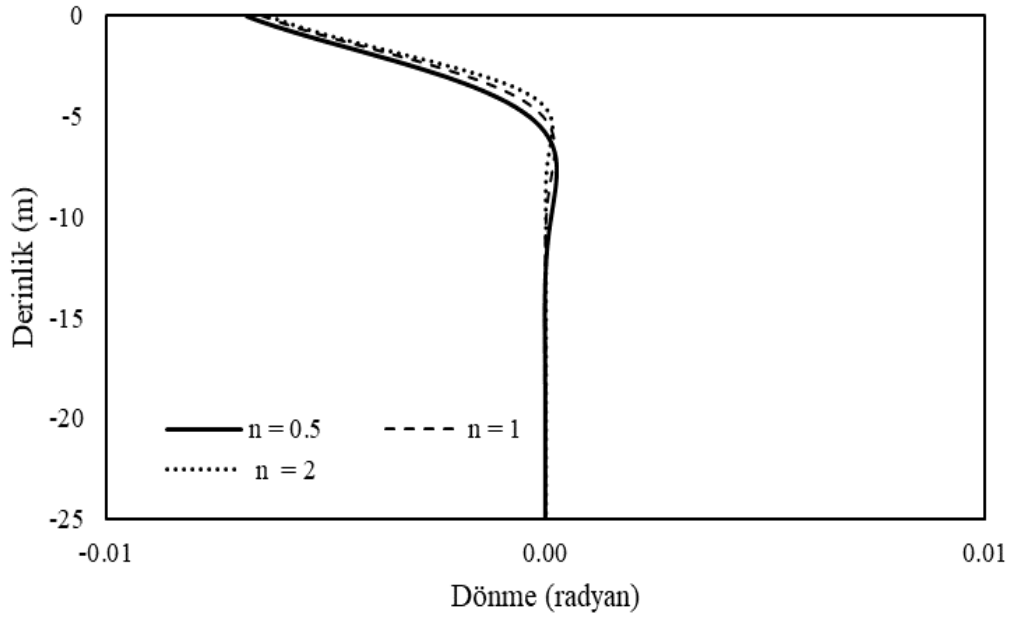
Şekil 26. Serbest uclu kazık için elde edilen dönme değerlerinin karşılaştırılması
($L = 25$, $N_h = 10$)



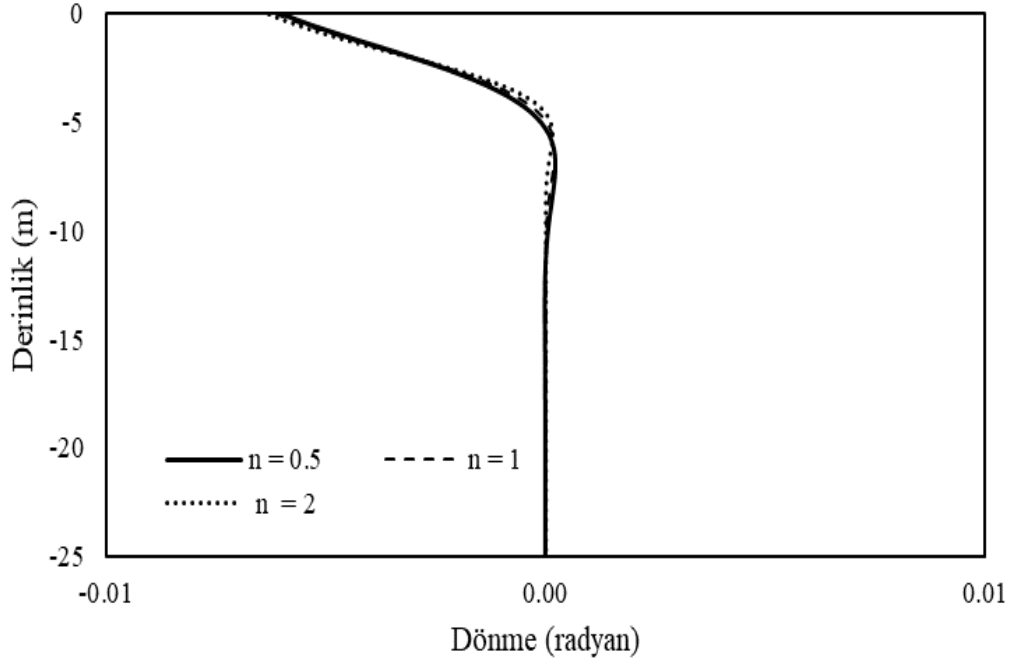
Şekil 27. Serbest uclu kazık için elde edilen dönme değerlerinin karşılaştırılması
($L = 25$, $N_h = 15$)



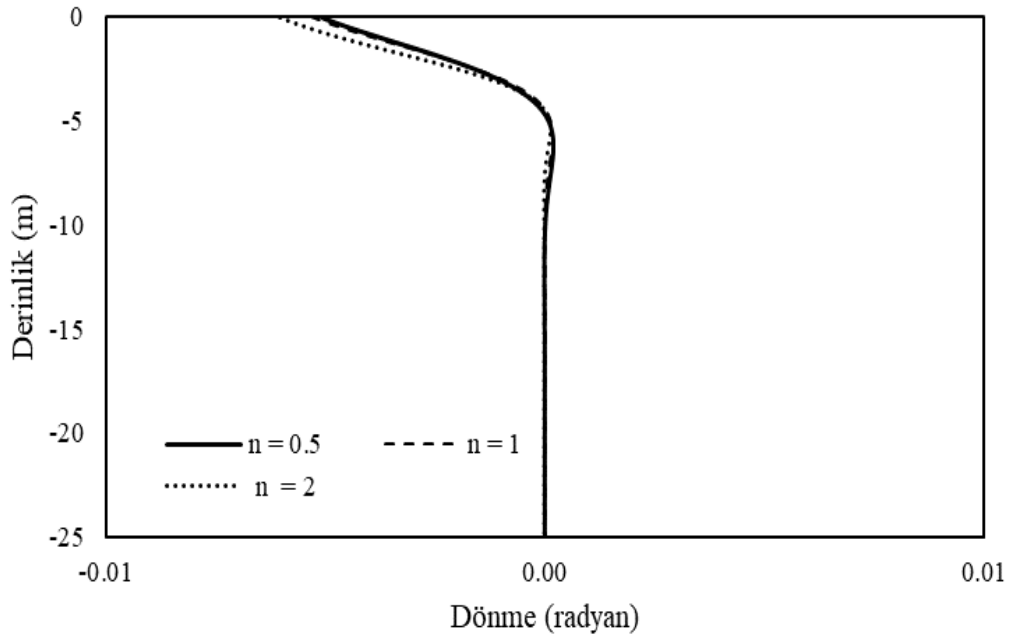
Şekil 28. Serbest uclu kazık için elde edilen dönme değerlerinin karşılaştırılması
($L = 25$, $N_h = 20$)



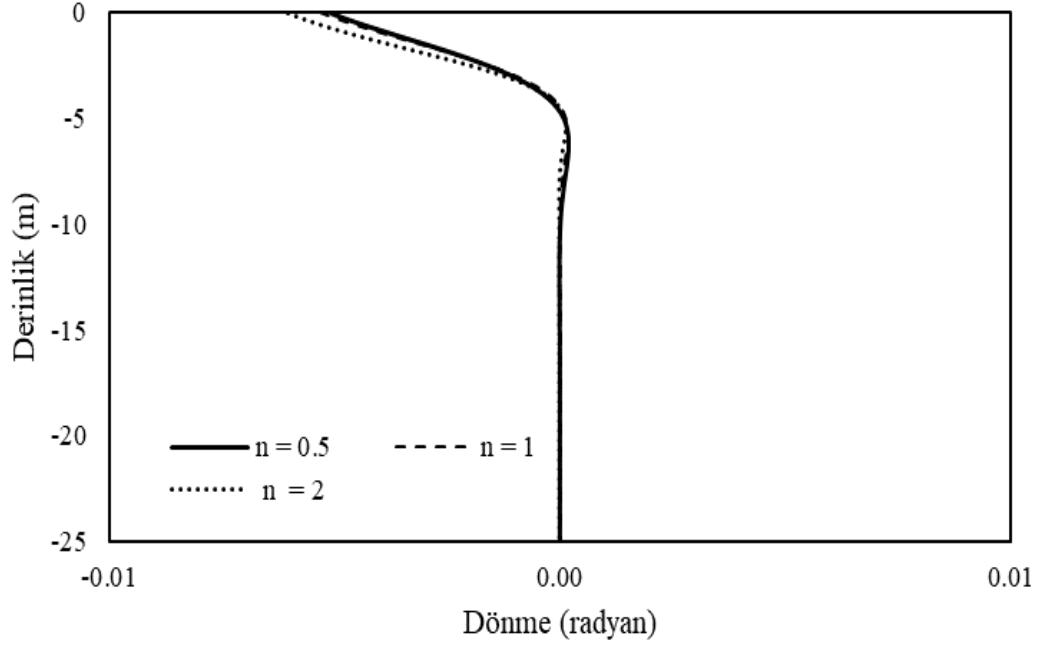
Şekil 29. Serbest uclu kazık için elde edilen dönme değerlerinin karşılaştırılması
($L = 25$, $N_h = 25$)



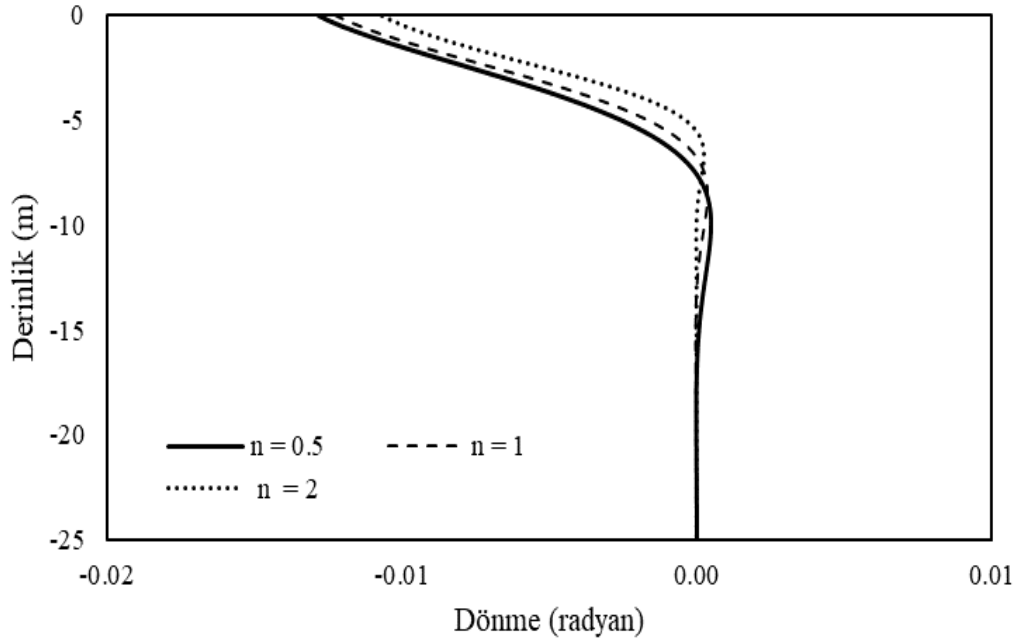
Şekil 30. Serbest uclu kazık için elde edilen dönme değerlerinin karşılaştırılması
 ($L = 25$, $N_h = 30$)



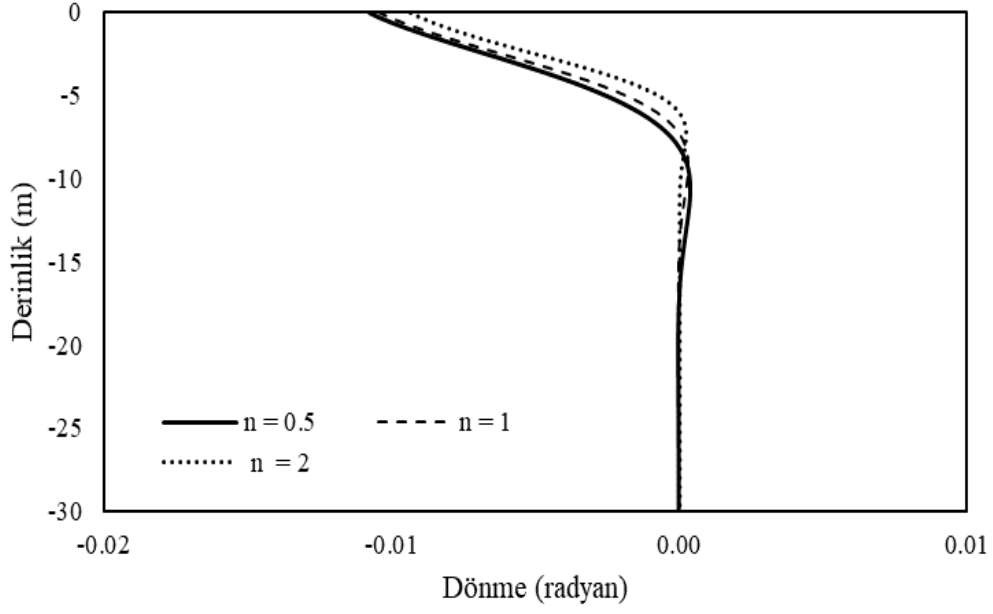
Şekil 31. Serbest uclu kazık için elde edilen dönme değerlerinin karşılaştırılması
 ($L = 25$, $N_h = 50$)



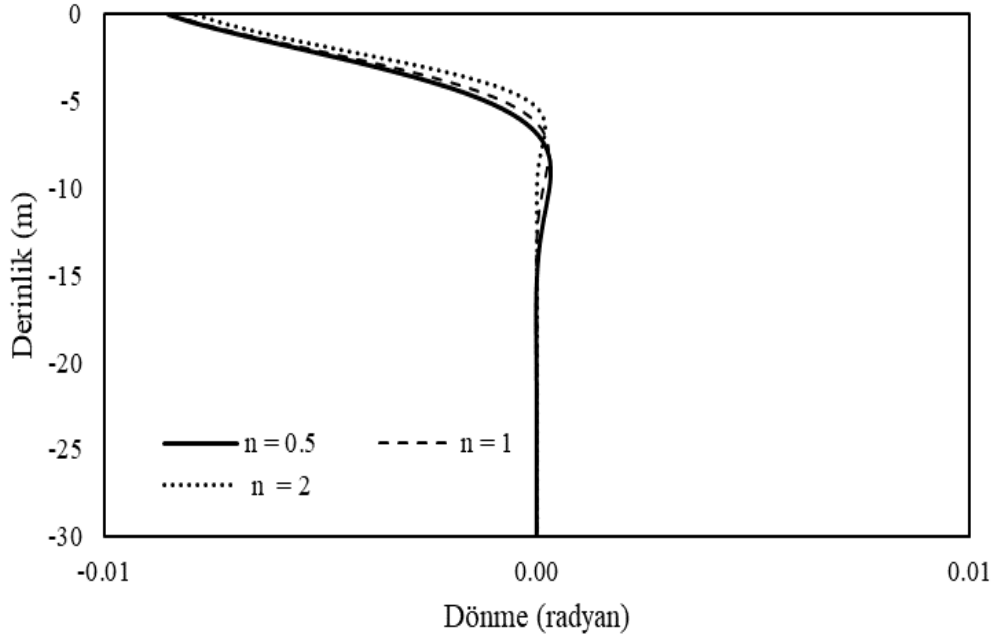
Şekil 32. Serbest uclu kazık için elde edilen dönme değerlerinin karşılaştırılması
 ($L = 25$, $N_h = 60$)



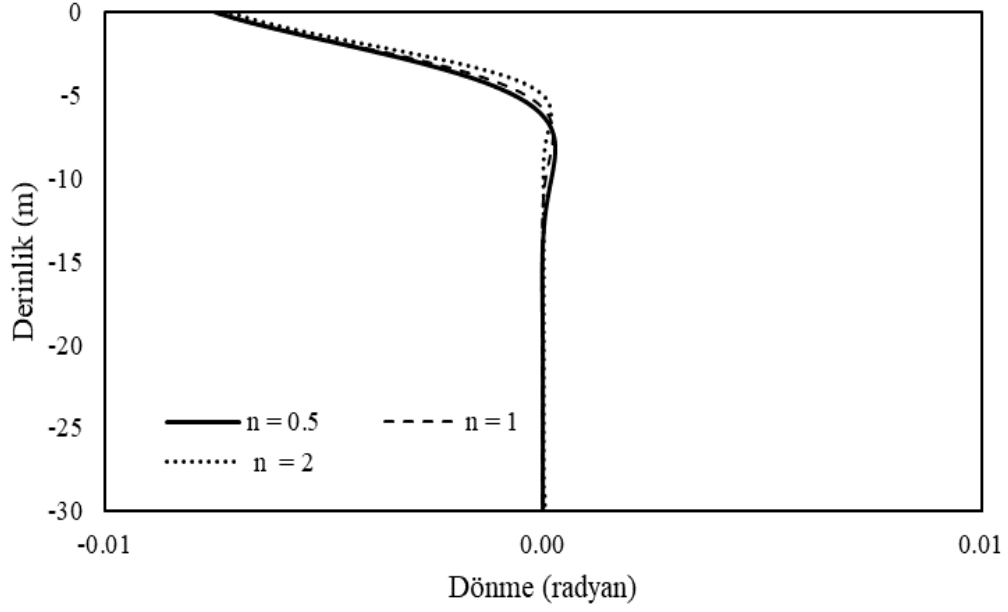
Şekil 33. Serbest uclu kazık için elde edilen dönme değerlerinin karşılaştırılması
 ($L = 25$, $N_h = 70$)



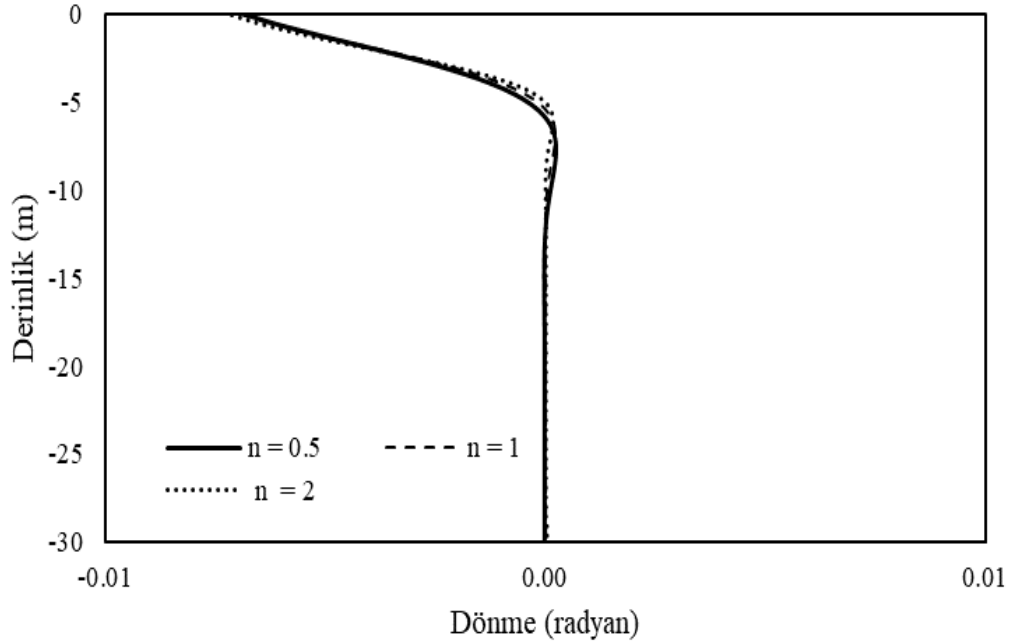
Şekil 34. Serbest uclu kazık için elde edilen dönme değerlerinin karşılaştırılması
 ($L = 30$, $N_h = 5$)



Şekil 35. Serbest uclu kazık için elde edilen dönme değerlerinin karşılaştırılması
 ($L = 30$, $N_h = 10$)

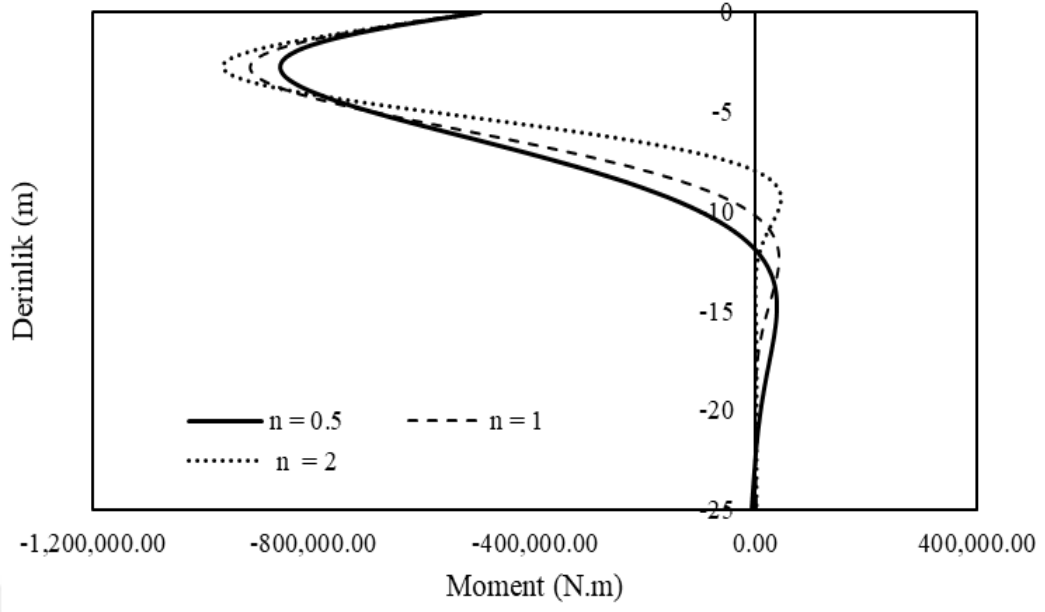


Şekil 36. Serbest uclu kazık için elde edilen dönme değerlerinin Karşılaştırılması
(L = 30, Nh =15)

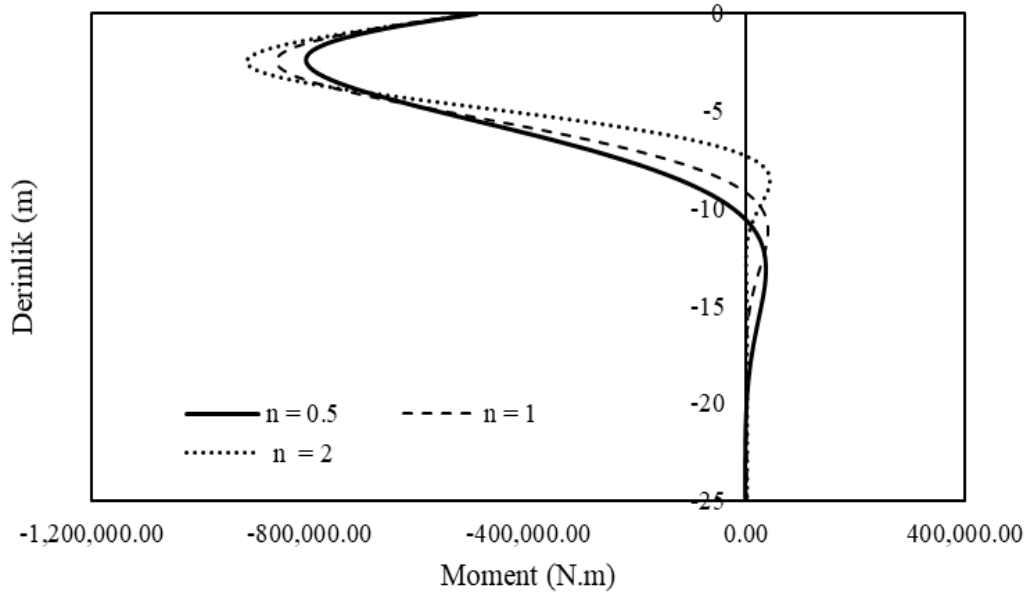


Şekil 37. Serbest uclu kazık için elde edilen dönme değerlerinin karşılaştırılması
(L = 30, Nh =20)

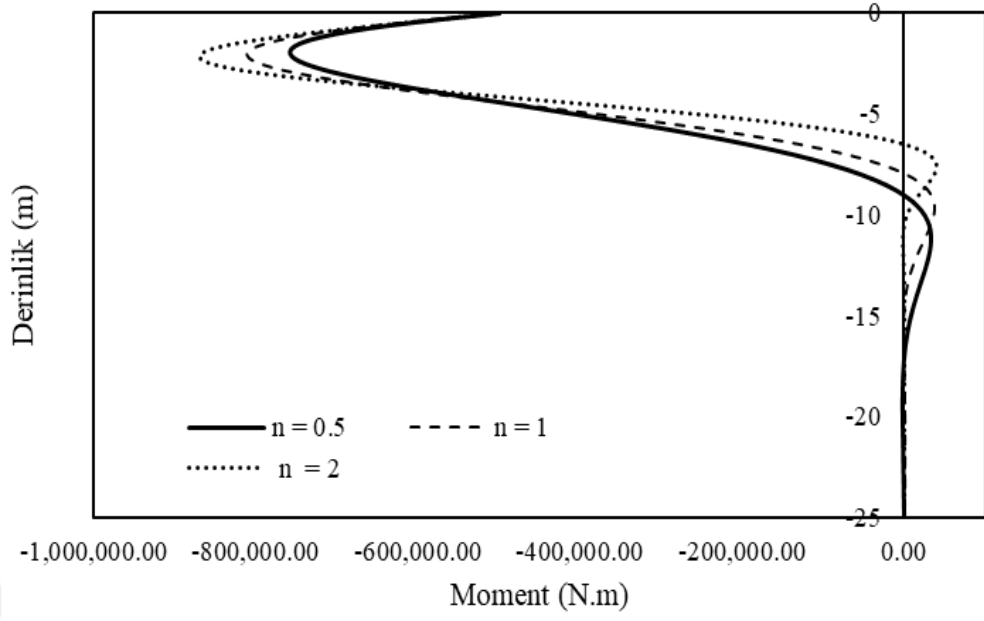
Şekil (24-37)'den de görüldüğü gibi serbest uclu kazıklarda en büyük dönme değerlerin serbest uçta olduğu anlaşılmaktadır. Hem L=25 hem L= 30 metreli kazıklarda n=2 için en küçük dönme değerlerinin elde edildiği orta çıkmıştır. Nh değeri arttıkça n parametresinin dönme değerlerine olan etkisine de azaldığı görülmüştür.



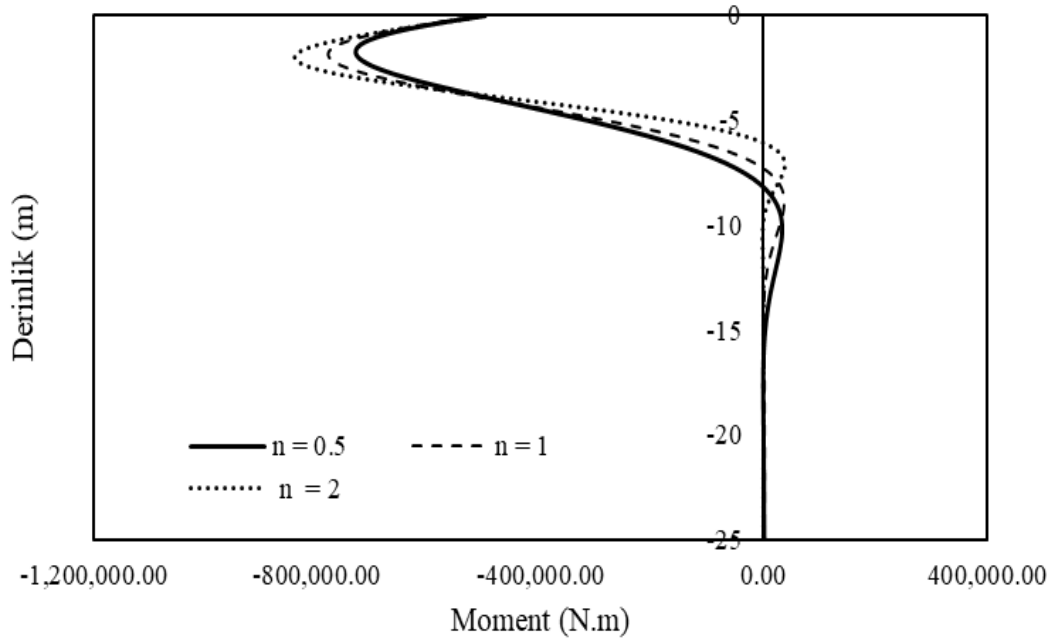
Şekil 38. Serbest uclu kazık için elde edilen moment değerlerinin karşılaştırılması
($L = 25$, $N_h = 3$)



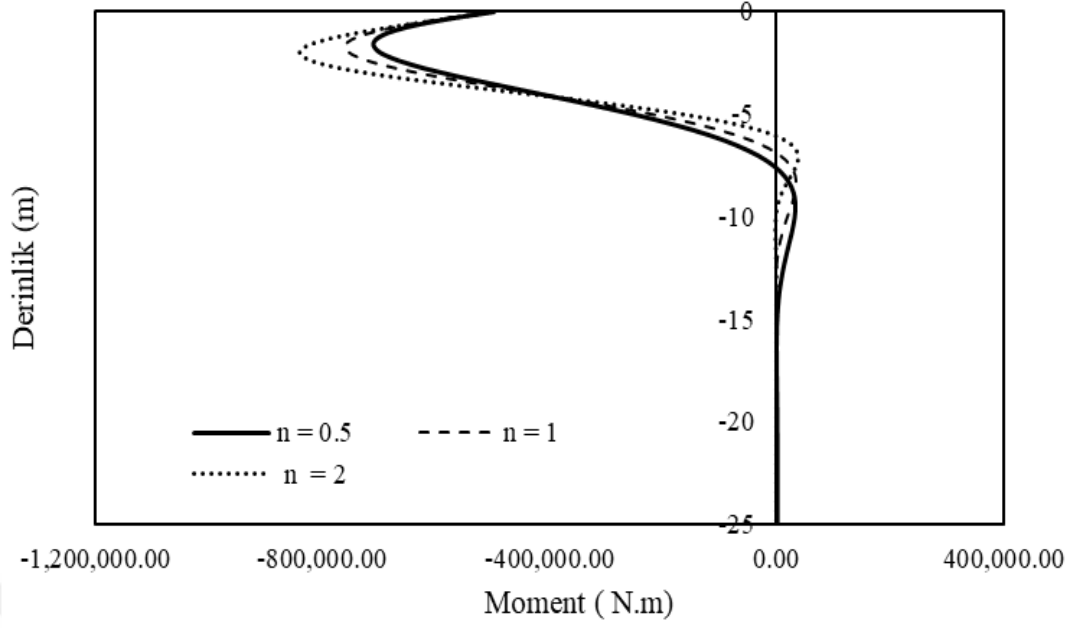
Şekil 39. Serbest uclu kazık için elde edilen moment değerlerinin karşılaştırılması
($L = 25$, $N_h = 5$)



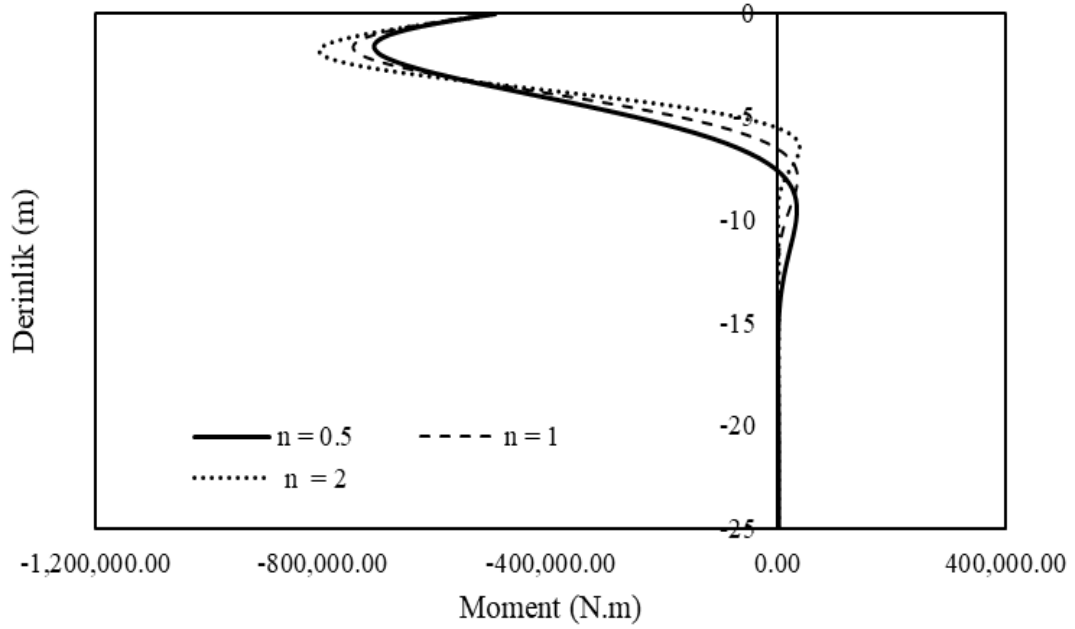
Şekil 40. Serbest uclu kazık için elde edilen moment değerlerinin karşılaştırılması
($L = 25$, $N_h = 10$)



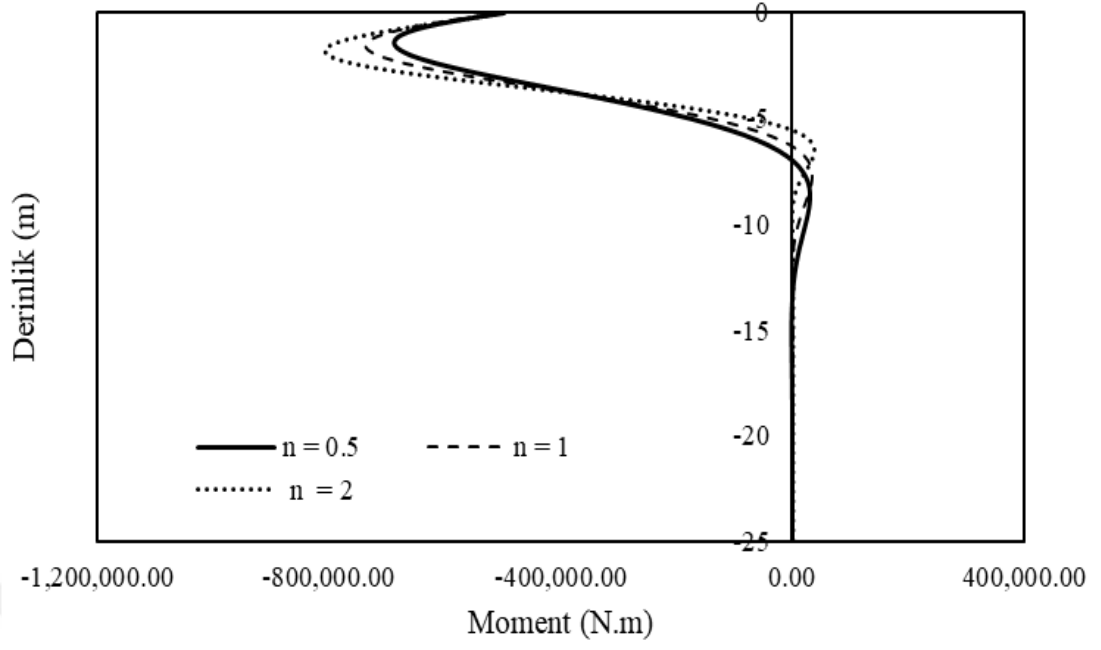
Şekil 41. Serbest uclu kazık için elde edilen moment değerlerinin karşılaştırılması
($L = 25$, $N_h = 15$)



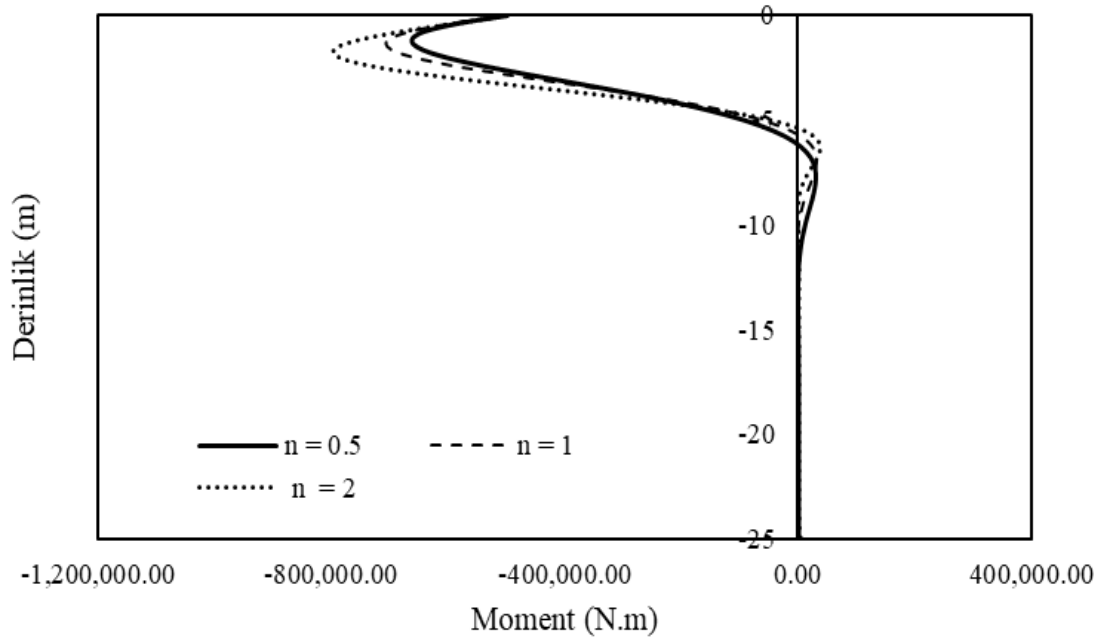
Şekil 42. Serbest uclu kazık için elde edilen moment değerlerinin karşılaştırılması
($L = 25$, $N_h = 20$)



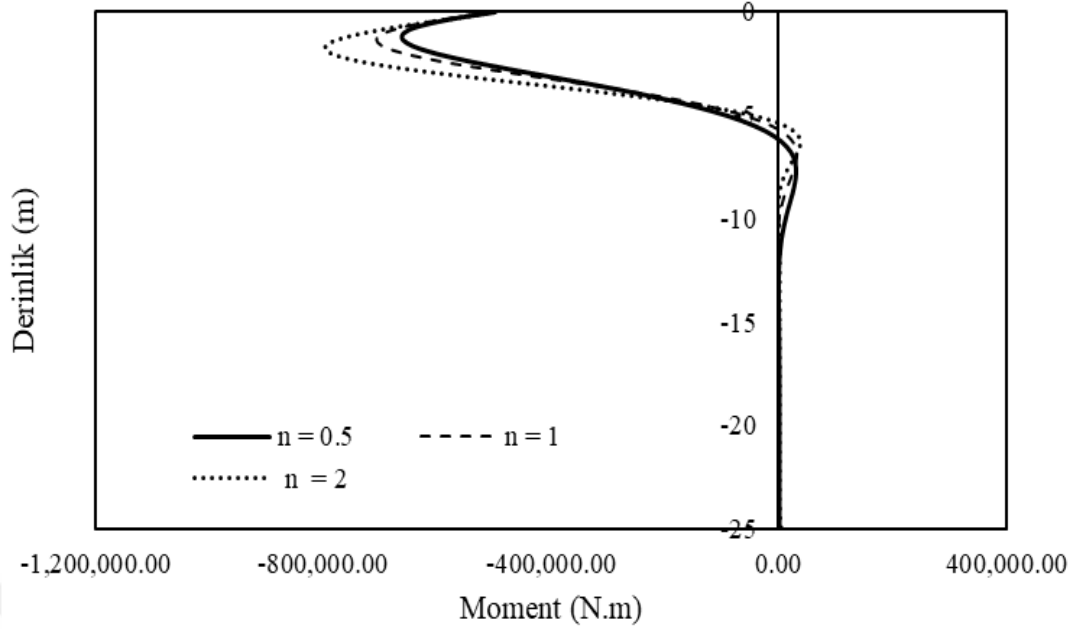
Şekil 43. Serbest uclu kazık için elde edilen moment değerlerinin karşılaştırılması
($L = 25$, $N_h = 25$)



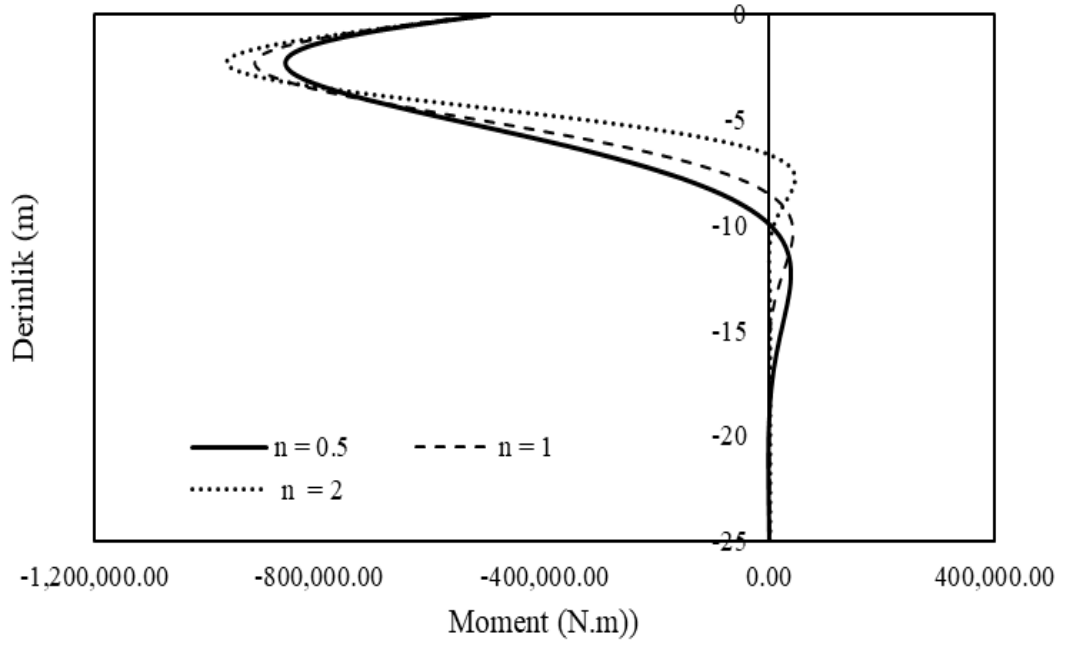
Şekil 44. Serbest uclu kazık için elde edilen moment değerlerinin karşılaştırılması
($L = 25$, $N_h = 30$)



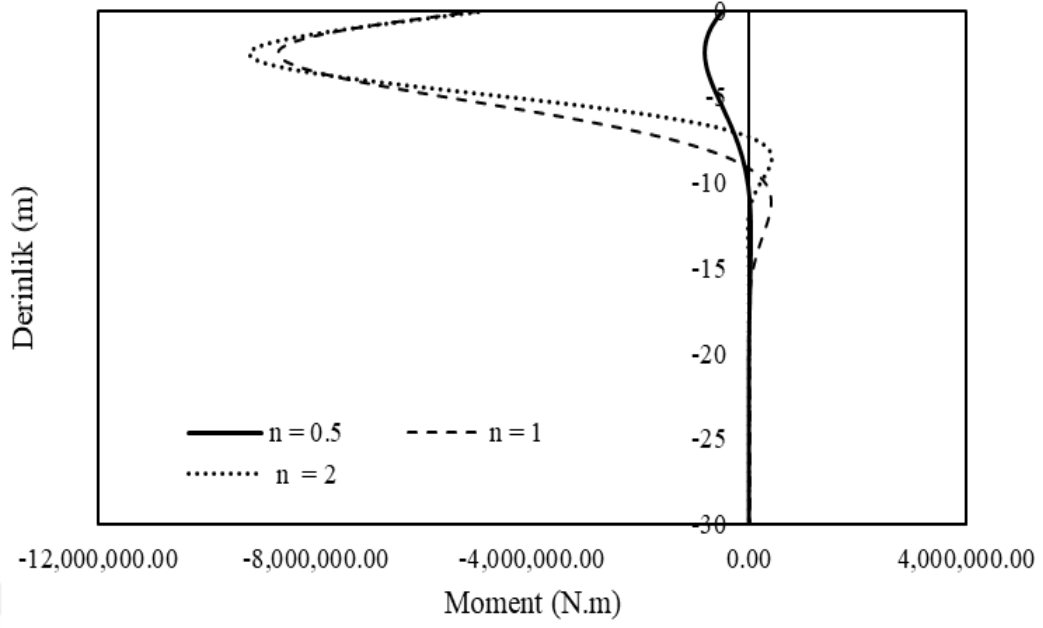
Şekil 45. Serbest uclu kazık için elde edilen moment değerlerinin karşılaştırılması
($L = 25$, $N_h = 50$)



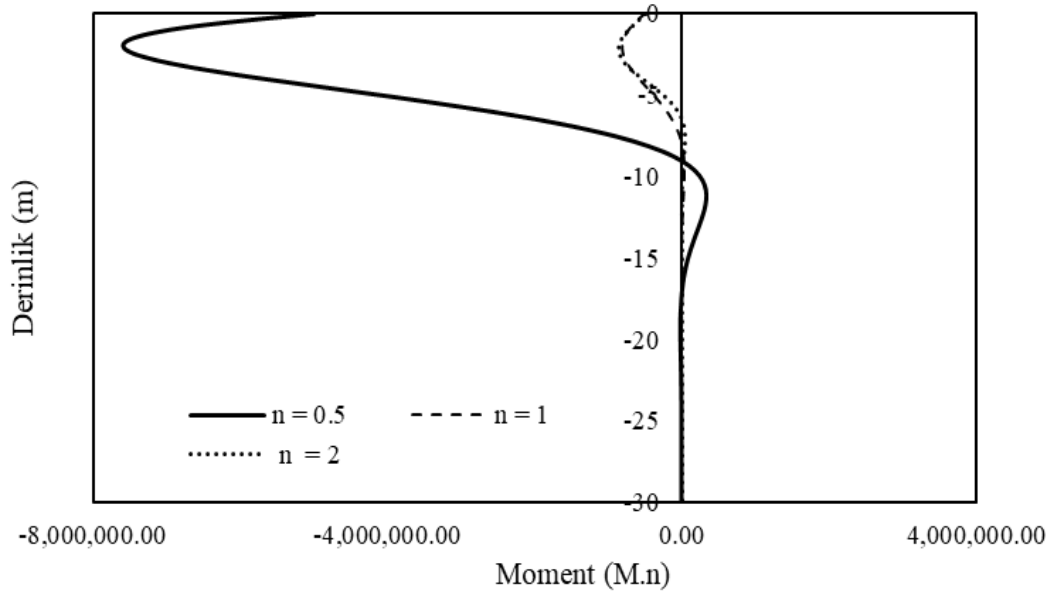
Şekil 46. Serbest uclu kazık için elde edilen moment değerlerinin karşılaştırılması
($L = 25$, $N_h = 60$)



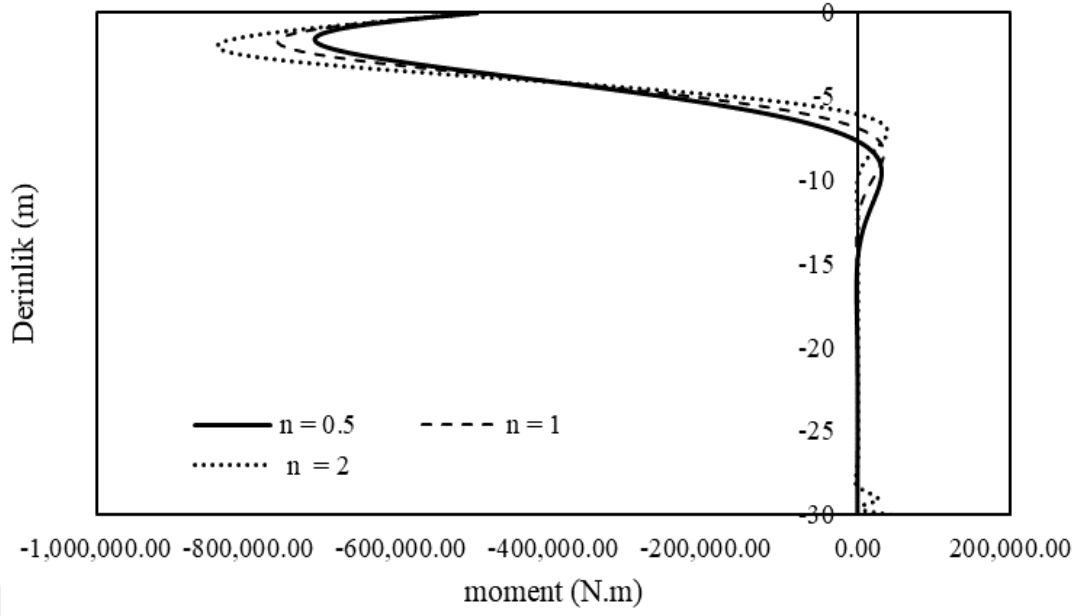
Şekil 47. Serbest uclu kazık için elde edilen moment değerlerinin karşılaştırılması
($L = 25$, $N_h = 70$)



Şekil 48. Serbest uclu kazık için elde edilen moment değerlerinin karşılaştırılması
($L = 30$, $N_h = 5$)

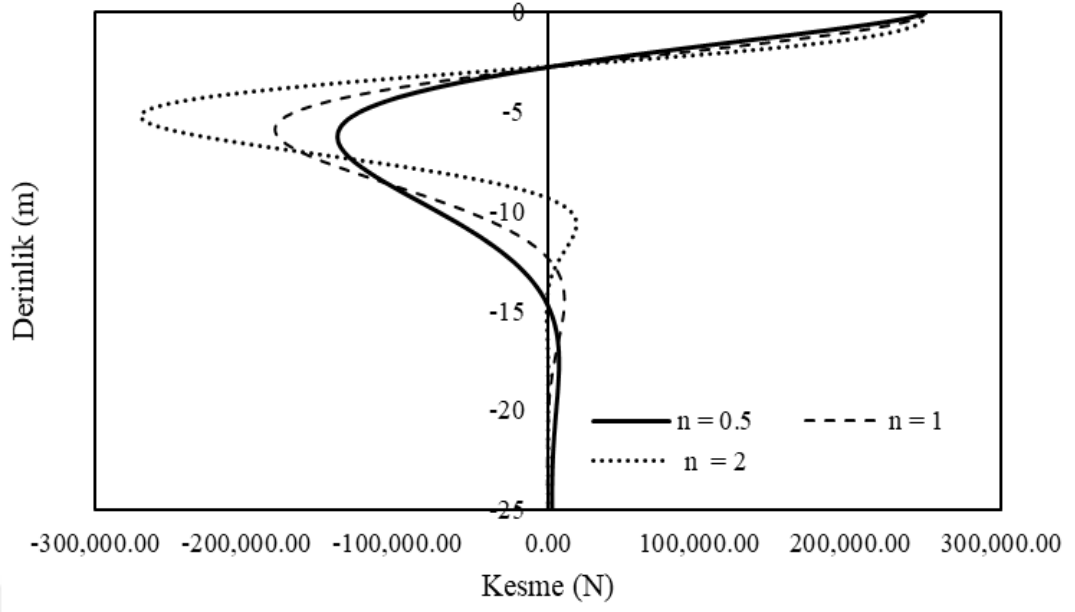


Şekil 49. Serbest uclu kazık için elde edilen moment değerlerinin karşılaştırılması
($L = 30$, $N_h = 10$)

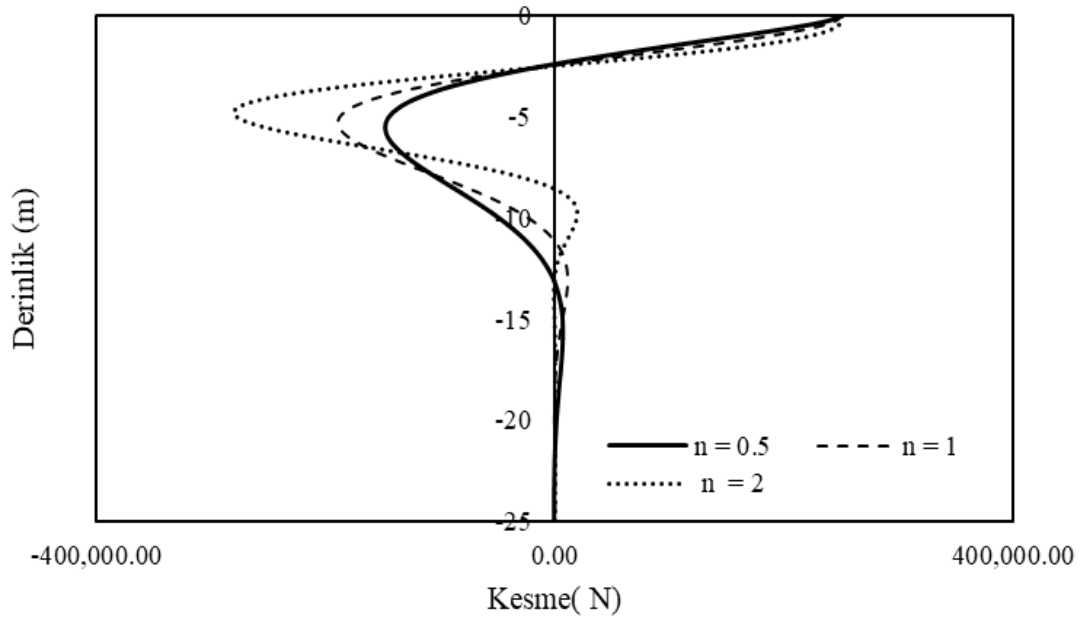


Şekil 50. Serbest uçlu kazık için elde edilen moment değerlerinin karşılaştırılması
($L = 30$, $N_h = 20$)

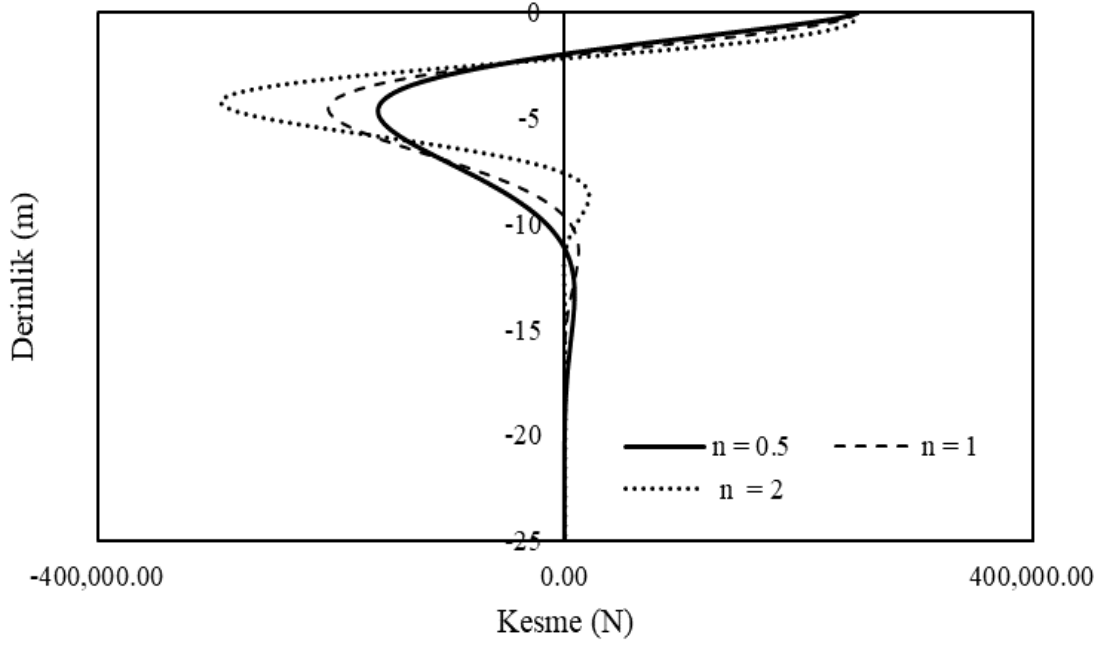
Şekil (24-50)'den de görülebileceği gibi serbest uçlu kazıklarda en yüksek moment değerlerinin serbest uçta olduğu anlaşılmaktadır ve en küçük moment değerlerinin n için elde edildiğine dikkat çekilmektedir. N_h değeri arttıkça n parametresinin moment değerlerine etkisinin azaldığı da gözlenmektedir.



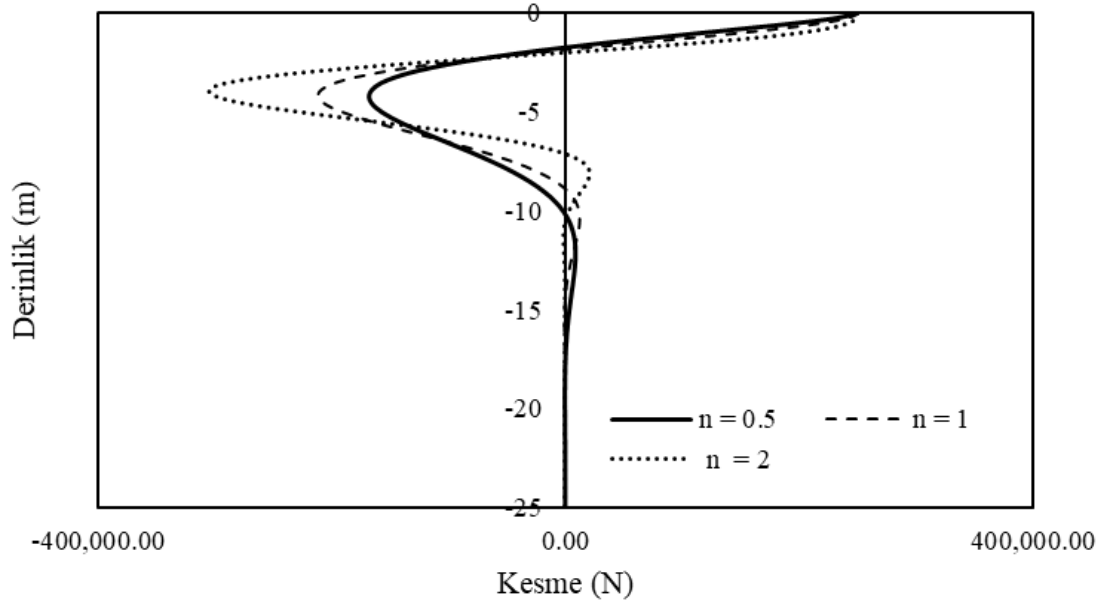
Şekil 51. Serbest uclu kazık için elde edilen kesme değerlerinin karşılaştırılması
($L = 25$, $N_h = 3$)



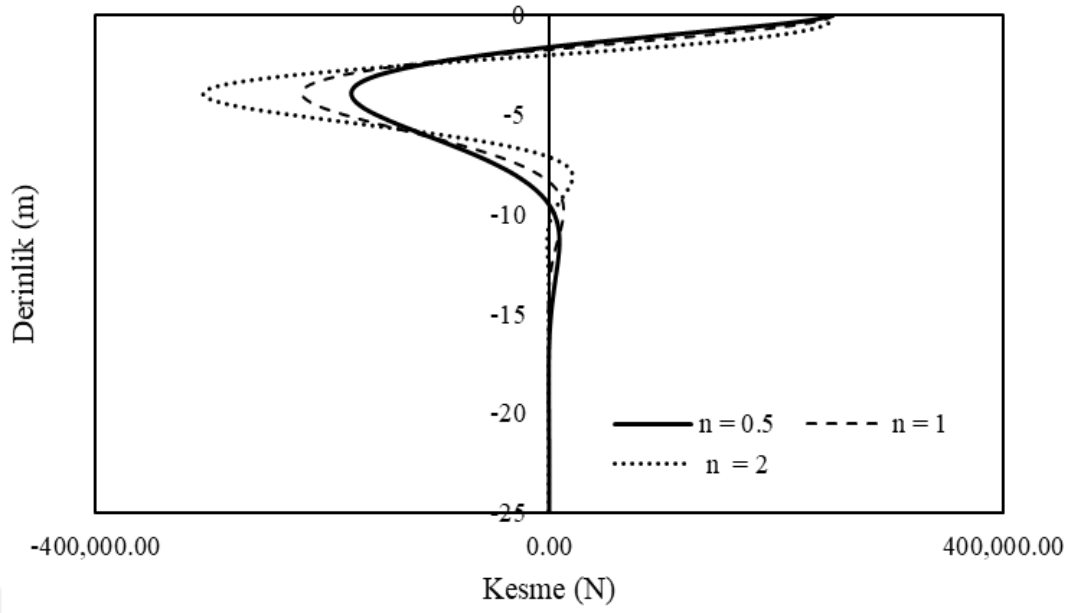
Şekil 52. Serbest uclu kazık için elde edilen kesme değerlerinin karşılaştırılması
($L = 25$, $N_h = 5$)



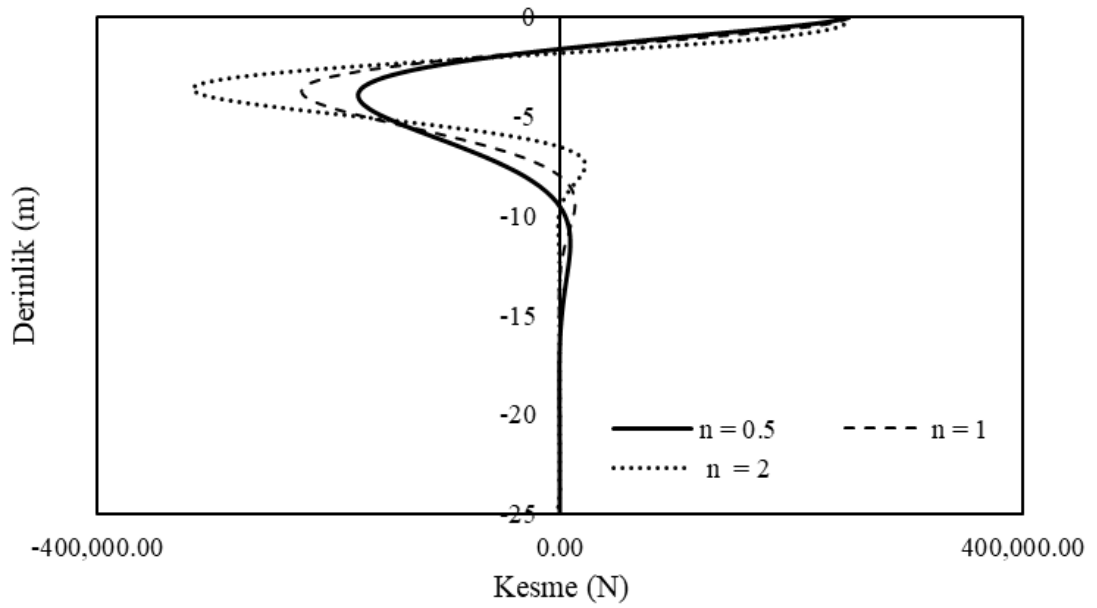
Şekil 53. Serbest uclu kazık için elde edilen kesme değerlerinin karşılaştırılması
($L = 25$, $N_h = 10$)



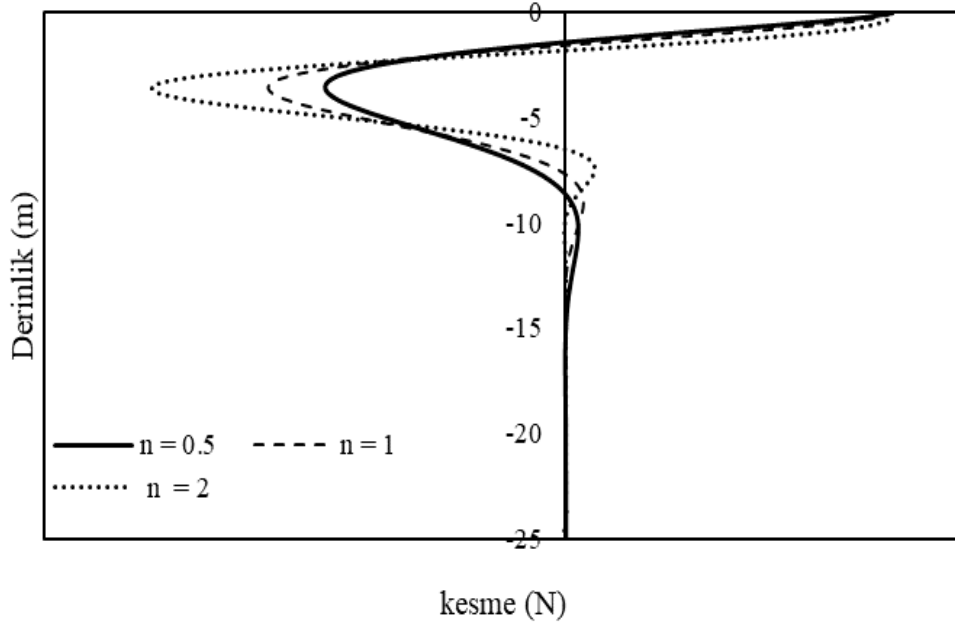
Şekil 54. Serbest uclu kazık için elde edilen kesme değerlerinin karşılaştırılması
($L = 25$, $N_h = 15$)



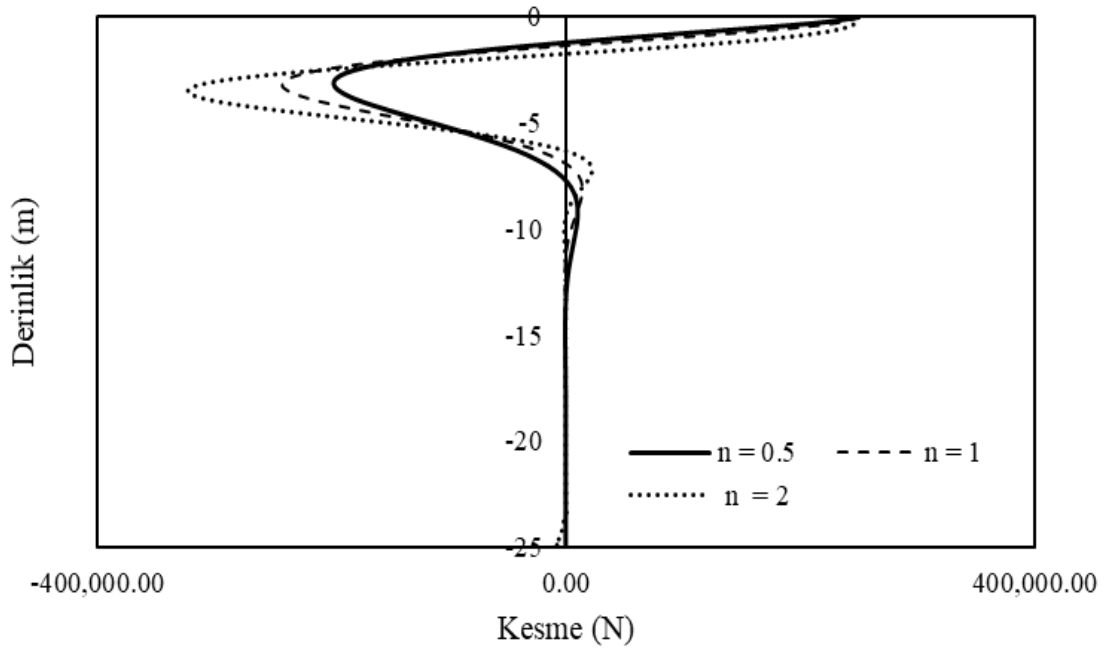
Şekil 55. Serbest uclu kazık için elde edilen kesme değerlerinin karşılaştırılması
($L = 25$, $N_h = 20$)



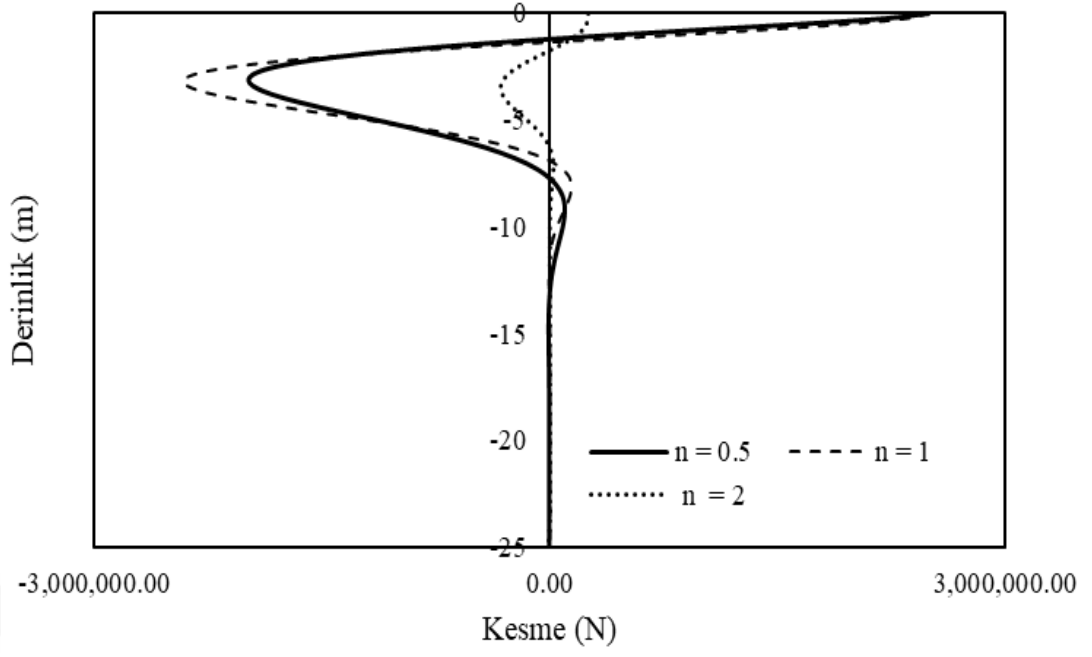
Şekil 56. Serbest uclu kazık için elde edilen kesme değerlerinin karşılaştırılması
($L = 25$, $N_h = 25$)



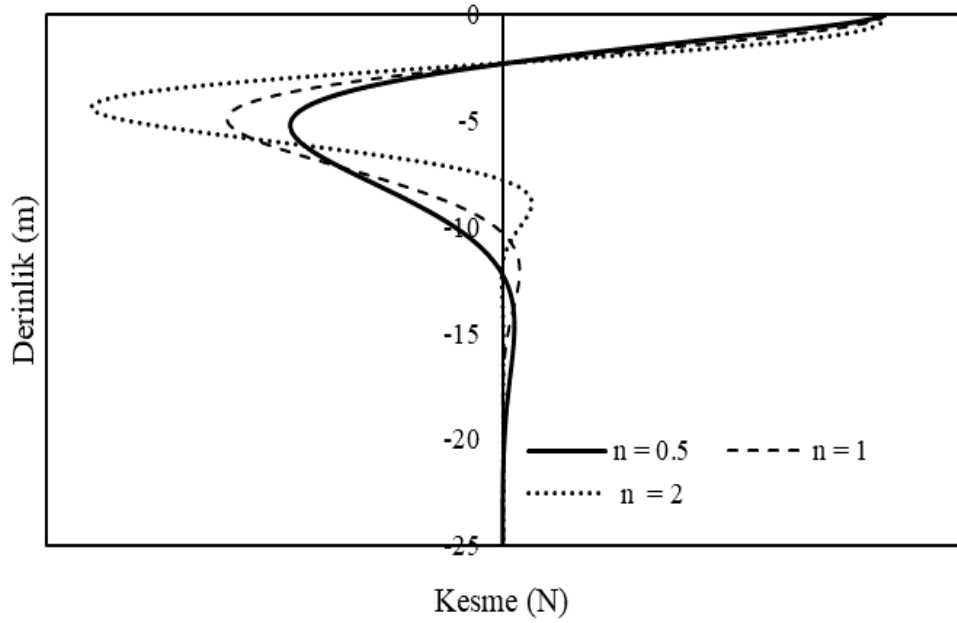
Şekil 57. Serbest uclu kazık için elde edilen kesme değerlerinin karşılaştırılması
 ($L = 25$, $N_h = 30$)



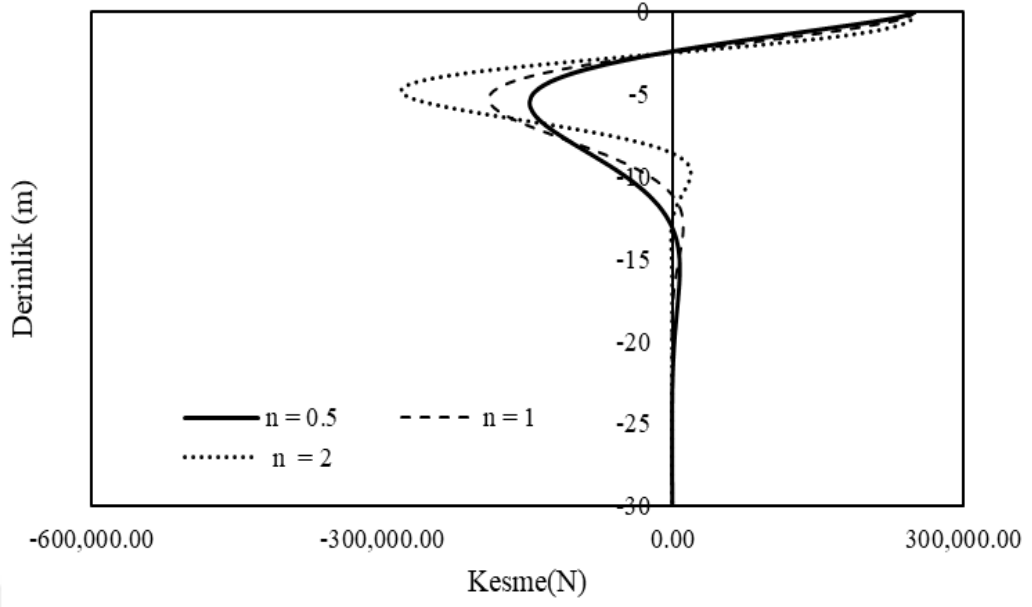
Şekil 58. Serbest uclu kazık için elde edilen kesme değerlerinin karşılaştırılması
 ($L = 25$, $N_h = 50$)



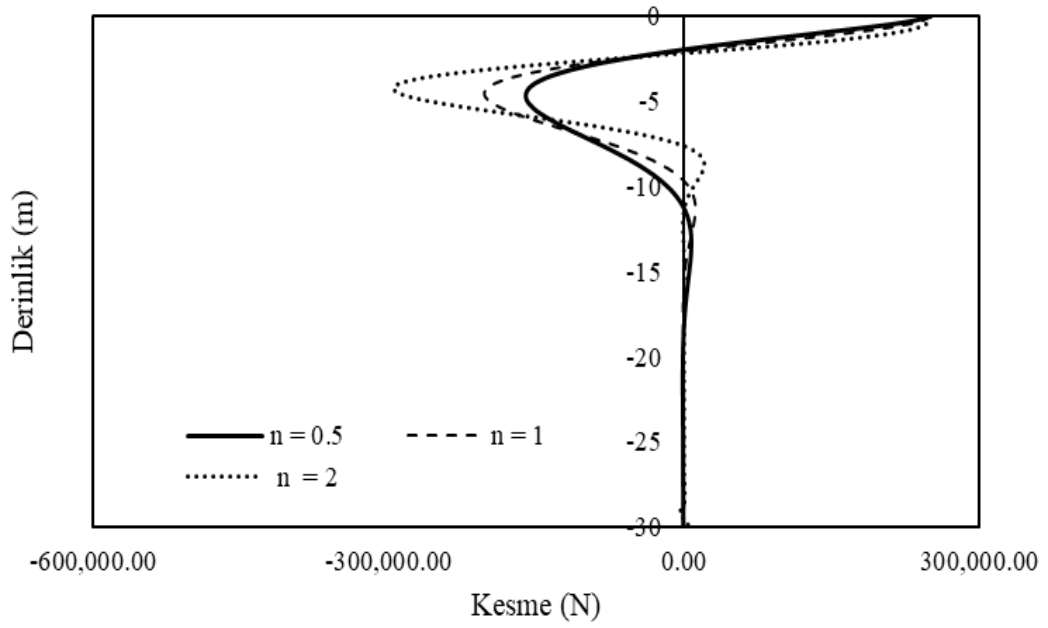
Şekil 59. Serbest uclu kazık için elde edilen kesme değerlerinin karşılaştırılması
($L = 25$, $N_h = 60$)



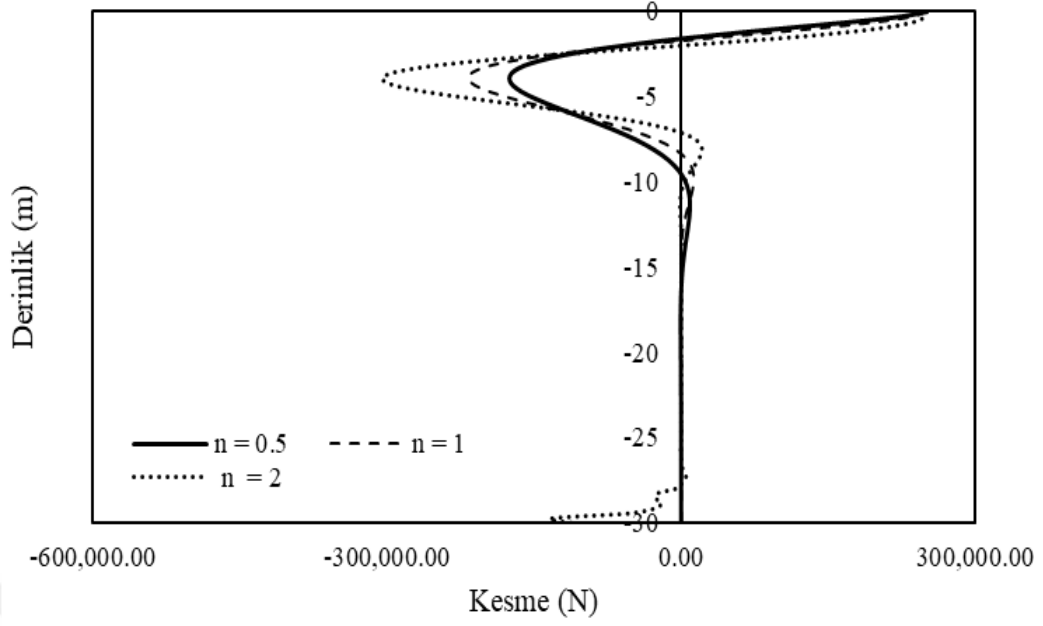
Şekil 60. Serbest uclu kazık için elde edilen kesme değerlerinin karşılaştırılması
($L = 25$, $N_h = 70$)



Şekil 61. Serbest uclu kazık için elde edilen kesme değerlerinin karşılaştırılması
($L = 30$, $N_h = 5$)

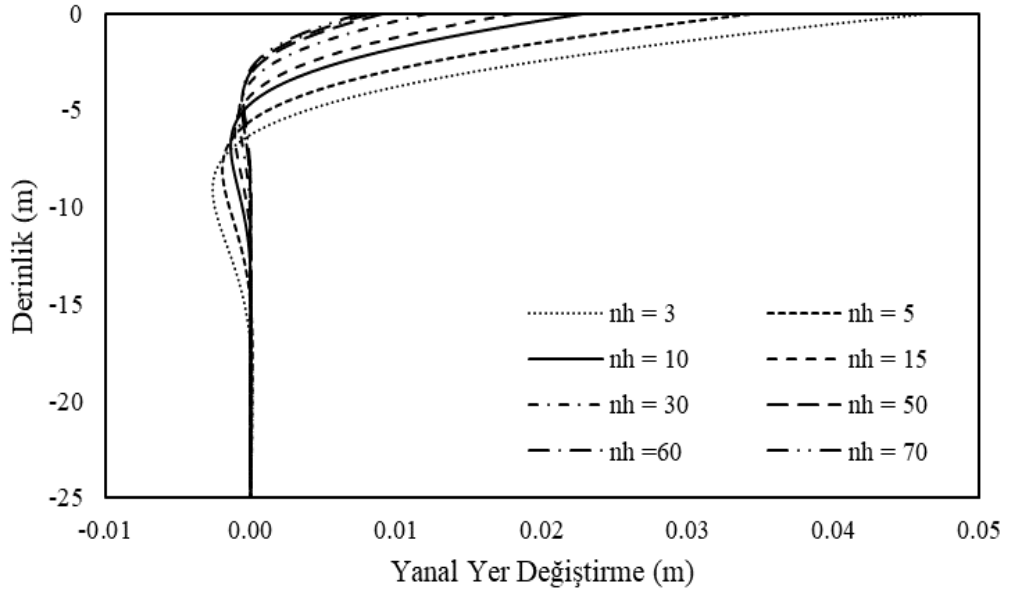


Şekil 62. Serbest uclu kazık için elde edilen kesme değerlerinin karşılaştırılması
($L = 30$, $N_h = 10$)

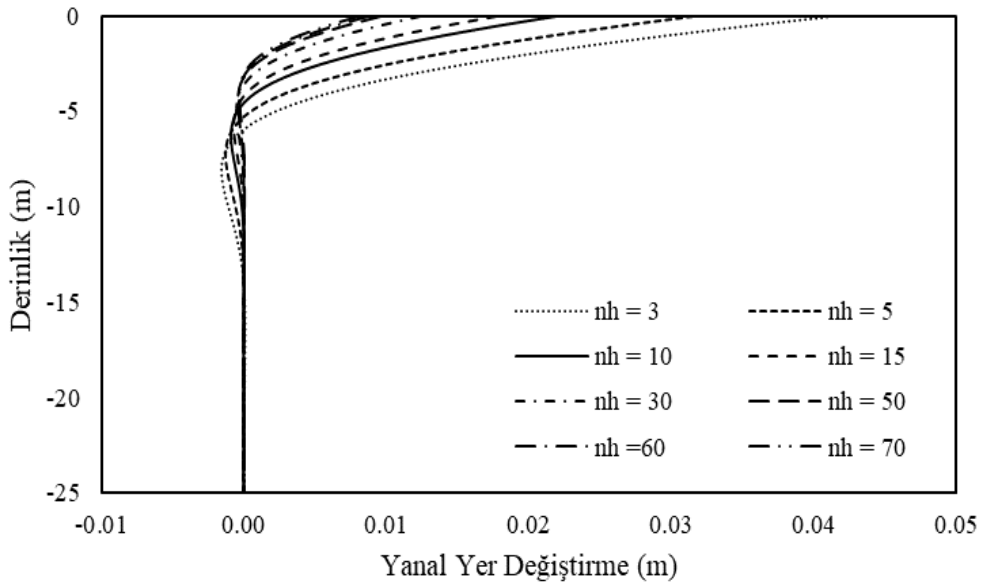


Şekil 63. Serbest uclu kazık için elde edilen kesme değerlerinin karşılaştırılması
($L = 30$, $N_h = 20$)

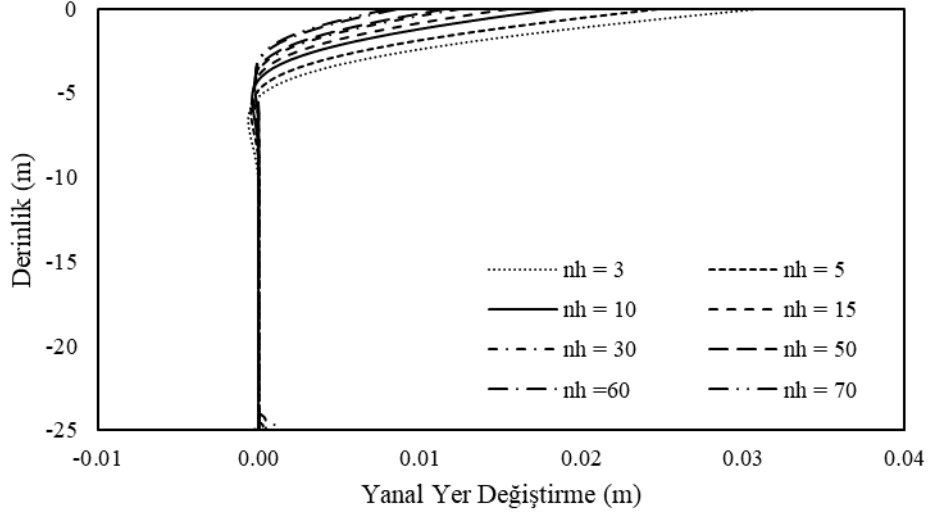
Şekil (51-63)'den elde edilen sonuçlar. 25 m ve 30 m uzunluğundaki serbest uçlara sahip kazıklar için en yüksek kesme kuvveti değerinin en yüksek $n = 2$ değerinde olduğu dikkat çekmektedir. N_h değeri ne kadar yüksekse, aynı zamanda n parametresinin kesme kuvveti değerleri üzerindeki etkisinin azaldığını kaydetmiştir.



Şekil 64. Serbest uclu kazık için elde edilen yer değiştirme değerlerinin karşılaştırılması
($L = 25$, $n = 0.5$)

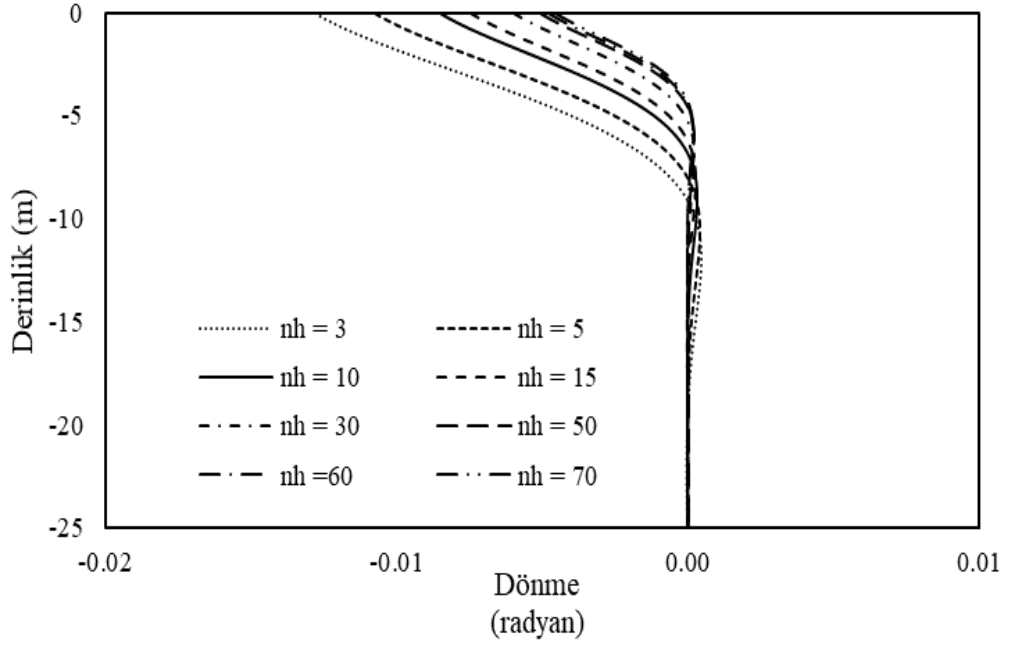


Şekil 65. Serbest uclu kazık için elde edilen yer değiştirme değerlerinin karşılaştırılması
($L = 25$, $n = 1$)

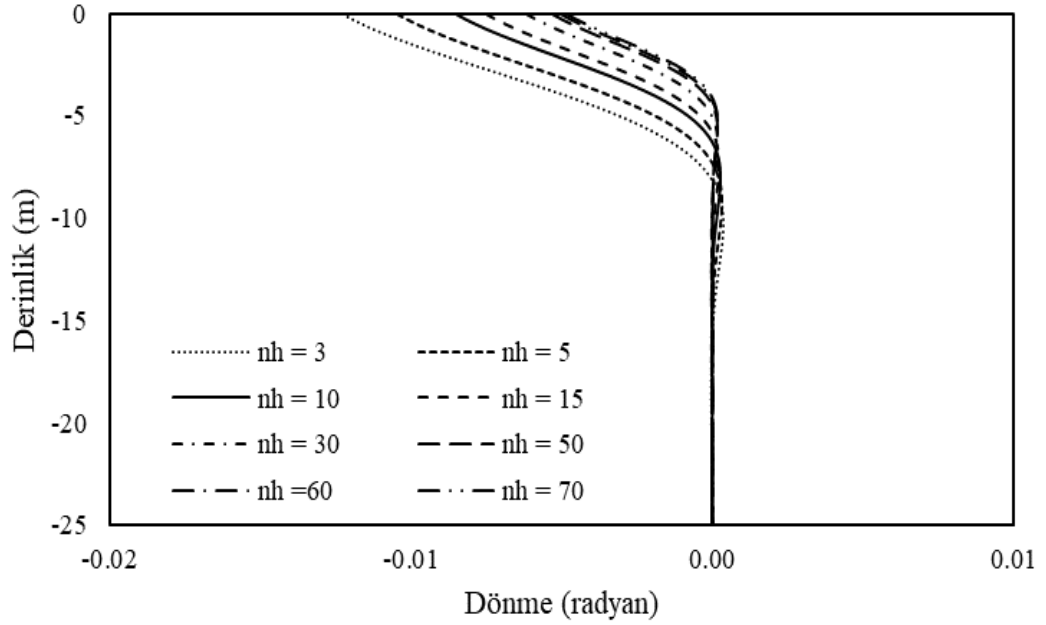


Şekil 66. Serbest uclu kazık için elde edilen yer değiştirme değerlerinin karşılaştırılması
($L = 25$, $n = 2$)

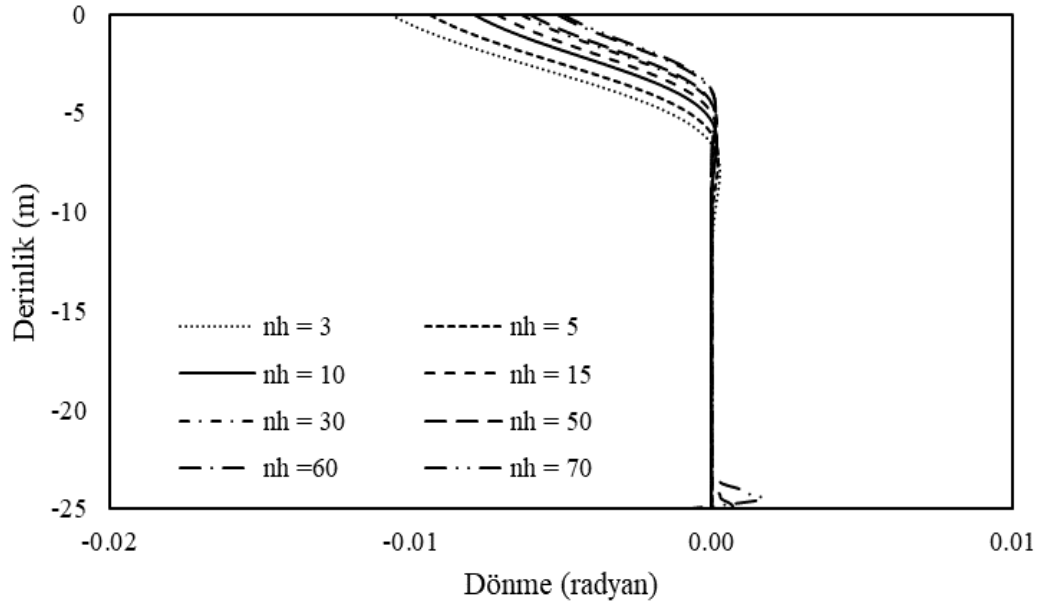
Şekil (64-66)'deki sonuçlardan elde edilenler aşağıdakileri göstermiştir .25 m uzunluğundaki bir kazık için N_h yer değiştirmesinin tüm değerlerini karşıladırdıktan sonra, sonuçlar N_h 'nın en düşük değerinde en büyük yer değiştirmenin olduğunu göstermiştir.



Şekil 67. Serbest uclu kazık için elde edilen dönme değerlerinin karşılaştırılması
($L = 25$, $n = 0.5$)

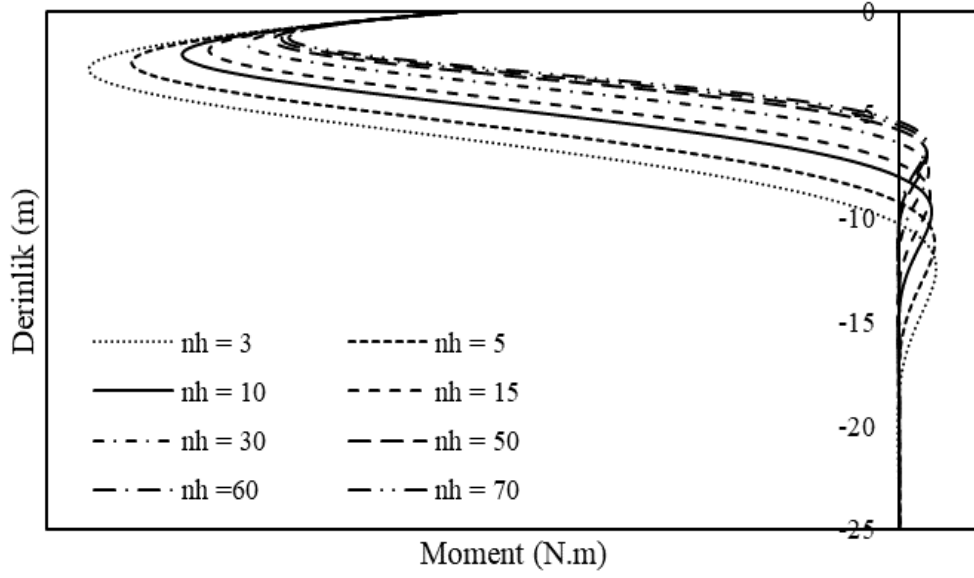


Şekil 68. Serbest uclu kazık için elde edilen dönme değerlerini karşılaştırılması
($L = 25$, $n = 1$)

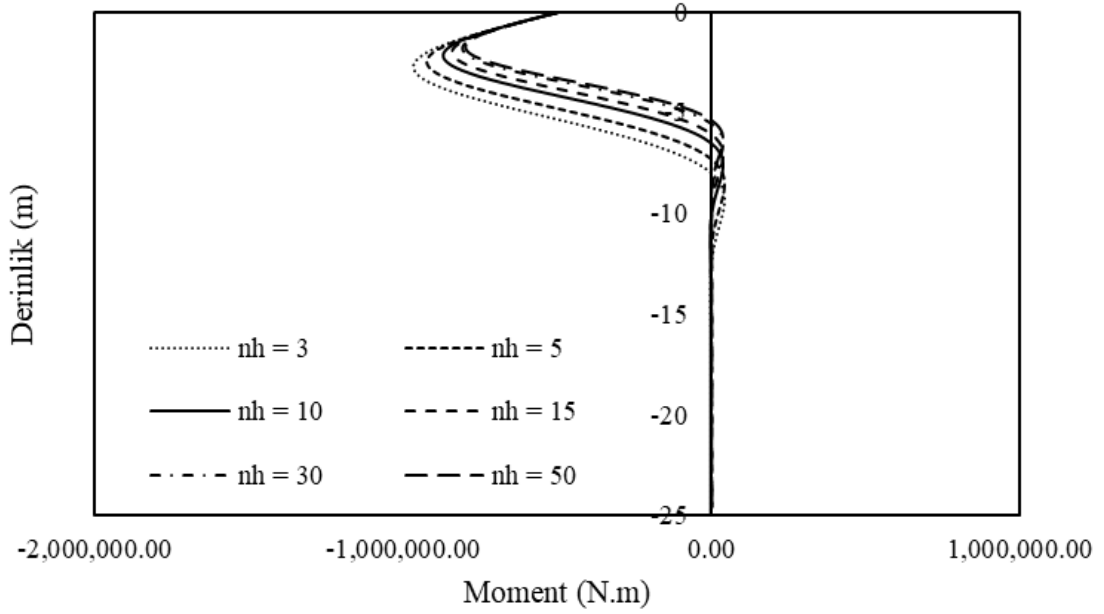


Şekil 69. Serbest uclu kazık için elde edilen dönme değerlerinin karşılaştırılması
($L = 25$, $n = 2$)

Şekil (67-69)'deki sonuçlardan elde edilenler Yukarıdaki göstermiştir.25m uzunluğundaki bir kazık için Nh kesme kuvvetinin tüm değerlerini karşıladırdıktan sonra, sonuçlar Nh'nın en düşük değerinde en büyük kesme kuvvetinin olduğunu göstermiştir.n parametresinin değeri ne kadar yüksek olursa, dönme kuvvetinin kazık üzerindeki etkisi o kadar az olduğunu göstermiştir.

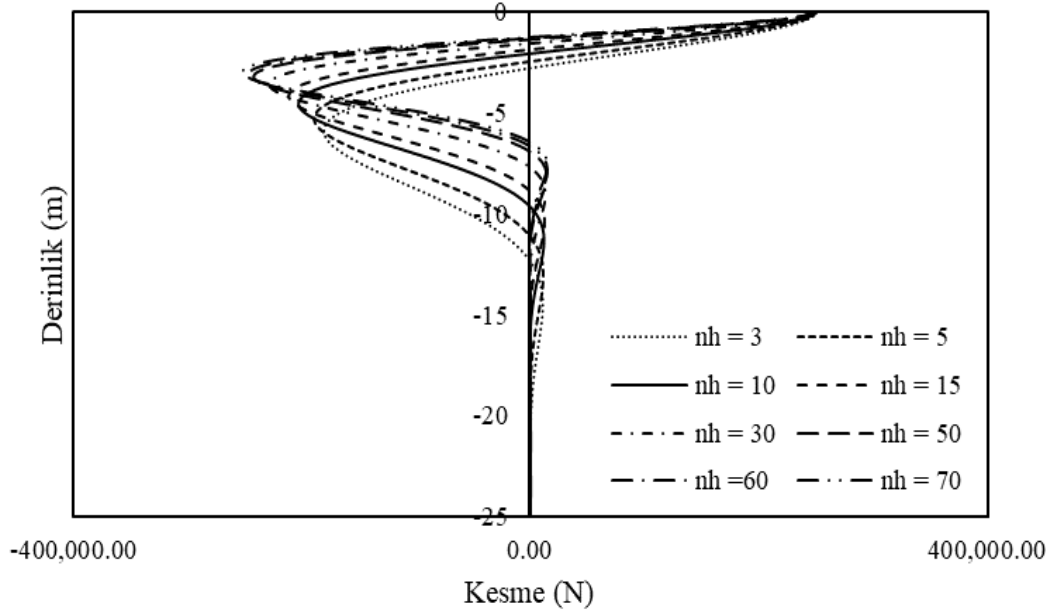


Şekil 70. Serbest uclu kazık için elde edilen moment değerlerinin karşılaştırılması
(L = 25, n =1)

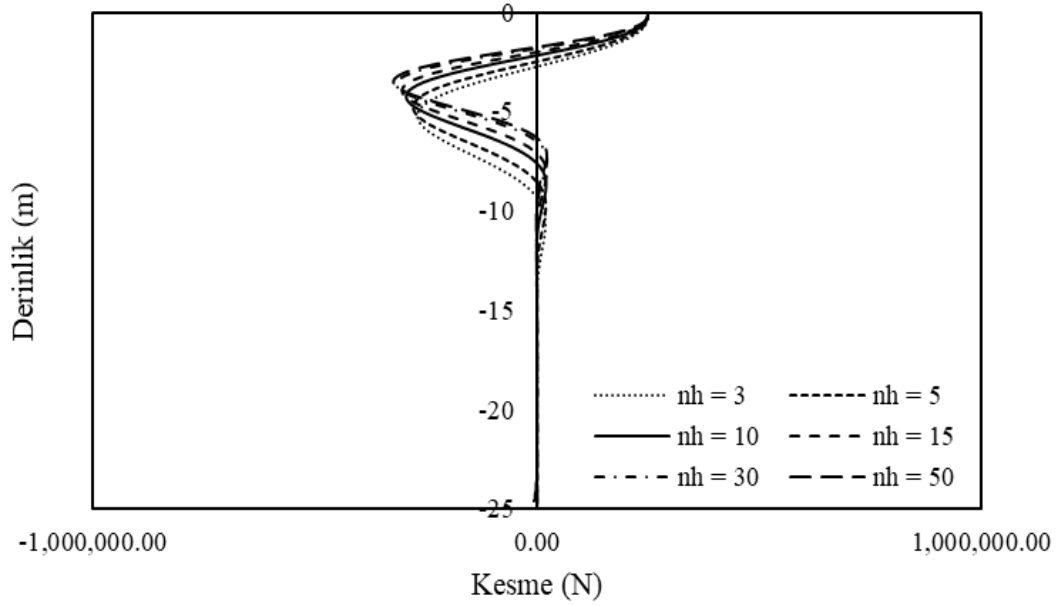


Şekil 71. Serbest uclu kazık için elde edilen moment değerlerinin karşılaştırılması
(L = 25, n =2)

Şekil (70-71)'deki sonuçlardan elde edilenler Yukarıdaki göstermiştir.. en büyük moment değerinin Nh= 3 ve Bükülme gelince, çizimde açıkça belirtilmiştir.

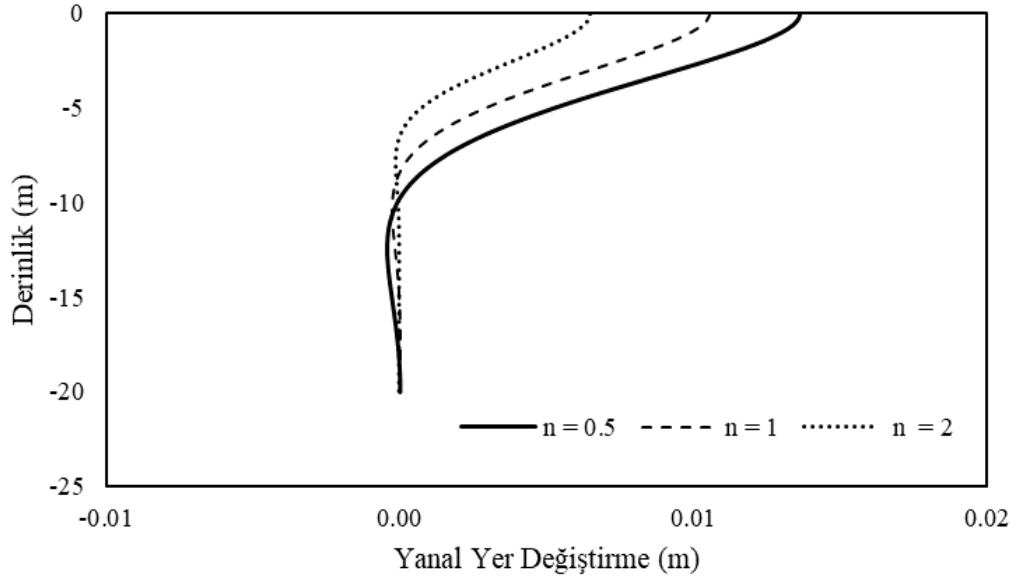


Şekil 72. Serbest uclu kazık için elde edilen kesme değerlerinin karşılaştırılması
(L = 25, n = 1)

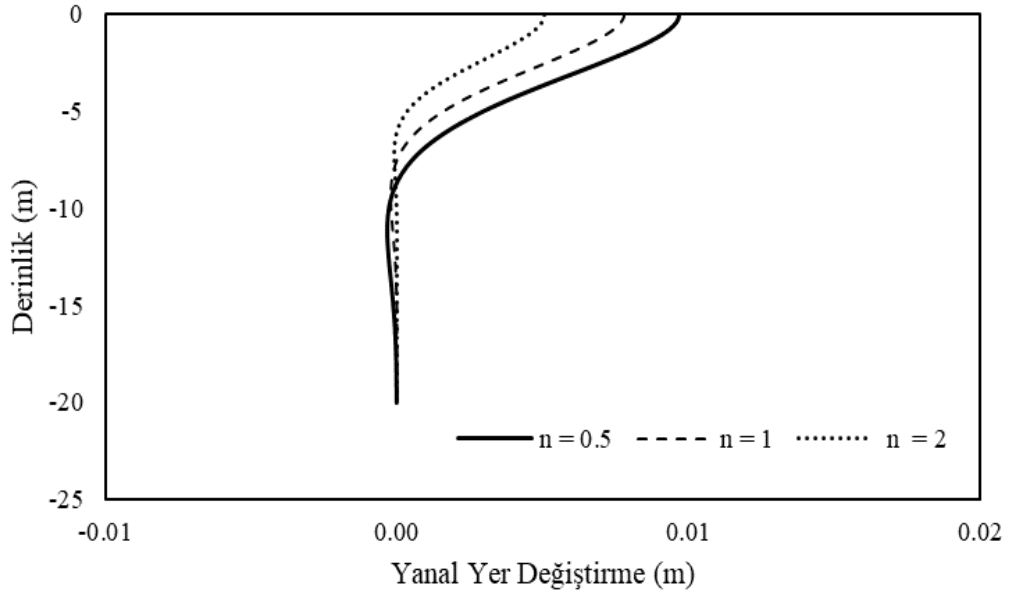


Şekil 73. Serbest uclu kazık için elde edilen kesme değerlerinin karşılaştırılması
(L = 25, n = 2)

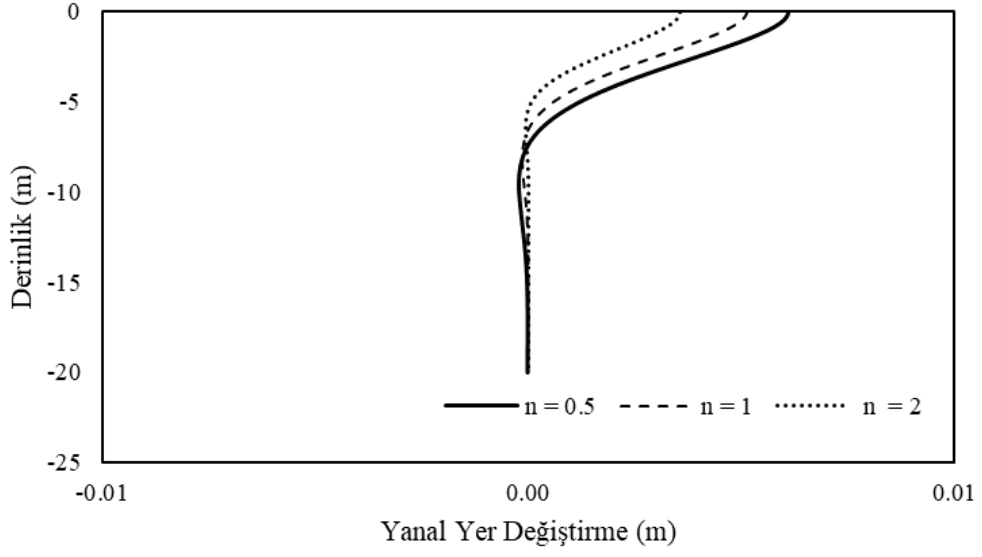
(72-73) şekilden, Serbest uçlu 25 m uzunluğundaki bir kazık için sonuçlar, Pozitif bölge dediğimiz bölgede N_h 'nin tüm değerlerinin yakın olduğunu göstermiştir. Negatif bölgeye gelince, N_h 'nin en büyük değerinde en büyük kesme kuvveti değeri olduğu kaydedilmiştir. Sonuçlar, n parametresinin değeri ne kadar yüksek olursa, kesmenin kazık üzerindeki etkisi o kadar az olduğunu göstermiştir.



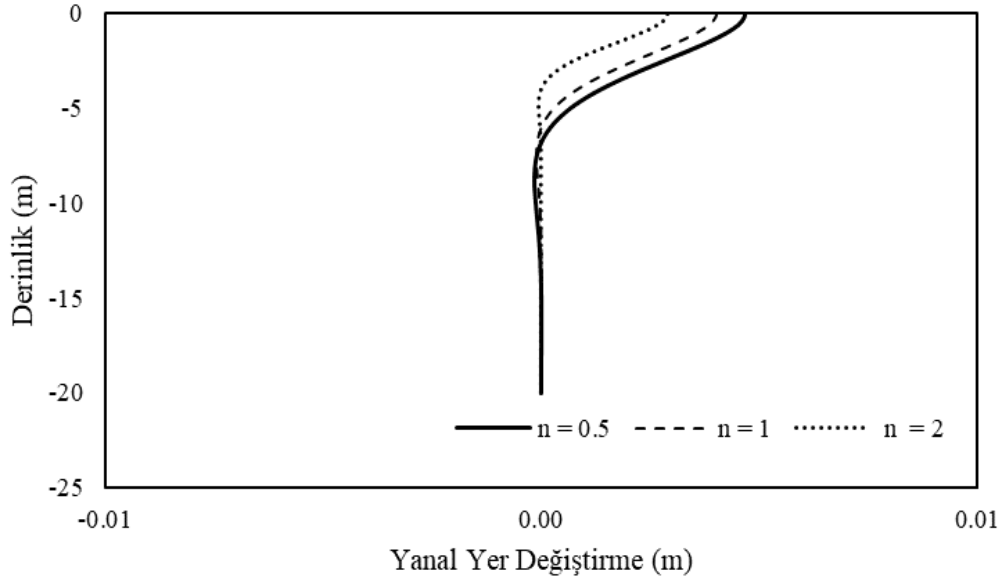
Şekil 74. sabit uclu kazık için elde edilen yer değiştirme değerlerinin karşılaştırılması
($L = 20$, $Nh = 3$)



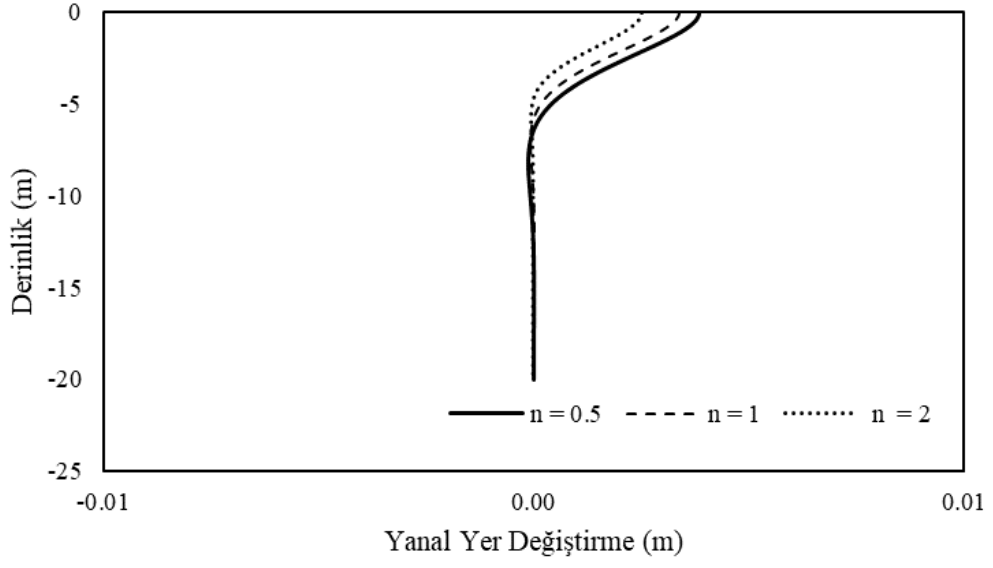
Şekil 75. sabit uclu kazık için elde edilen yer değiştirme değerlerinin karşılaştırılması
($L = 20$, $Nh = 5$)



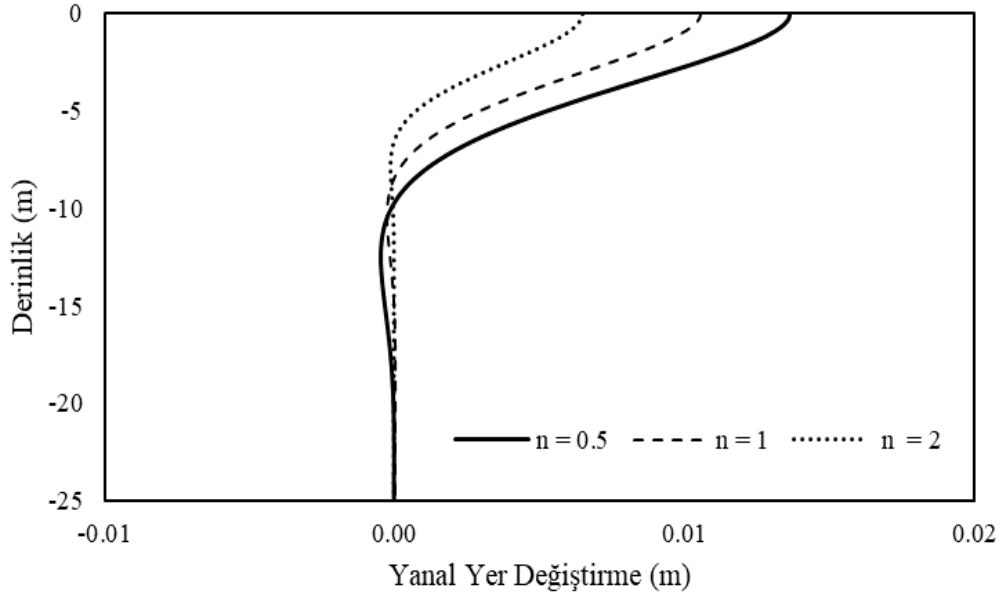
Şekil 76. sabit uclu kazık için elde edilen yer değiştirme değerlerinin karşılaştırılması
($L = 20$, $N_h = 10$)



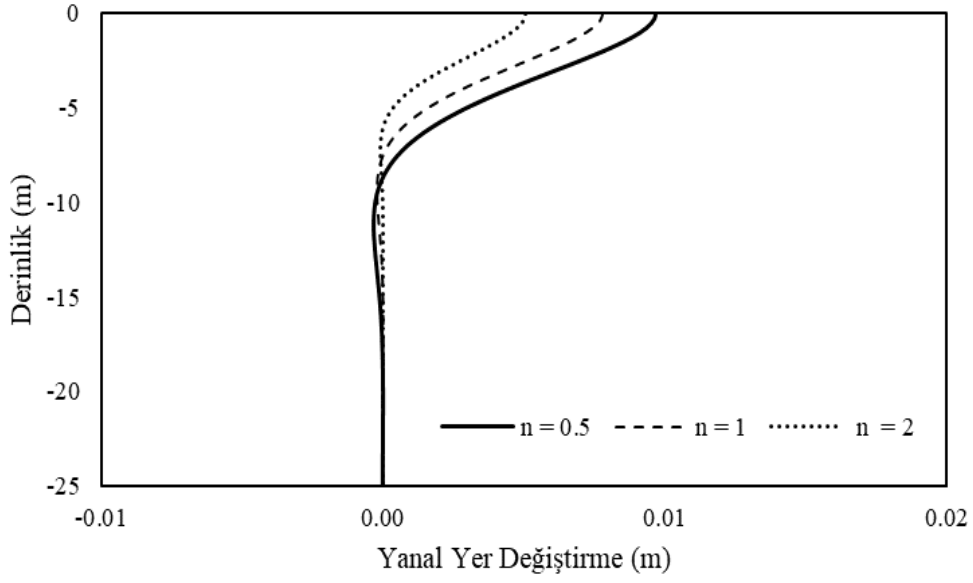
Şekil 77. sabit uclu kazık için elde edilen yer değiştirme değerlerinin karşılaştırılması
($L = 20$, $N_h = 15$)



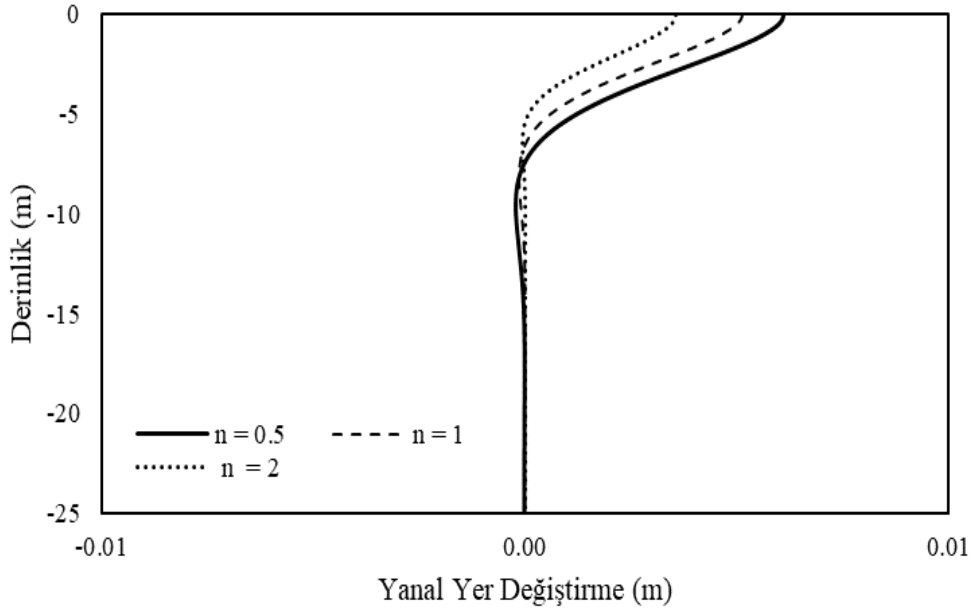
Şekil 78. sabit uclu kazık için elde edilen yer değiştirme değerlerinin karşılaştırılması
($L = 20$, $N_h = 20$)



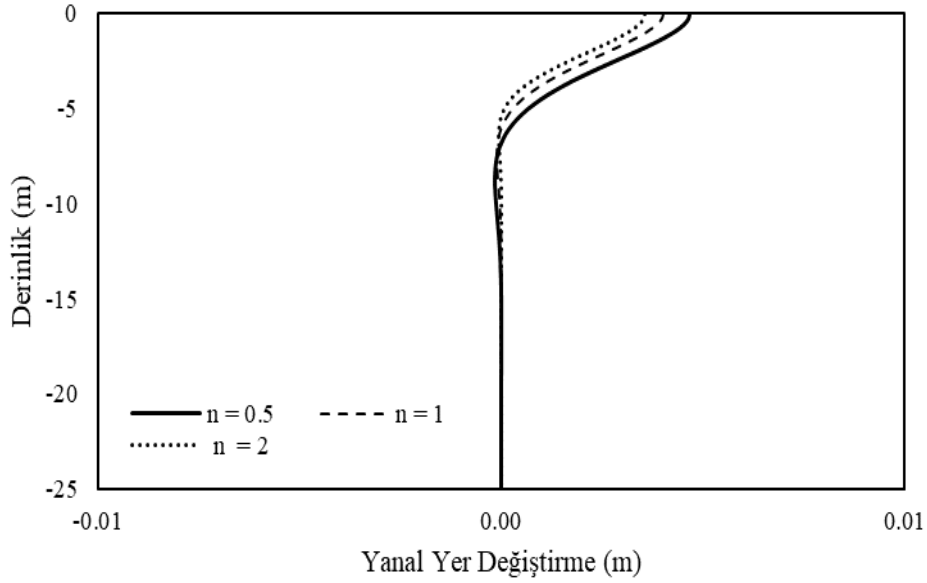
Şekil 79. sabit uclu kazık için elde edilen yer değiştirme değerlerinin karşılaştırılması
($L = 25$, $N_h = 3$)



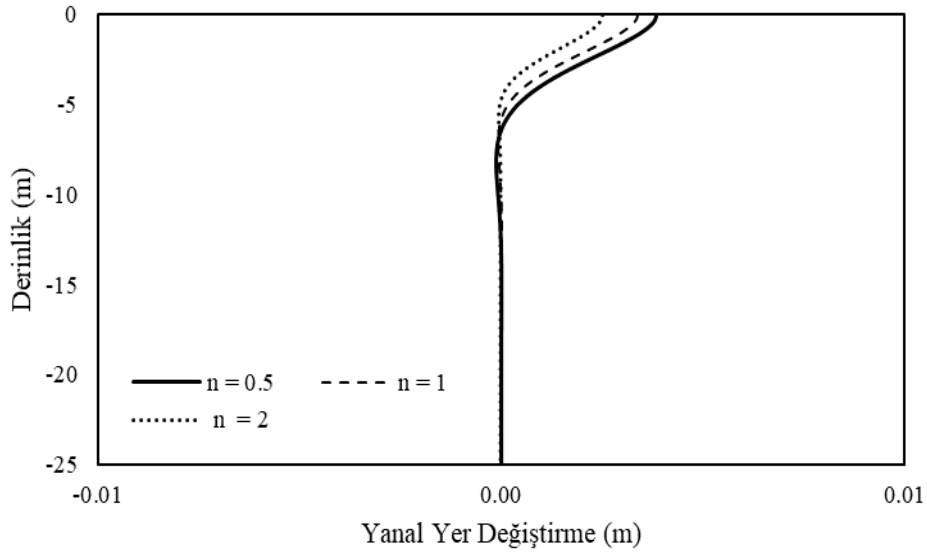
Şekil 80. sabit uclu kazık için elde edilen yer değiştirme değerlerinin karşılaştırılması
($L = 25$, $N_h = 5$)



Şekil 81. sabit uclu kazık için elde edilen yer değiştirme değerlerinin karşılaştırılması
($L = 25$, $N_h = 10$)

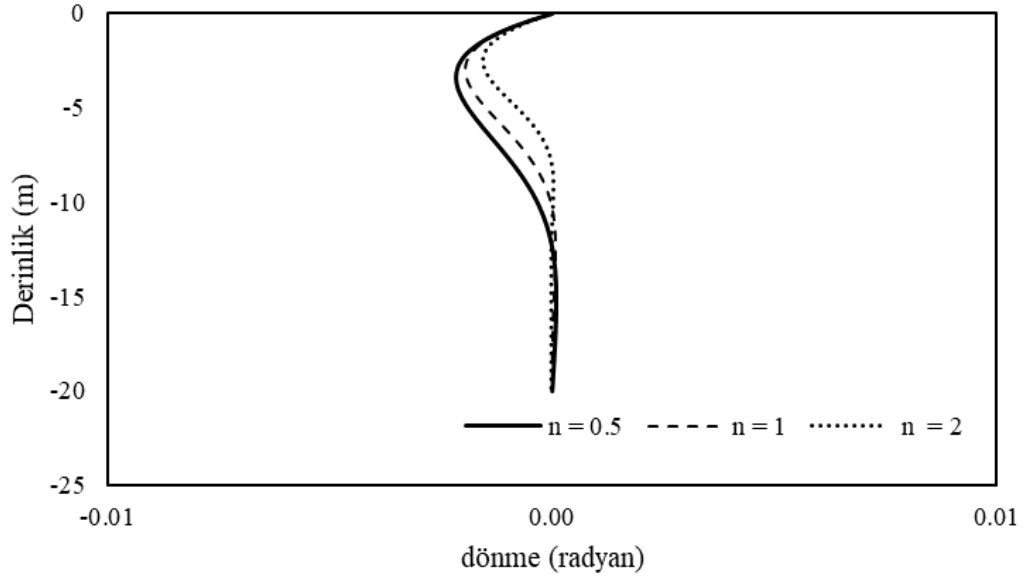


Şekil 82. sabit uclu kazık için elde edilen yer değiştirme değerlerinin karşılaştırılması
($L = 25$, $N_h = 15$)

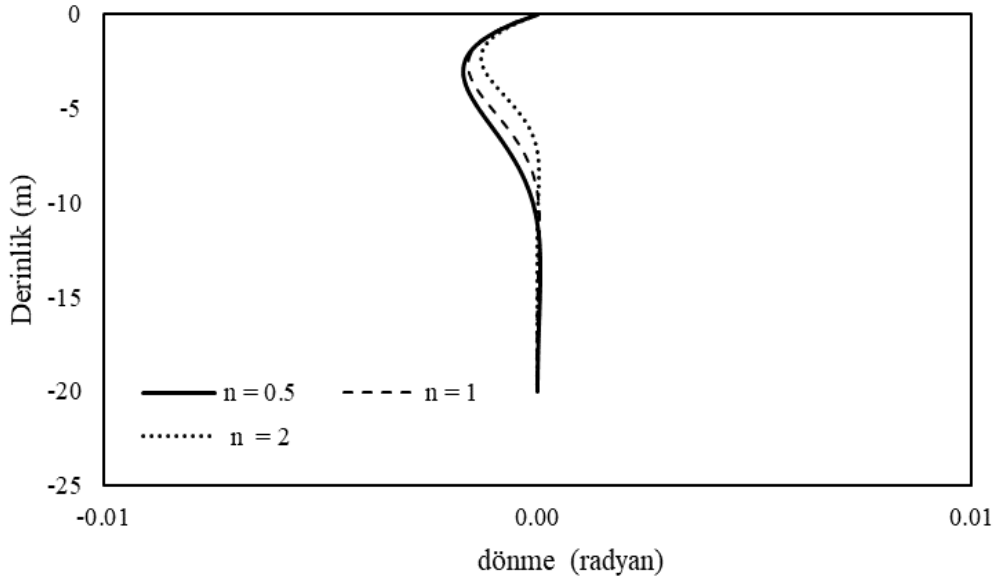


Şekil 83. sabit uclu kazık için elde edilen yer değiştirme değerlerinin karşılaştırılması
($L = 25$, $N_h = 20$)

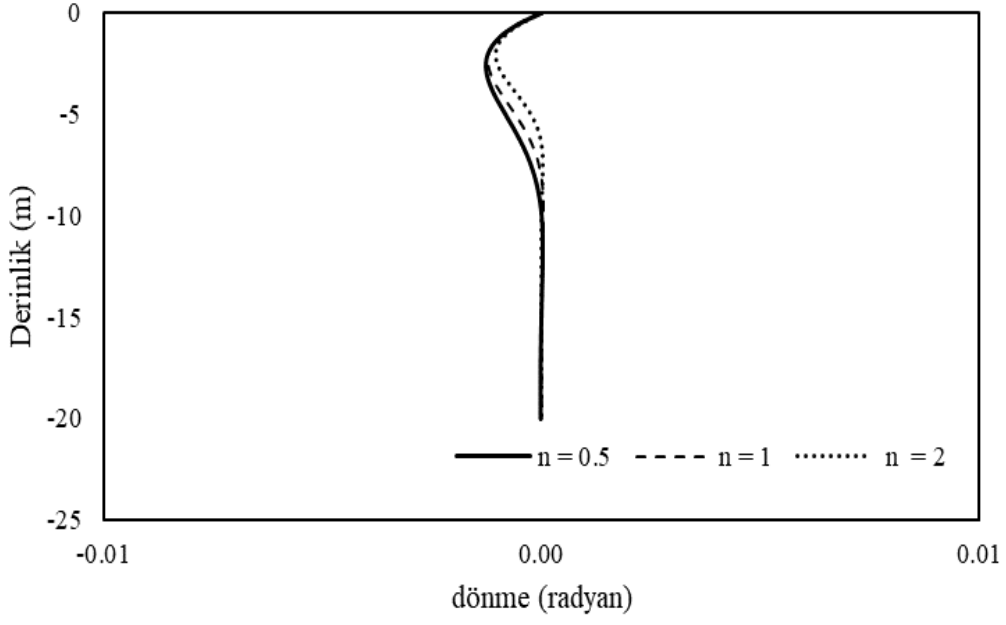
Yukarıdaki Şekiller (74-83)'den, Yanal kuvvetlere bağlı olarak sırasıyla 20 m ve 25 m uzunluğunda sabit bir kazık için sonuçlar incelendiğinde, N_h değeri ne kadar düşüğe, n parametresinin değeri o kadar büyük olmuştur. Kazığın en büyük yer değiştirmesinin en düşük $n=0.5$ değerinde olduğu bulunmuştur. Benzer şekilde $n=0.5$ değeri için eğrilerden eğim değışı daha belirgindir ve n değeri ne kadar yüksek olursa eğrilik o kadar az olduğu görmüştür.



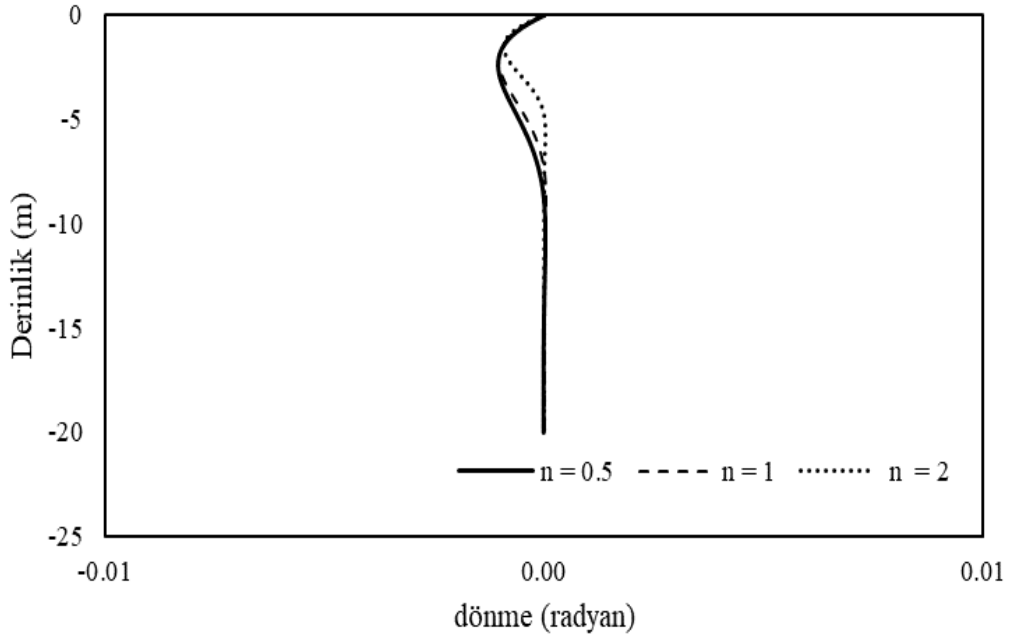
Şekil 84. sabit uclu kazık için elde edilen döme değerlerinin karşılaştırılması
($L = 20$, $N_h = 3$)



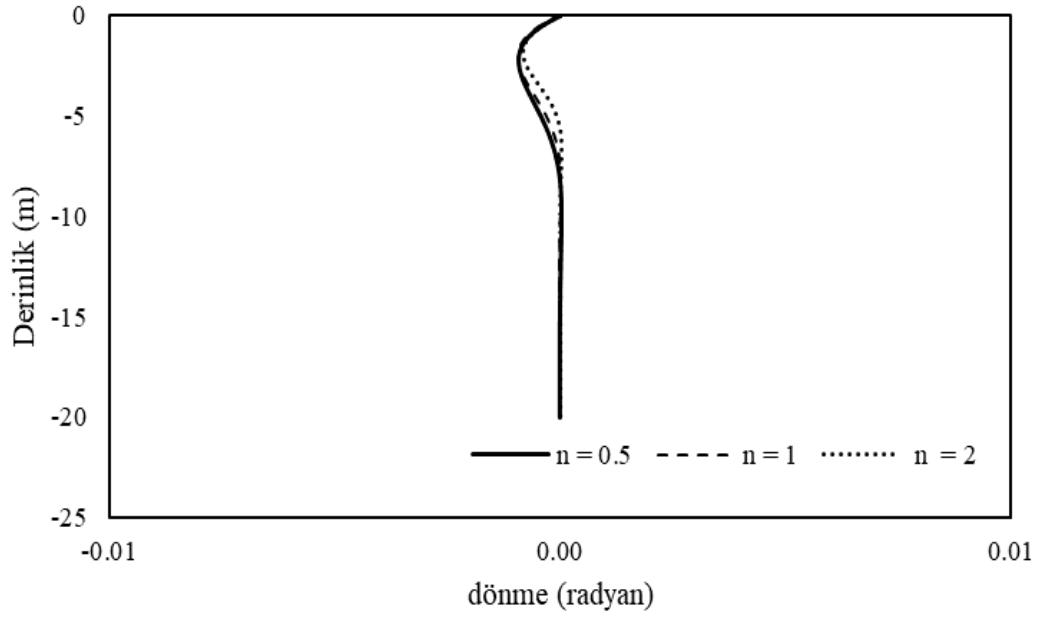
Şekil 85. sabit uclu kazık için elde edilen döme değerlerinin karşılaştırılması
($L = 20$, $N_h = 5$)



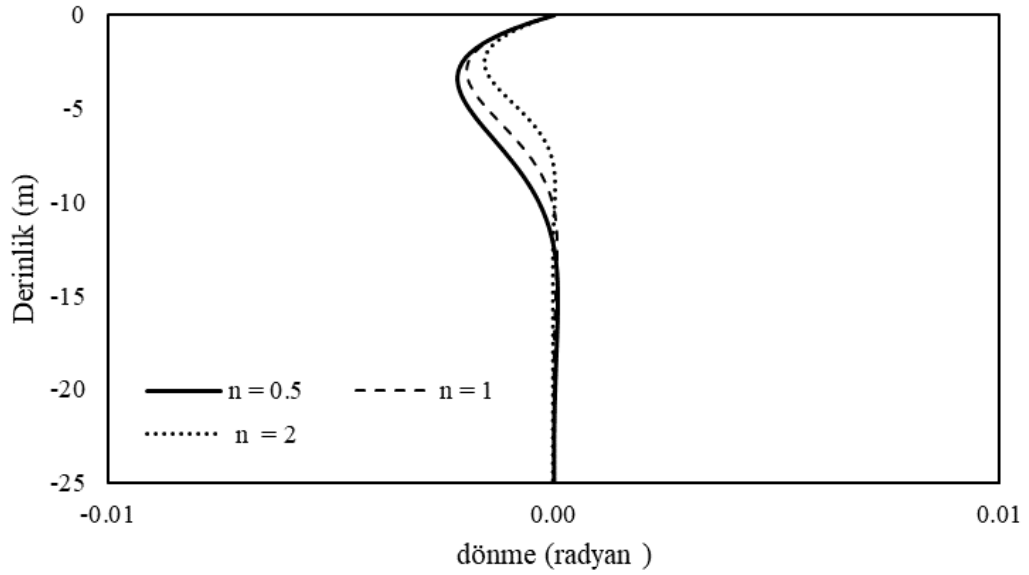
Şekil 86. sabit uclu kazık için elde edilen döme değerlerinin karşılaştırılması
($L = 20$, $N_h = 10$)



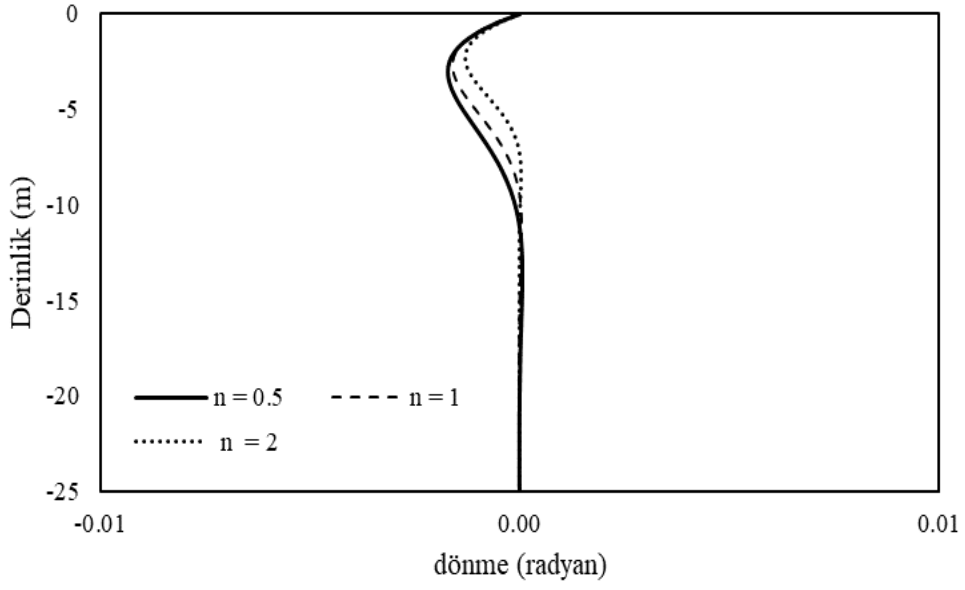
Şekil 87. sabit uclu kazık için elde edilen döme değerlerinin karşılaştırılması
($L = 20$, $N_h = 15$)



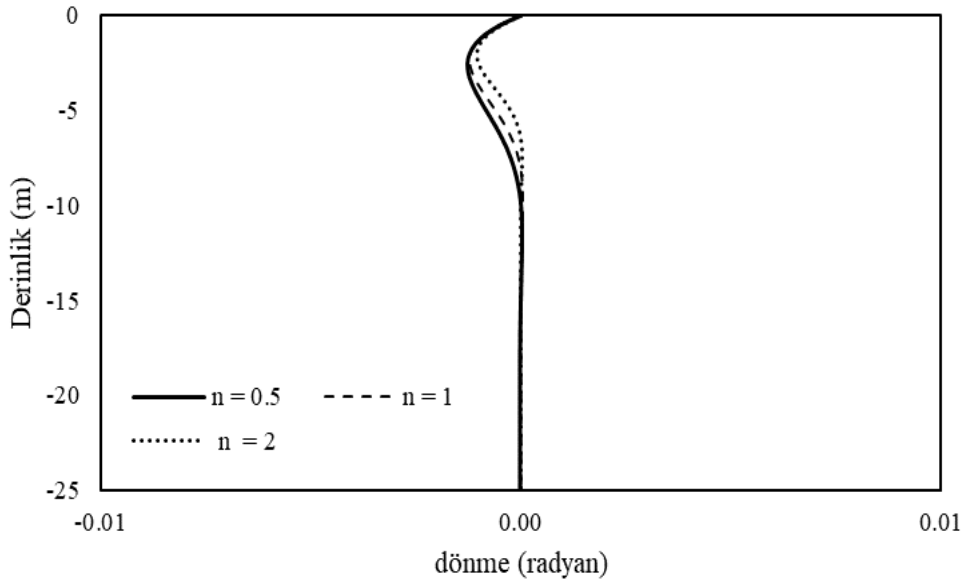
Şekil 88. sabit uclu kazık için elde edilen döme değerlerinin karşılaştırılması
($L = 20$, $N_h = 20$)



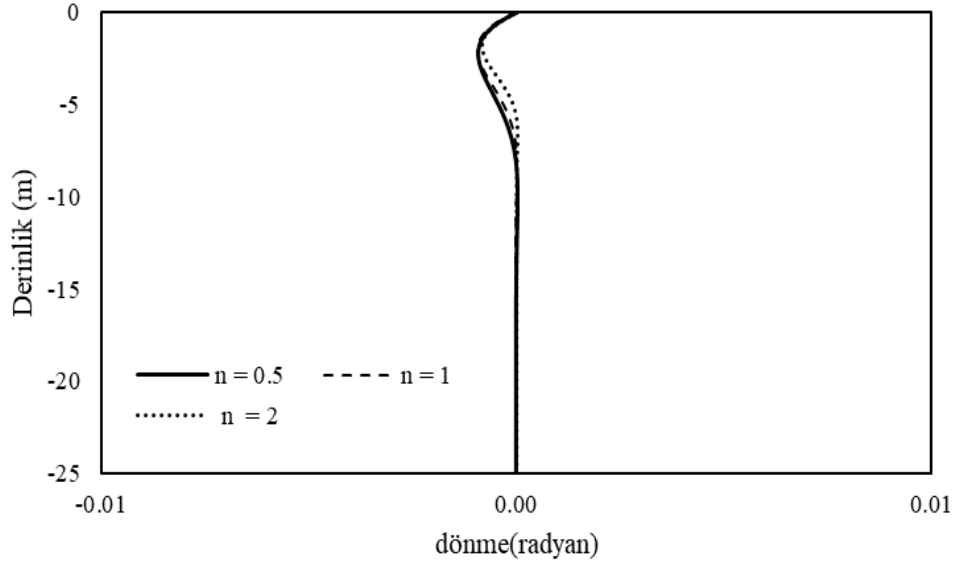
Şekil 89. sabit uclu kazık için elde edilen döme değerlerinin karşılaştırılması
($L = 25$, $N_h = 3$)



Şekil 90. sabit uclu kazık için elde edilen döme değerlerinin karşılaştırılması
($L = 25$, $N_h = 5$)

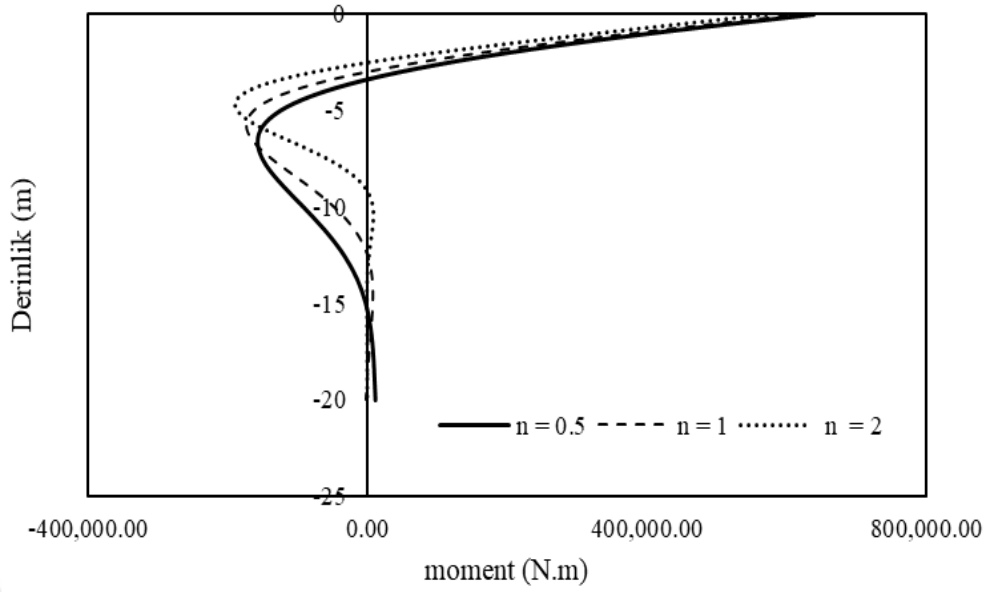


Şekil 91. sabit uclu kazık için elde edilen döme değerlerinin karşılaştırılması
($L = 25$, $N_h = 10$)

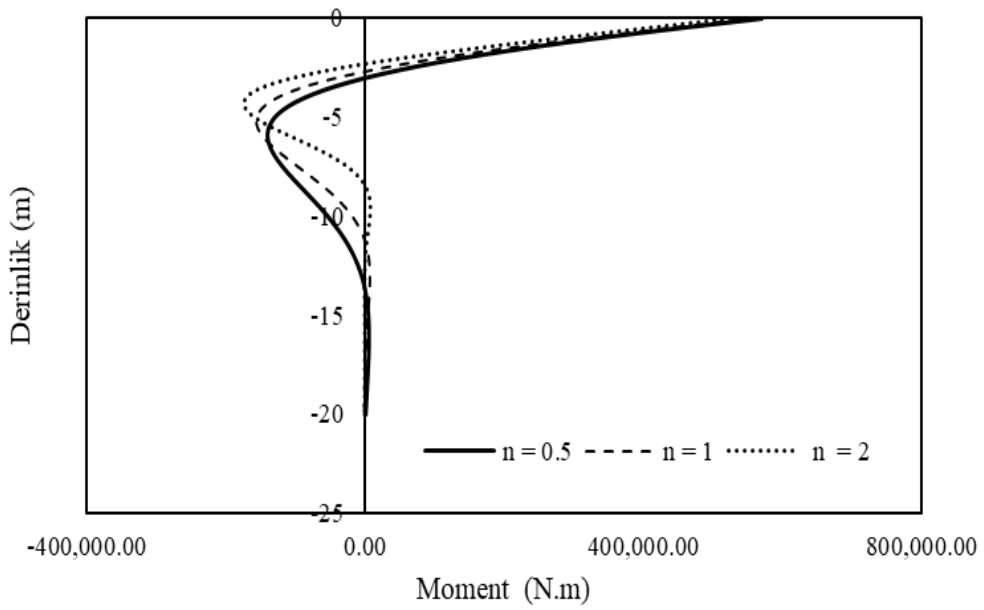


Şekil 92. sabit uçlu kazık için elde edilen dönme değerlerinin karşılaştırılması
($L = 25$, $N_h = 20$)

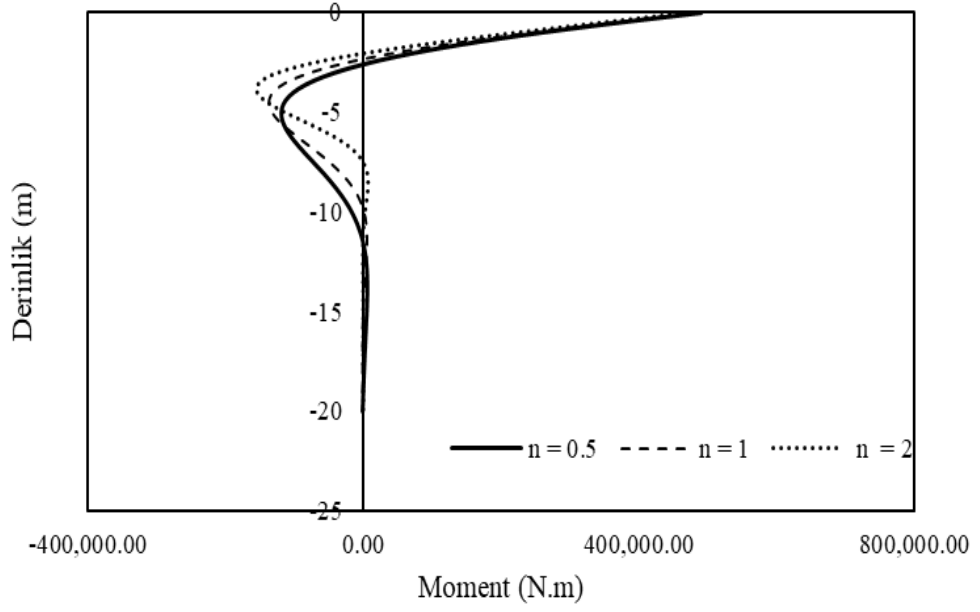
Şekil (84-92) Yukarıdaki sonuçlar aşağıdakileri göstermiştir.. Yanal kuvvete maruz kalan 20 m ve 25 m uzunluğundaki sabit uçlu bir kazık için sonuçlar incelendiğinde kazığın en büyük dönme $n=0.5$ değerinde olduğu bulunmuştur. N_h değeri arttıkça, n parametresi üzerindeki etkisinin azaldığı sonucuna varılmaktadır.



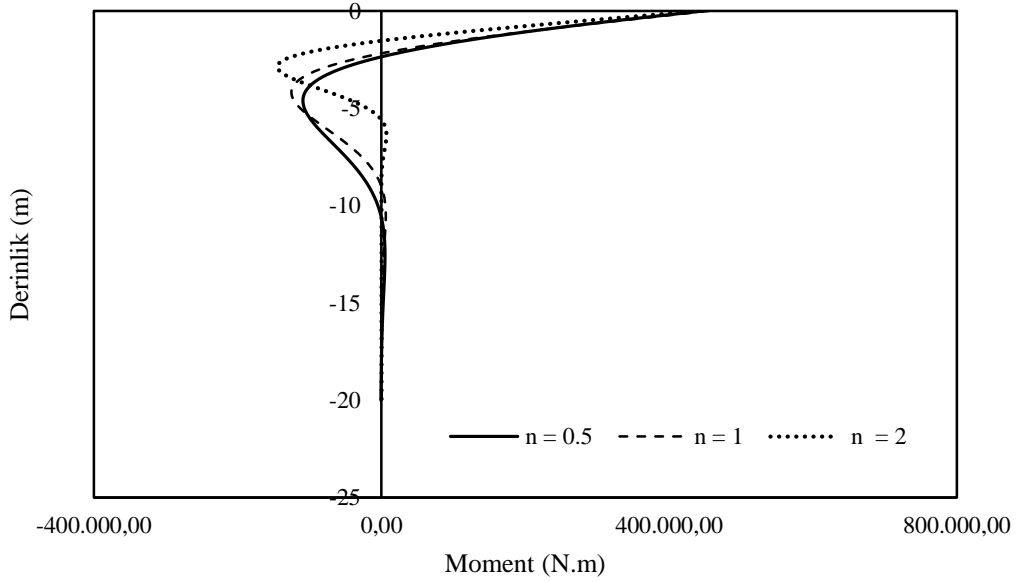
Şekil 93. sabit uclu kazık için elde edilen moment değerlerinin karşılaştırılması
($L = 20$, $Nh = 3$)



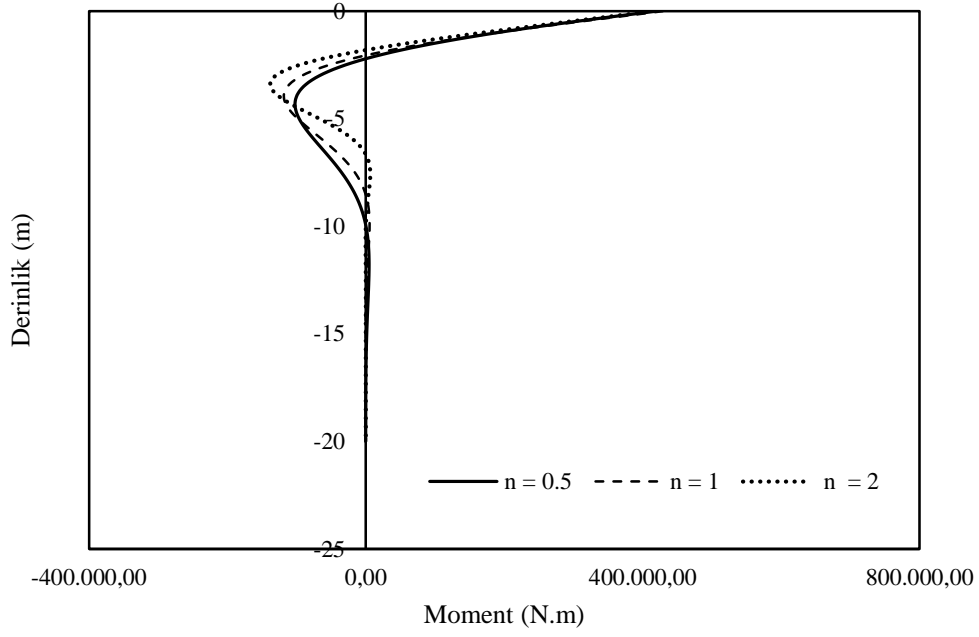
Şekil 94. sabit uclu kazık için elde edilen moment değerlerinin karşılaştırılması
($L = 20$, $Nh = 5$)



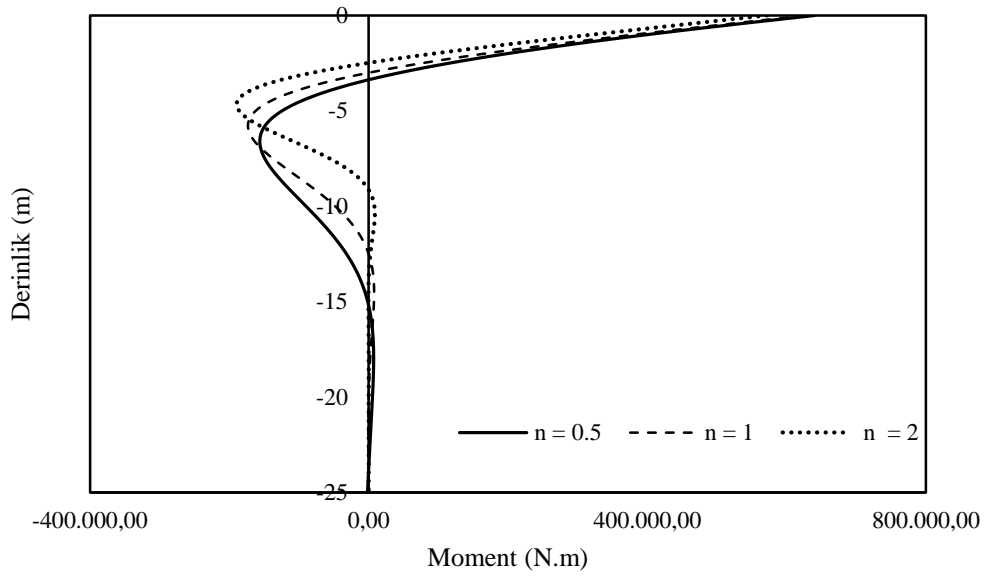
Şekil 95. sabit uclu kazık için elde edilen moment değerlerinin karşılaştırılması
($L = 20$, $N_h = 10$)



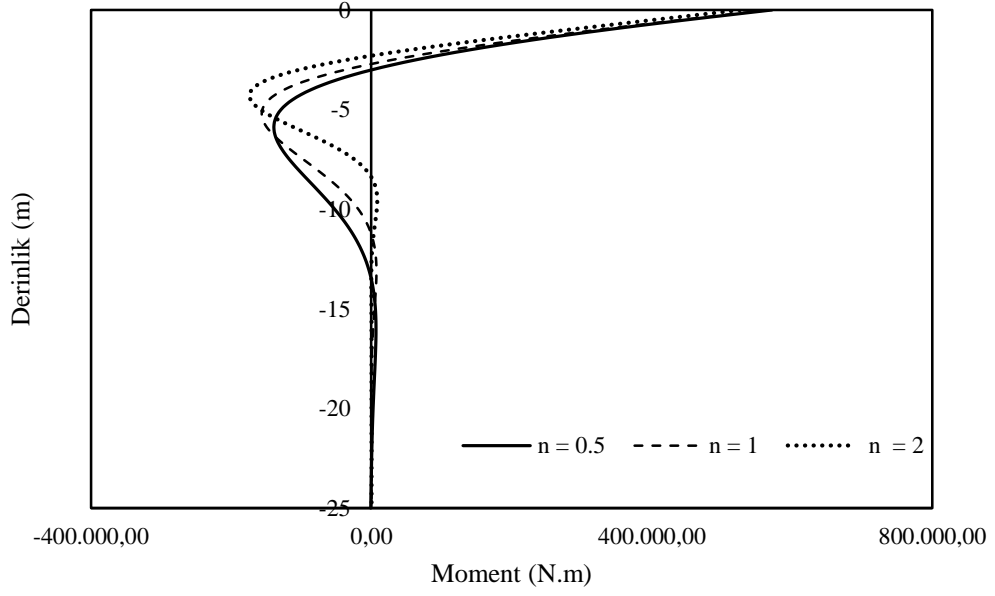
Şekil 96. sabit uclu kazık için elde edilen moment değerlerinin karşılaştırılması
($L = 20$, $N_h = 15$)



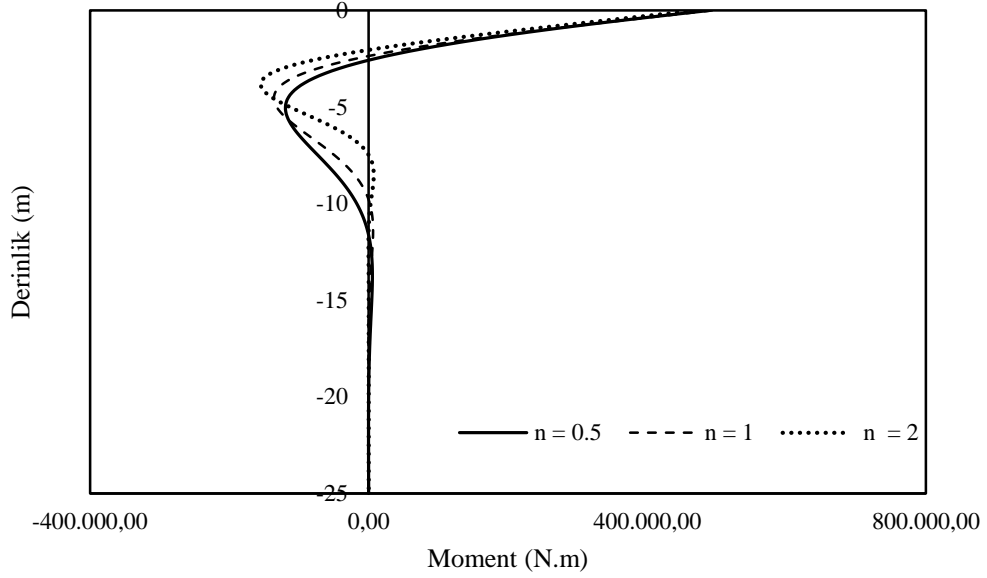
Şekil 97. sabit uclu kazık için elde edilen moment değerlerinin karşılaştırılması
($L = 20$, $N_h = 20$)



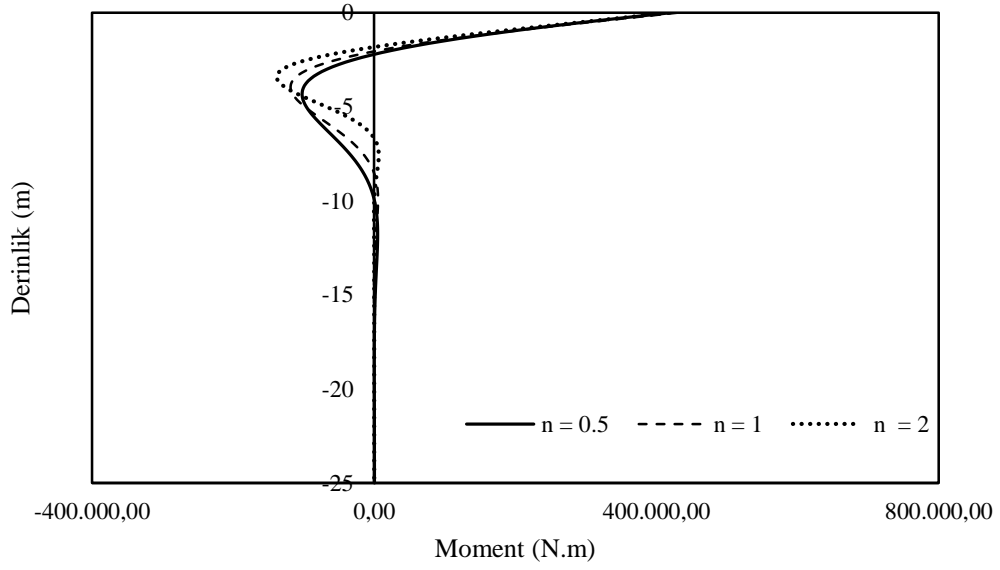
Şekil 98. sabit uclu kazık için elde edilen moment değerlerinin karşılaştırılması
($L = 25$, $N_h = 3$)



Şekil 99. sabit uclu kazık için elde edilen moment değerlerinin karşılaştırılması
($L = 25$, $N_h = 5$)

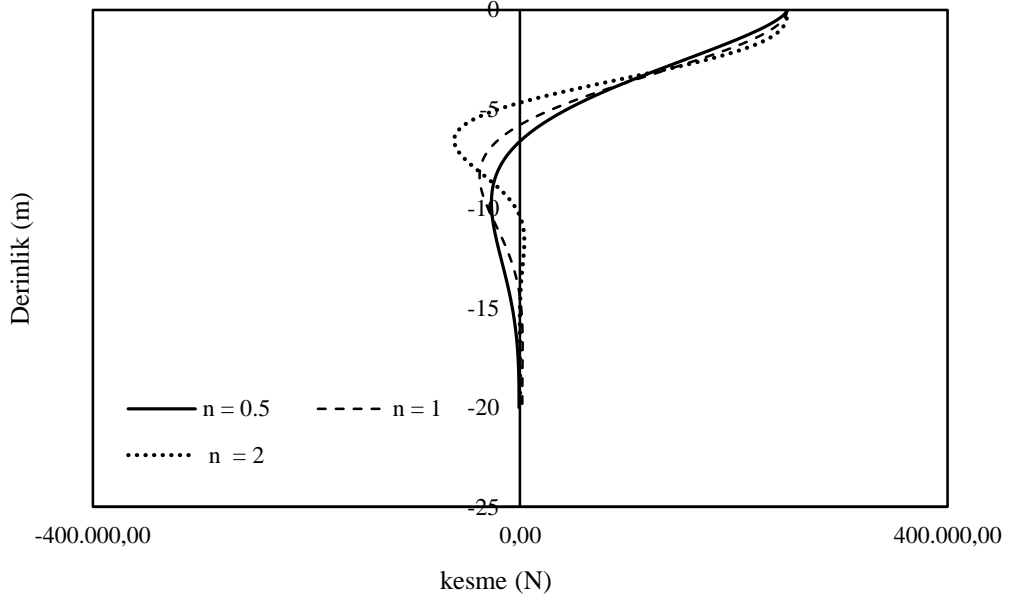


Şekil 100. sabit uclu kazık için elde edilen moment değerlerinin karşılaştırılması
($L = 25$, $N_h = 10$)

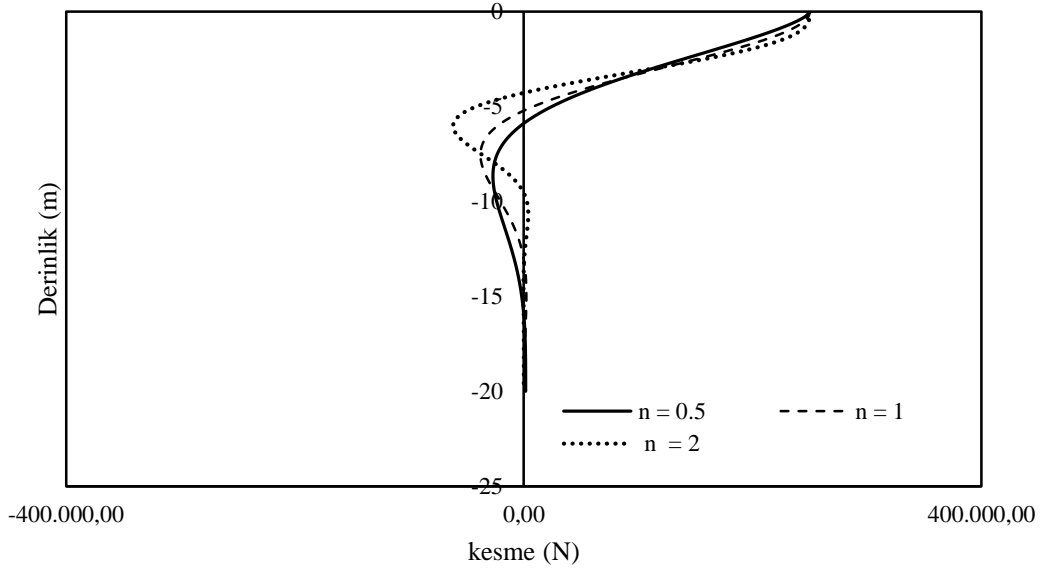


Şekil 101. sabit uçlu kazık için elde edilen moment değerlerinin karşılaştırılması
($L = 25$, $N_h = 20$)

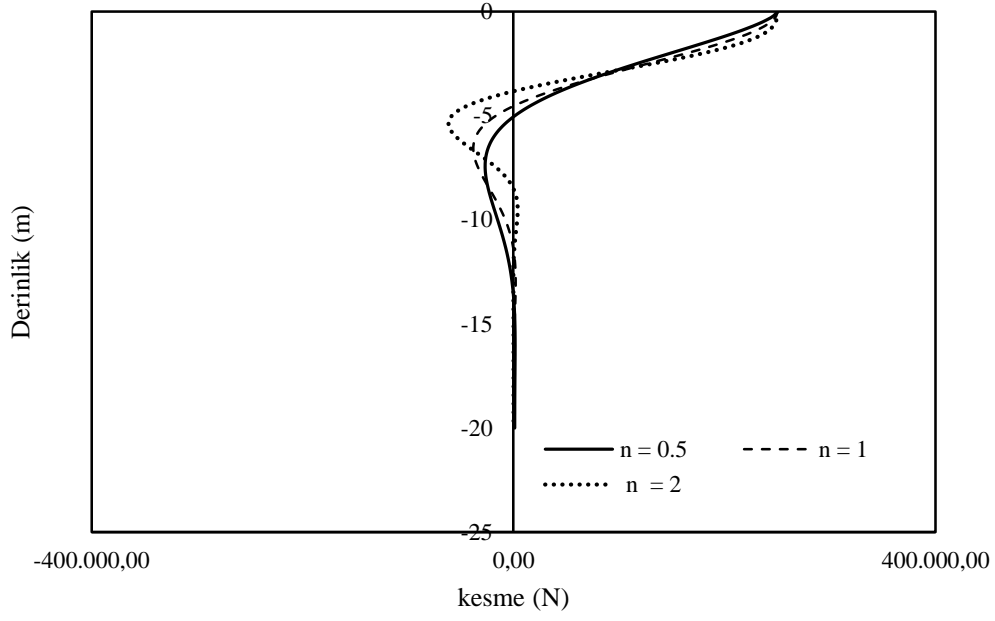
Yukarıdaki şekillerden (93-101) elde edilen sonuçlar, yanal kuvvete maruz kalan 20 m uzunluğunda ve 25 m sabit uçlu bir kazığı göstermektedir. Kazığın en büyük moment eğimi $n=2$ değerinde olduğu bulunmuştur. N_h değeri arttıkça n parametresi üzerindeki etkisinin azaldığı sonucuna varılmaktadır.



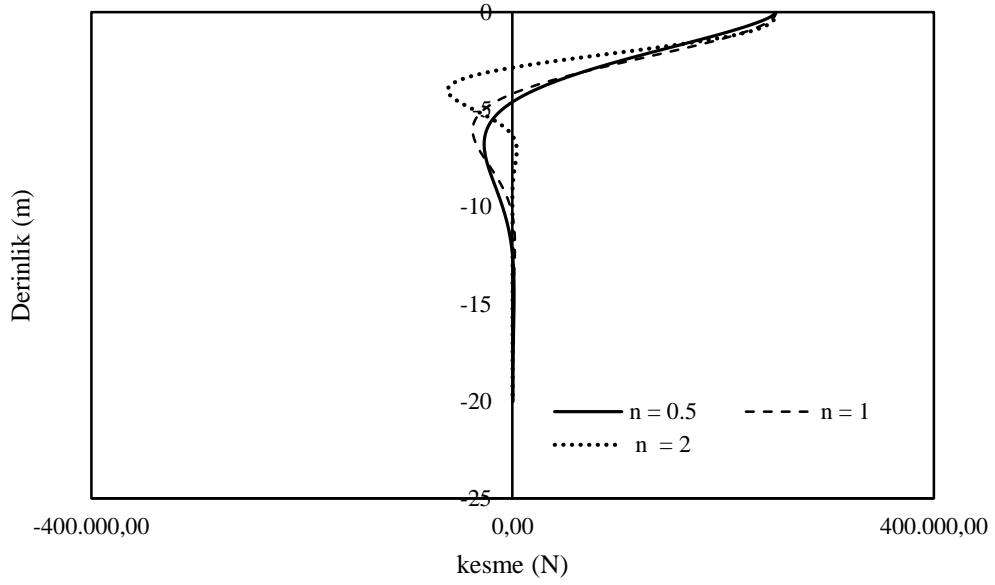
Şekil 102. sabit uclu kazık için elde edilen kesme değerlerinin karşılaştırılması
($L = 20$, $N_h = 3$)



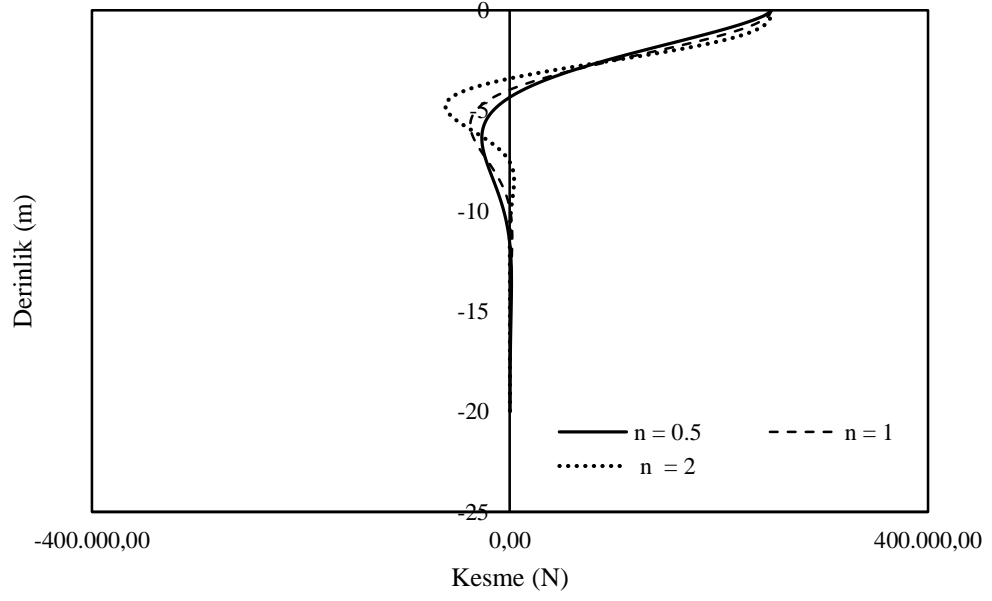
Şekil 103. sabit uclu kazık için elde edilen kesme değerlerinin karşılaştırılması
($L = 20$, $N_h = 5$)



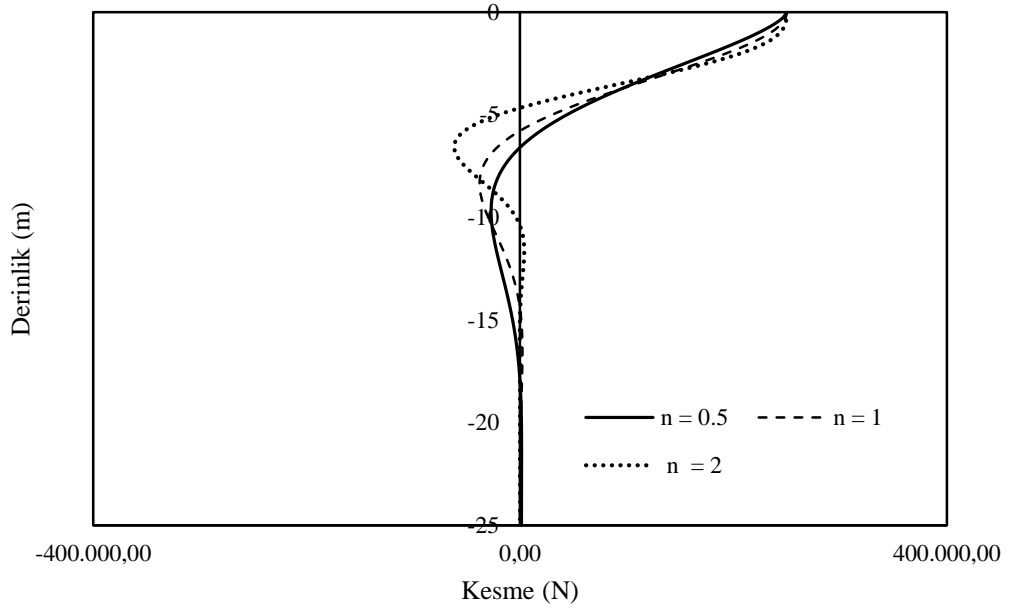
Şekil 104. sabit uclu kazık için elde edilen kesme değerlerinin karşılaştırılması
($L = 20$, $N_h = 10$)



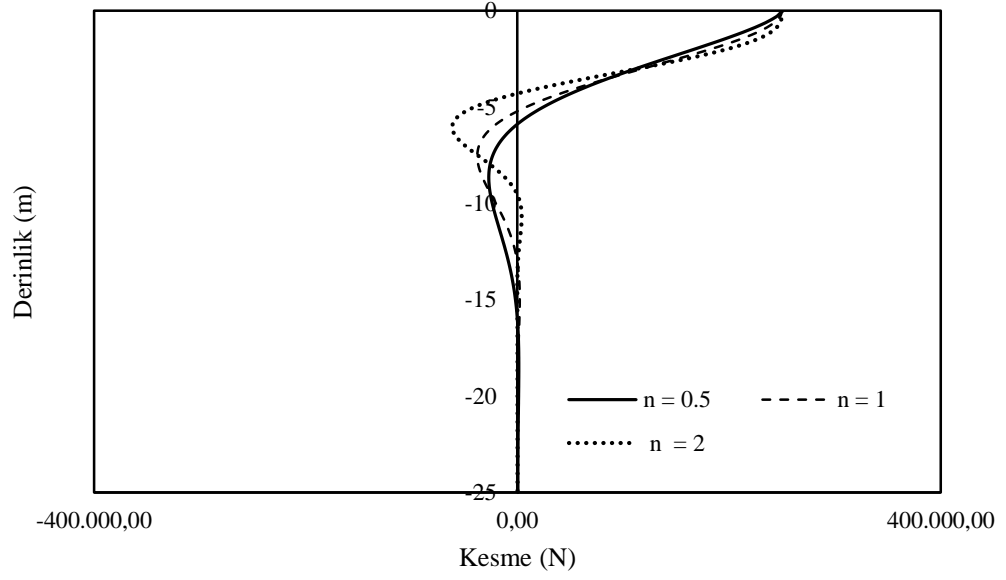
Şekil 105. sabit uclu kazık için elde edilen kesme değerlerinin karşılaştırılması
($L = 20$, $N_h = 15$)



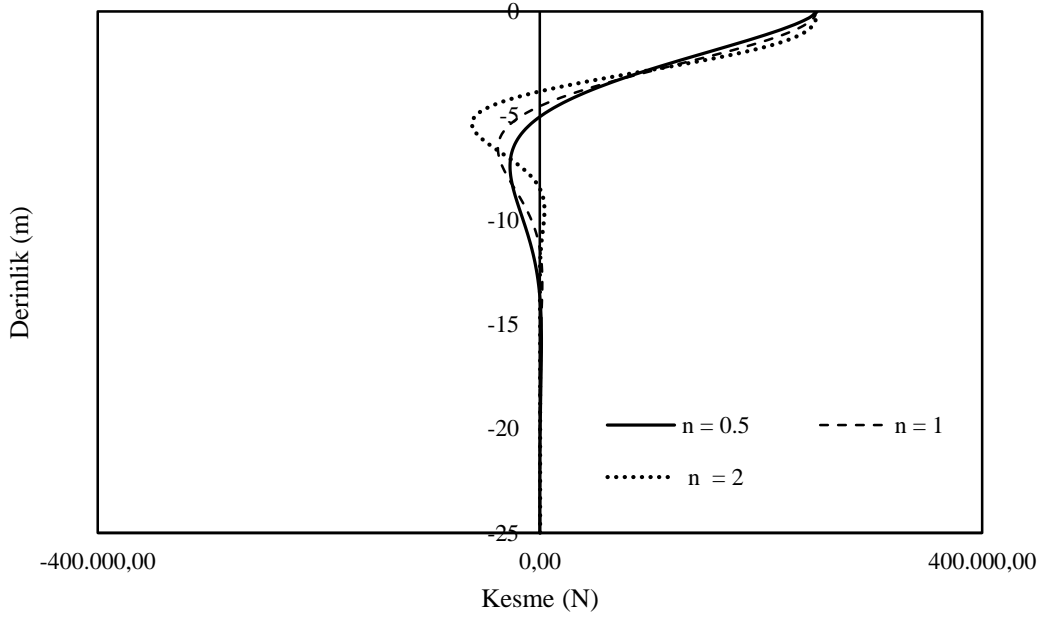
Şekil 106. sabit uclu kazık için elde edilen kesme değerlerinin karşılaştırılması
($L = 20$, $N_h = 20$)



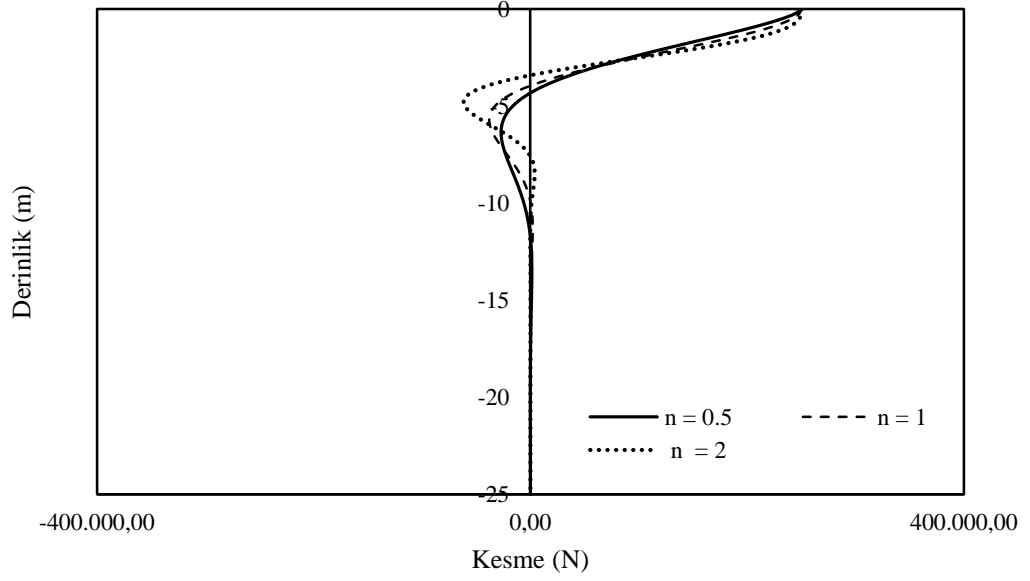
Şekil 107. sabit uclu kazık için elde edilen kesme değerlerinin karşılaştırılması
($L = 25$, $N_h = 3$)



Şekil 108. sabit uclu kazık için elde edilen kesme değerlerinin karşılaştırılması
(L = 25, Nh =5)

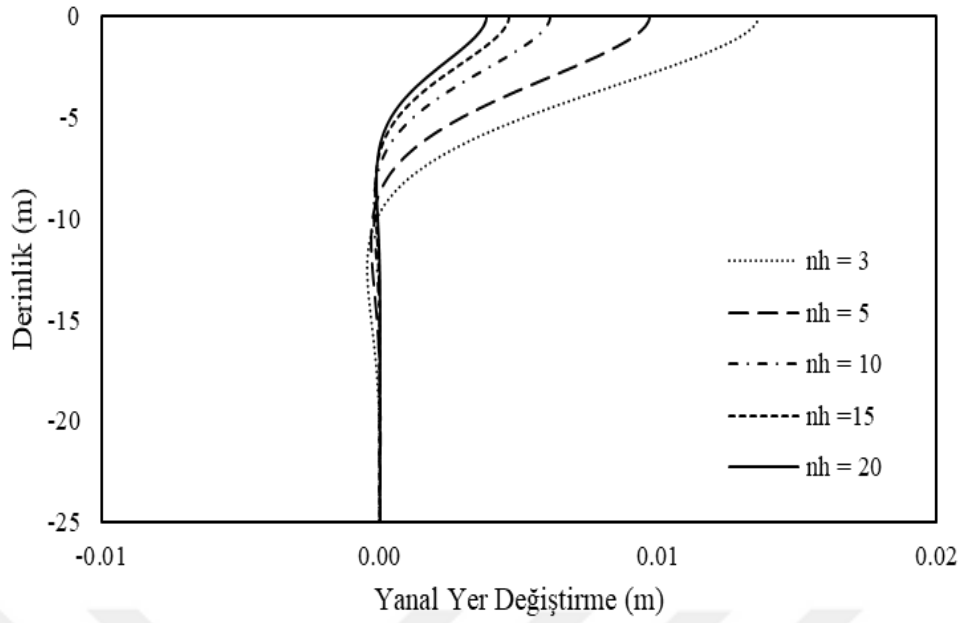


Şekil 109. sabit uclu kazık için elde edilen kesme değerlerinin karşılaştırılması
(L = 25, Nh =10)

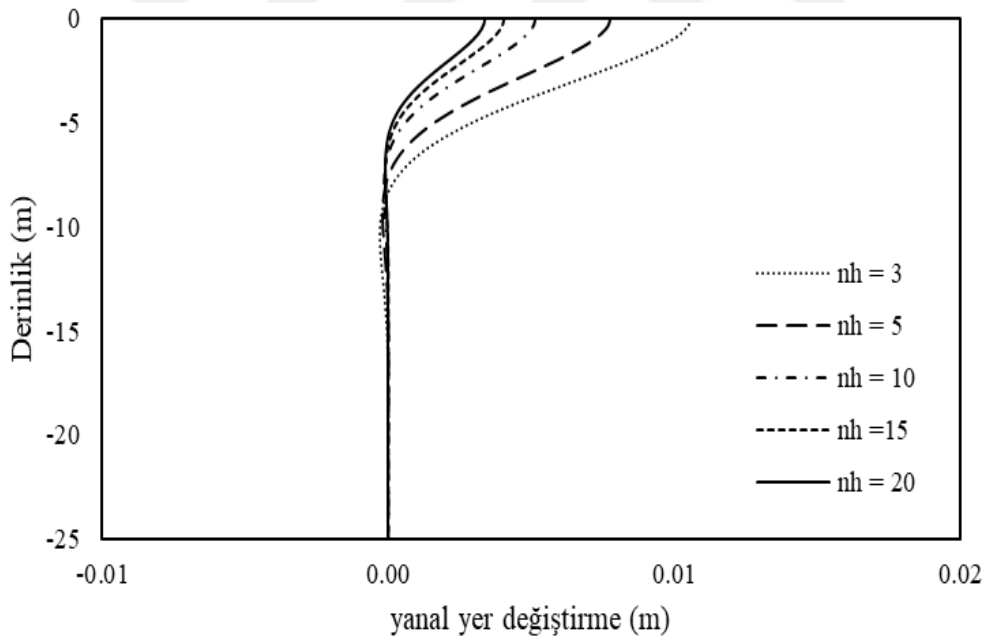


Şekil 110. sabit uclu kazık için elde edilen kesme değerlerinin karşılaştırılması
($L = 25$, $N_h = 20$)

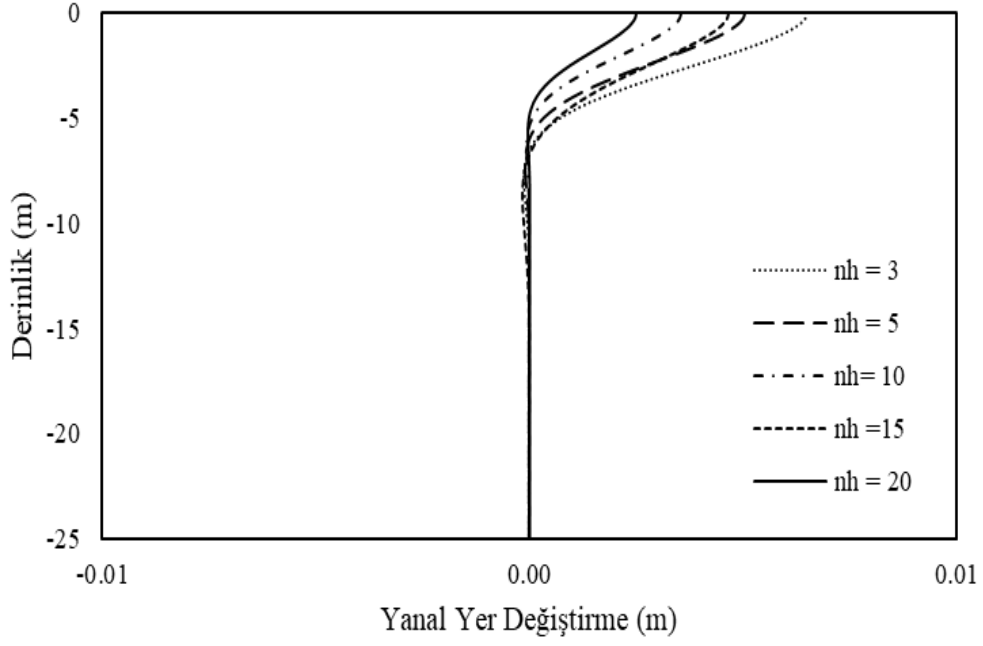
Şekil (102-110)'den Pozitif bölgede gözlemlenen sonuçlar. Pozitif bölgede, N_h değeri artsa bile tüm n parametre değerlerinin yaklaşık olarak eşit olduğu bulunmuştur. Negatif bölgede kesme kuvvetinin en büyük değeri ise en büyük parametre olan $n=2$ 'dedir. Her iki kazıkta da N_h değerinin etkisinin, ne kadar yüksekse, kazık üzerindeki etkisinin o kadar az olduğu açıkça bulunmuştur .



Şekil 111. sabit uclu kazık için elde edilen yer değiştirme değerlerinin karşılaştırılması
($L = 25, n=0.5$)

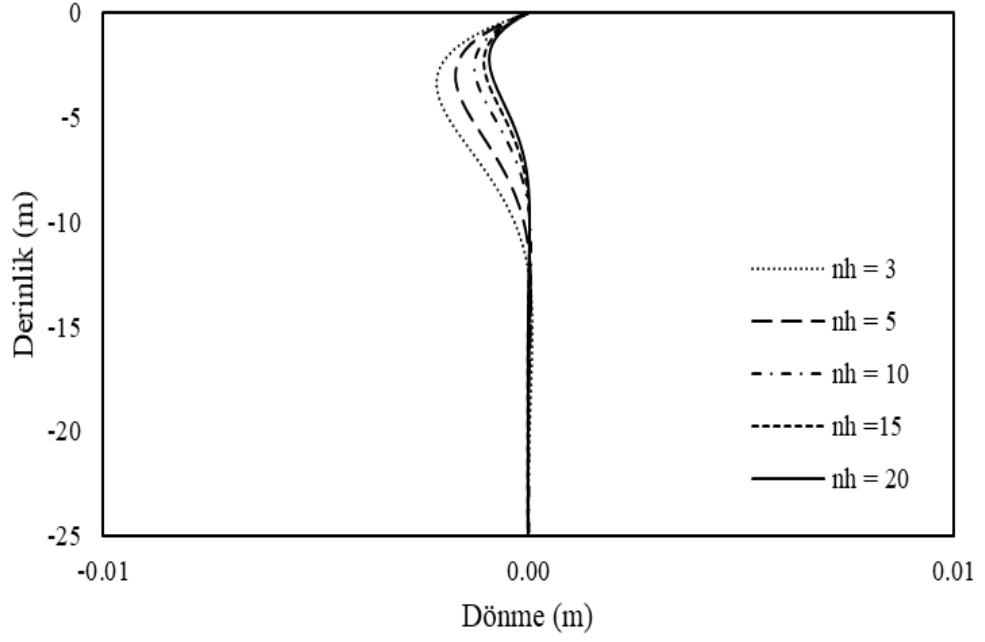


Şekil 112. sabit uclu kazık için elde edilen yer değiştirme değerlerinin karşılaştırılması
($L = 25, n=1$)

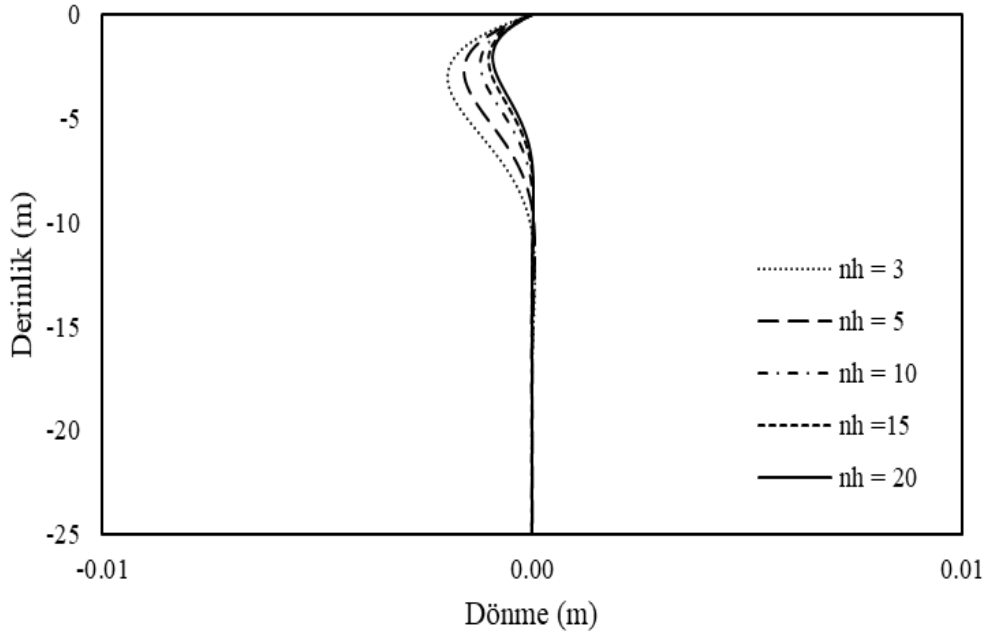


Şekil 113. sabit uçlu kazık için elde edilen yer değiştirme değerlerinin karşılaştırılması
($L = 25$, $n=2$)

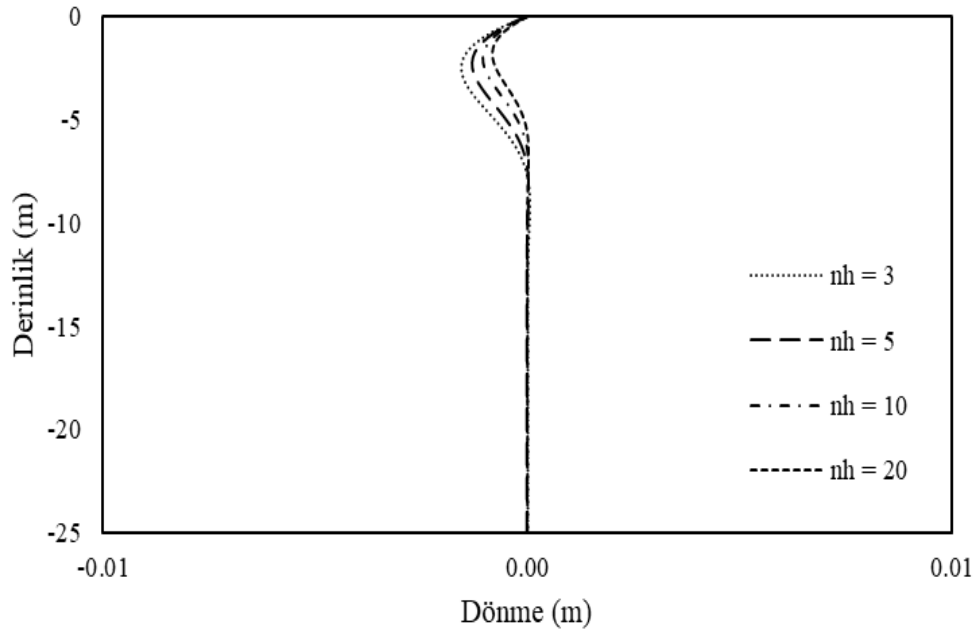
Şekil (111-113)'den, 25 m uzunluğundaki sabit uçlu bir kazığın yer değiştirmesinin tüm sonuçları karşılaştırıldığında, N_h değeri ne kadar düşükse, kazığın yer değiştirmesinin o kadar büyük olduğu bulunmuştur. n parametresinin değeri ne kadar artarsa, kazık derinliği üzerindeki etkisi o kadar az olduğu varılmıştır.



Şekil 114. sabit uclu kazık için elde edilen dönme değerlerinin karşılaştırılması
($L = 25, n=0.5$)

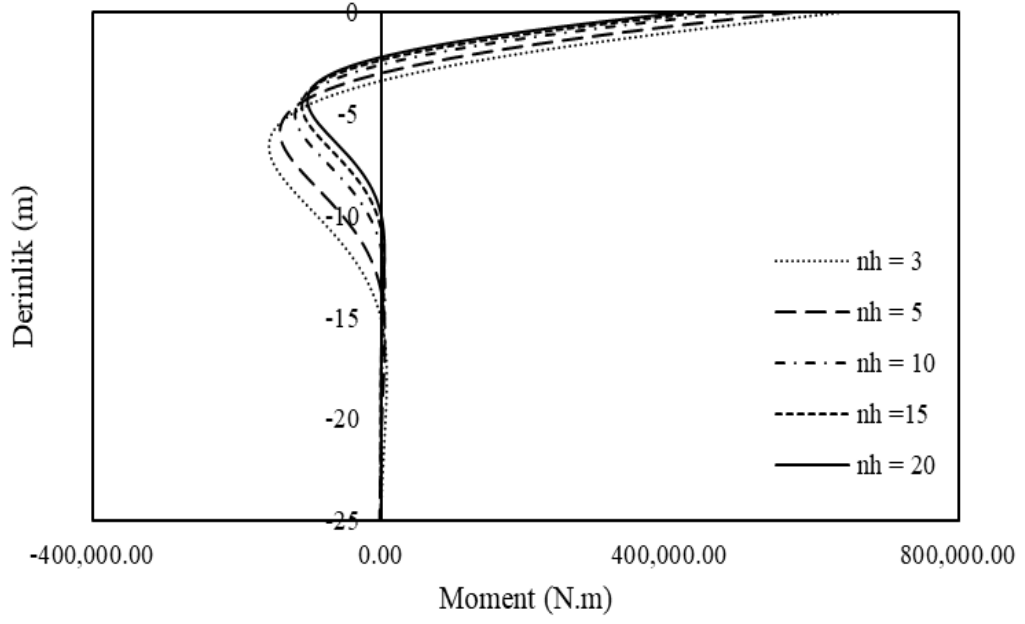


Şekil 115. sabit uclu kazık için elde edilen dönme değerlerinin karşılaştırılması
($L = 25, n=1$)

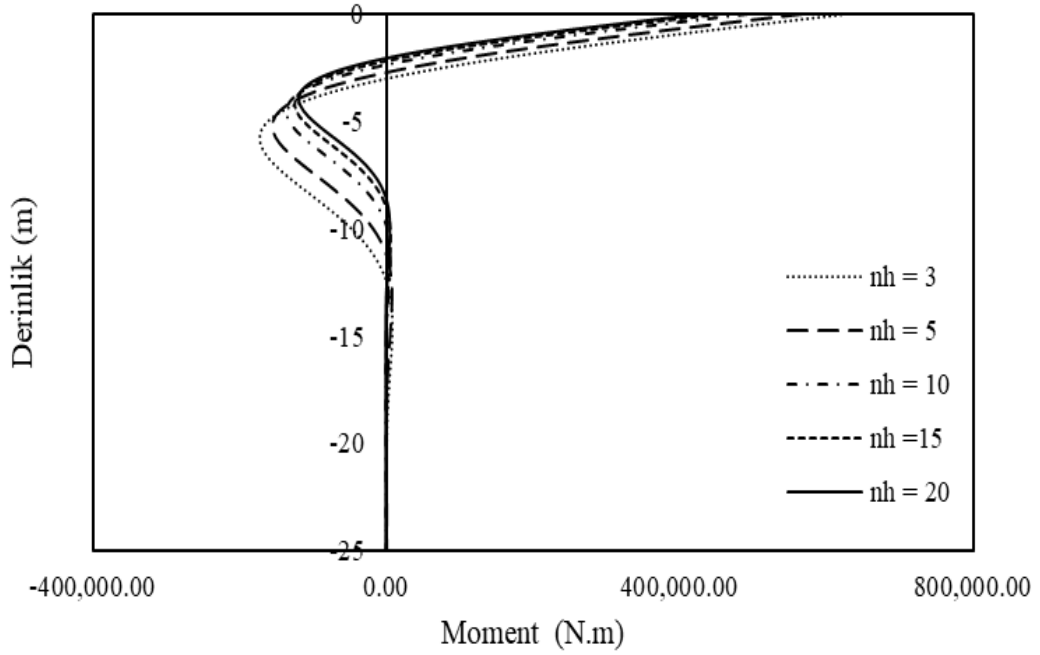


Şekil 116. sabit uclu kazık için elde edilen dönme değerlerinin karşılaştırılması
($L = 25$, $n=2$)

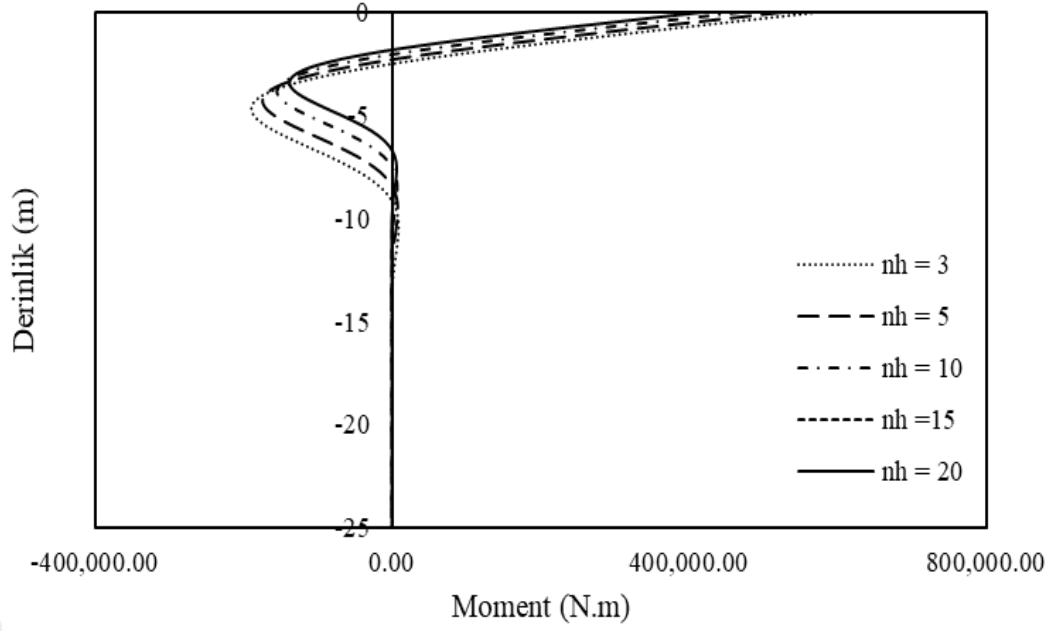
Şekil (114-116)'den, Yukarıdaki grafikte, 25 m uzunluğundaki sabit uçlu bir kazık için tüm dönme sonuçları karşılaştırıldığında, Nh değeri ne kadar düşükse, kazığın yer değiştirmesinin o kadar büyük olduğu bulunmuştur. n parametresinin değeri ne kadar artarsa, kazık derinliği üzerindeki etkisi o kadar az olduğunu açıkça belirtmiştir.



Şekil 117. sabit uclu kazık için elde edilen moment değerlerinin karşılaştırılması
($L = 25$, $n=0.5$)

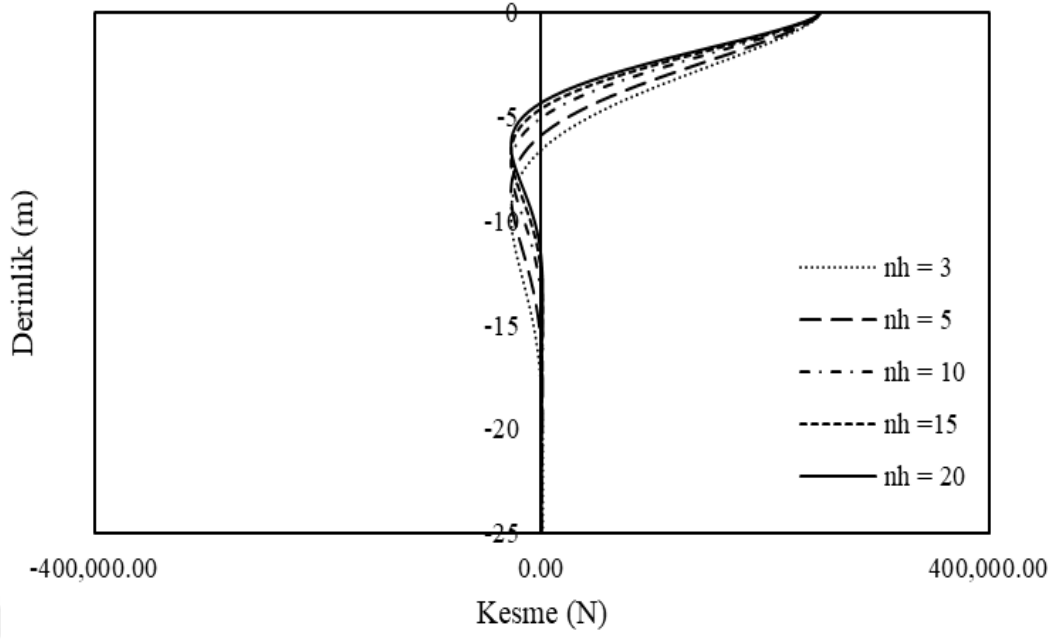


Şekil 118. sabit uclu kazık için elde edilen moment değerlerinin karşılaştırılması
($L = 25$, $n=1$)

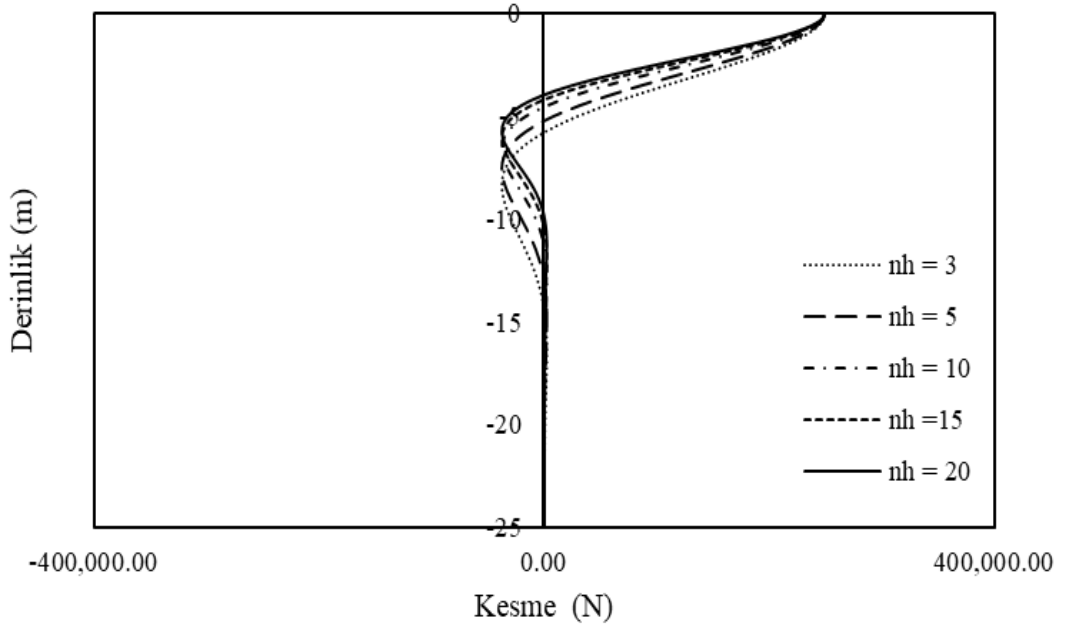


Şekil 119. sabit uclu kazık için elde edilen moment değerlerinin karşılaştırılması
($L = 25$, $n=2$)

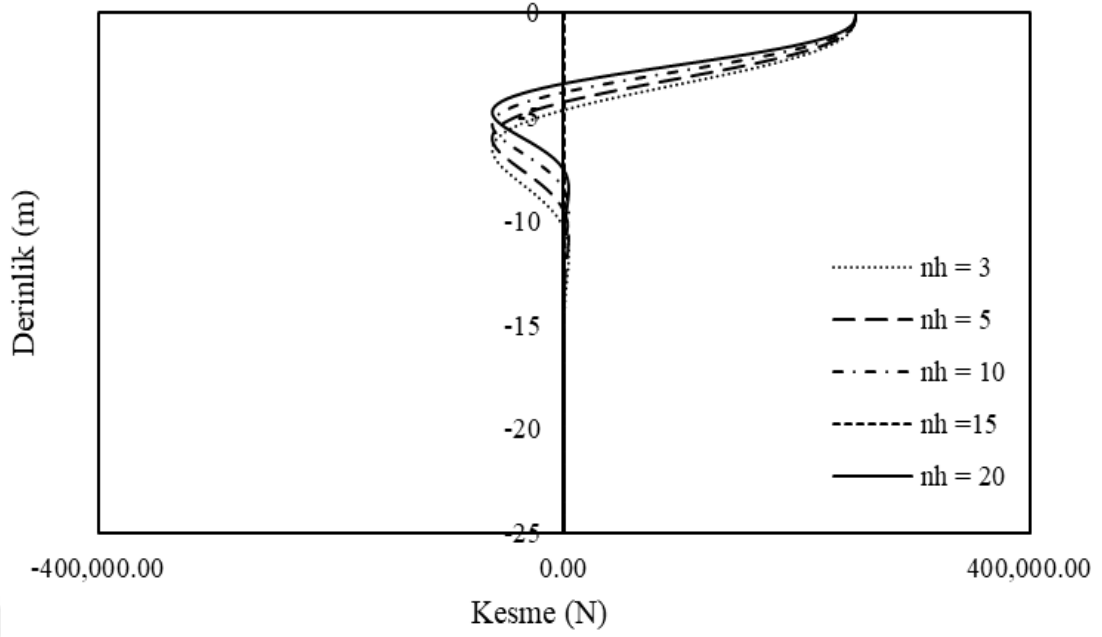
Şekil (117-119)'den Karşılaştırıldığında yanal kuvvete maruz kalan 25 m uzunluğundaki bir kazık için moment eğim sonuçları gözlenmiştir. Nh değeri ne kadar yüksek olursa, moment eğimi eğrisi o kadar düşük olduğu görülmüştür.



Şekil 120. sabit uclu kazık için elde edilen kesme değerlerinin karşılaştırılması
($L = 25, n=0.5$)



Şekil 121. sabit uclu kazık için elde edilen kesme değerlerinin karşılaştırılması
($L = 25, n=1$)



Şekil 122. sabit uclu kazık için elde edilen kesme değerlerinin karşılaştırılması
($L = 25$, $N=2$)

Şekil (119-122)'den, Grafiklerdeki pozitif bölge, n değerleri için eşit sonuçlar göstermiştir. Negatif bölgeye gelince, n parametresi ne kadar büyükse, kesme kuvvetinin kazık üzerindeki derinliği ile etkisi o kadar az olduğu belirtilmiştir.

SONUÇLAR

Bu çalışmada, kumlu zeminde yanal yüke maruz kalan farklı uzunluktaki dairesel çelik kazıklar üzerinde statik analizler yapılmıştır.

Kazıklara etki eden yanal yük, kazıkların yanal yük altındaki davranışları, yatay olarak yüklenen kazıkların detaylı analiz yöntemleri ve kumlu zeminin kazıklar üzerindeki etkisi, kazıkların zeminin yönüne tepkisini ortaya çıkaran bir program aracılığıyla sunulmaktadır.

İki gruba ayrılan farklı uzunluktaki dört çelik kazık için elde edilen sonuçlar her grup iki kazık içerir, birinci grup 25 m ve 30 m uzunluğunda kazıklar serbest uçlu 250 KN yan yük ve 500 KN.m moment kuvveti ile yüklenmiştir ve ikinci grup, 20 m ve 25 m sabit uçlu sadece 250 KN'lik bir yan yük ile yüklenmiştir

Aşağıdaki sonuçlar 25 m ve 30 m uzunluğundaki serbest uçlu kazıklar için, elde edilmiştir:

- 1- kazığın en büyük yer değiştirmesinin en düşük n parametresini değerinde olduğunu göstermiştir. Sonuçlar karşılaştırıldığında, N_h değeri ne kadar düşükse, kazığın yer değiştirmesinin o kadar büyük olduğu bulunmuştur.
- 2- Dönme sonuçlarına gelince, çalışma, n değeri ne kadar düşükse, kazığın dönmesi o kadar büyük olduğunu belirtmiştir ve karşılaştırma yapıldığında, N_h en düşük değerindeki dönme değerinin o kadar büyük olduğu bulunmuştur.
- 3- Eğilme moment kuvvetinin sonuçları, kazık moment en büyük kuvvetinin en büyük n parametresini değerinde olduğunu belirtmiştir ve değerlerin karşılaştırılması yapıldığında, N_h değeri arttıkça n parametresinin moment değerlerine etkisinin azaldığı da gözlenmektedir.
- 4- Kesme kuvvetinin incelenmesi, kazık için en büyük n parametresini değerinde en büyük kesme kuvvetinin elde edilmiştir ve değerlerin karşılaştırılmasına Sonuçlar, n parametresinin değeri ne kadar yüksek olursa, kesmenin kazık üzerindeki etkisi o kadar az olduğunu göstermiştir.

Aşağıdaki sonuçlar 20 m ve 25 m uzunluğundaki sabit uçlu kazıklar için, elde edilmiştir:

- 1- Sabit uçlu kazığın yer değiştirme grafiğinin sonuçları, en büyük yer değiştirmesinin en küçük n parametresini değerinde olduğunu göstermiştir ve N_h

değerleri karşılaştırırken N_h değeri arttıkça, n parametresi üzerindeki etkisinin azaldığı sonucuna varılmaktadır.

- 2- Grafiğin sonuçları kazığın dönmesi, en büyük dönme en küçük n parametresini değerinde olduğunu göstermiştir ve değerleri karşılaştırırken n parametresinin değeri ne kadar artarsa, kazık derinliği üzerindeki etkisi o kadar az olduğunu açıkça belirtmiştir
- 3- Eğilme momenti sonuçlarından elde edilen sonuçlar sabit uçlu kazığın en büyük moment en büyük n parametresini değerinde olduğu görülmüştür ve N_h değerler karşılaştırıldığında N_h değeri ne kadar yüksek olursa, moment eğimi eğrisi o kadar düşük olduğu görülmüştür.
- 4- Kesme kuvveti üzerine yapılan bir çalışma, kazık için en büyük n parametresini değerinde en büyük kesme kuvvetinin elde edilmiştir ve N_h verilen değerler karşılaştırıldığında, n parametresi ne kadar büyükse, kesme kuvvetinin kazık üzerindeki derinliği ile etkisi o kadar az olduğu belirtmiştir.

Bu tür yapı elemanlarının statik yükler altında davranışını idare eden temel denklemler özetlenmiş, kanonik formda elde edilen dördüncü mertebeden adi diferansiyel denklem takımlarının çözümleri Tamamlayıcı Fonksiyonlar Yöntemi (TFY) ile yapılmıştır.

Fortran programı yardımıyla bulunan sonuçlar literatürde verilen sonuçlar ile grafikler üzerinde karşılaştırılmış ve uyum içerisinde olduğu görülmüştür.

Programdan elde edilen sayısal sonuçların analitik çözümlere çok yakın olduğu görülmüştür.

Sonuç olarak, statik yüklemeler altındaki yapı elemanlarının analizi için hazırlanan genel amaçlı Fortran programlarının kontrolü, analitik çözümlerle, literatürdeki bazı örnekler sonuçlarıyla karşılaştırılarak yapılmıştır.

KAYNAKLAR

- Achmus, M. (2010, December). Design of axially and laterally loaded piles for the support of offshore wind energy converters. In *Proceedings of the Indian Geotechnical Conference GEOTrendz-2010, Mumbai, India* (pp. 16-18).
- Arvan, P. A., & Arockiasamy, M. (2022). Energy-Based Approach: Analysis of a Laterally Loaded Pile in Multi-Layered Non-Linear Elastic Soil Strata. *Geotechnics*, 2(3), 570-598.
- Awad, A. and Petrasovits, G. (1968). "Consideration on the Bearing Capacity of Vertical and Batter Piles Subjected to Forces Acting in Different Directions," Proc. 3rd Budapest Conf. SM and FE, Budapest.
- Baek, S. H., Kim, J., Lee, S. H., & Chung, C. K. (2018). Development of the cyclic p-y curve for a single pile in sandy soil. *Marine Georesources & Geotechnology*, 36(3), 351-359.
- Basu, D., Salgado, R., & Prezzi, M. (2011). A New Model for Analysis of Laterally Loaded Piles. In *Geo-Frontiers 2011: Advances in Geotechnical Engineering* (pp. 122-131).
- Bhuiyan, F. M., Motamed, R., Siddharthan, R. V., & Sanders, D. H. (2022). Evaluation of a unified py method for lateral analysis of large-diameter drilled shafts using NVShaft. *Transportation Geotechnics*, 36, 100813.
- Bhuiyan, F. M., Motamed, R., Siddharthan, R. V., & Sanders, D. H. (2022). Evaluation of a unified py method for lateral analysis of large-diameter drilled shafts using NVShaft. *Transportation Geotechnics*, 36, 100813.
- Bhuiyan, F. M., Siddharthan, R. V., & Motamed, R. EVALUATION OF EXISTING PY MODELS FOR CALICHE BASED ON NUMERICAL ANALYSIS OF RAIDERS STADIUM LATERAL LOAD TESTS.
- Broms, B.B. (1964a) . "Lateral Resistance of Piles in Cohesive Soils," JSMFD, ASCE , Vol. 90, SM2.
- Broms, B.B. (1964b). "Lateral Resistance of Piles in Cohesionless Soils," JSMFD, ASCE , Vol. 90, SM3.

- Celebi, K., Yarimpabuc, D., & Keles, I. (2016). A unified method for stresses in FGM sphere with exponentially-varying properties. *Structural Engineering and Mechanics, An Int'l Journal*, 57(5), 823-835.
- Çelik, f. a Comparative Analytical Investigation on The Effects of Different PY Curves for A Laterally Loaded Single Pile Design in Saturated Sandy Soil. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (34), 474-478.
- Chortis, G., Askarinejad, A., Prendergast, L. J., Li, Q., & Gavin, K. (2020). Influence of scour depth and type on p–y curves for monopiles in sand under monotonic lateral loading in a geotechnical centrifuge. *Ocean Engineering*, 197, 106838.
- Davisson, M.T . (1960) . "Behavio r o f Flexibl e Vertica l Pile s Subjecte d t o Moments, Shea r an d Axial Load," Ph.D. Thesis, Univ . of Illinois, Urbana, U.S.A.
- Ekici, A. (2013). *Three dimensional finite element modeling for the laterally loaded passive pile behavior* (Master's thesis, Middle East Technical University).
- Fan, C. C., & Long, J. H. (2005). Assessment of existing methods for predicting soil response of laterally loaded piles in sand. *Computers and Geotechnics*, 32(4), 274-289.
- Fatahi, B., Basack, S., Ryan, P., Zhou, W. H., & Khabbaz, H. (2014). Performance of laterally loaded piles considering soil and interface parameters. *Geomechanics and Engineering*.
- Gupta, B. K., & Basu, D. (2017). Analysis of laterally loaded short and long piles in multilayered heterogeneous elastic soil. *Soils and Foundations*, 57(1), 92-110.
- Haiderali, A. E., & Madabhushi, G. (2016). Evaluation of curve fitting techniques in deriving p–y curves for laterally loaded piles. *Geotechnical and Geological Engineering*, 34, 1453-1473.
- Heidari, M., El Naggar, H., Jahanandish, M., & Ghahramani, A. (2014). Generalized cyclic p–y curve modeling for analysis of laterally loaded piles. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 63, 138-149.
- Huang, A. B., Hsueh, C. K., O'Neill, M. W., Chern, S., & Chen, C. (2001). Effects of construction on laterally loaded pile groups. *Journal of geotechnical and geoenvironmental engineering*, 127(5), 385-397.

- Kardogan, P. S. O., Isik, N. S., Onur, M. I., & Bhattacharya, S. (2019, February). A study on the laterally loaded pile behaviour in liquefied soil using py method. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 471, No. 4, p. 042015). IOP Publishing.
- Khari, M., Kassim, K. A., & Adnan, A. (2014). Development of p - y Curves of Laterally Loaded Piles in Cohesionless Soil.
- Kim, Y., & Jeong, S. (2011). Analysis of soil resistance on laterally loaded piles based on 3D soil–pile interaction. *Computers and geotechnics*, 38(2), 248-257.
- Kubo, J. (1965) . "Experimenta l Stud y o f th e Behaviou r of Laterall y Loade d Piles, " Proc. 6t h Int.Conf. S M and FE , Vol. 2.
- Lalicata, L. M., Rotisciani, G. M., Desideri, A., & Casini, F. (2022). A numerical model to study the response of piles under lateral loading in unsaturated soils. *Geosciences*, 12(1), 1.
- Li, H., Tong, L., Liu, S., Liu, H., & Zhang, M. (2018). Construction and verification of a unified p – y curve for laterally loaded piles. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 77, 987-997.
- Li, S., Yu, J., Huang, M., & Leung, C. F. (2020). Application of T-EMSD based py curves in the three-dimensional analysis of laterally loaded pile in undrained clay. *Ocean Engineering*, 206, 107256.
- Lin, H., Ni, L., Suleiman, M. T., & Raich, A. (2015). Interaction between laterally loaded pile and surrounding soil. *Journal of geotechnical and geoenvironmental engineering*, 141(4), 04014119.
- Liu, X., Cai, G., Liu, L., Liu, S., Duan, W., & Puppala, A. J. (2021). Improved py curve models for large diameter and super-long cast-in-place piles using piezocone penetration test data. *Computers and Geotechnics*, 130, 103911.
- Loos, W., and Breth, H. (1949). Modellversuche uber Biege Beanspruch - ungen Von Pfahlen an d Spunwenden, De r Bauingeniur, Vol. 28.
- Matlock, H. (1970, April). Correlation for design of laterally loaded piles in soft clay. In Offshore technology conference. OnePetro.

- Matlock, H., and Reese, L.C. (1960). "Generalized Solutions for Laterally Loaded Piles," JSMFD, ASCE, Vol. 86, N. SMS, Part 1
- Matsuo, H. (1939) . Tests on the Lateral Resistance of Piles (in Japanese), Research Inst. of Civ. Eng., Min. of Home Affairs, Report No. 46.
- Mayoral, J. M., Pestana, J. M., & Seed, R. B. (2016). Multi-directional cyclic p-y curves for soft clays. *Ocean Engineering*, 115, 1-18.
- Murthy, V.N.S , and Subba Rao , K.S . (1995) . "Prediction of Nonlinear Behaviour of Laterally Loaded Long Piles," *Foundation Engineer*, Vol . 1, No. 2, New Delhi.
- Murthy, V.N.S . (1965) . "Behaviour of Batter Piles Subjected to Lateral Loads, " Ph.D . Thesis , Indian Institute of Technology, Kharagpur, Indian Institute of Technology, Kharagpur, India.
- Nie, S. Q., Zou, X. J., & He, Q. (2018). A Modified p-y Curve Method for Offshore Pile Foundations Under Cyclic Lateral Loading in Soft Clay. In *Proceedings of the 2nd International Symposium on Asia Urban GeoEngineering* (pp. 485-496). Springer Singapore.
- NOORI, A. R. Tamamlayıcı Fonksiyonlar Yöntemi ile Fonksiyonel Derecelenmiş Sandviç Dairesel Plakların Eğilme Analizi. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 37(3), 673-684.
- Noori, A. R., Aslan, T. A., & Temel, B. (2021). Dynamic analysis of functionally graded porous beams using complementary functions method in the Laplace domain. *Composite Structures*, 256, 113094.
- Ömer Timurağaoğlu, M., Fahjan, Y., & Doğangün, A. (2022). Numerical Investigation on PY Method of Group Piles under Static and Dynamic Loads.
- Pang, L., Jiang, C., & Chen, L. (2022). Nonlinear Predictive Framework of the Undrained Clay Slope Effect on the Initial Stiffness of py Curves of Laterally Loaded Piles by FEM. *Journal of Marine Science and Engineering*, 10(11), 1684.
- Peng, W., Zhao, M., Xiao, Y., Yang, C., & Zhao, H. (2019). Analysis of laterally loaded piles in sloping ground using a modified strain wedge model. *Computers and Geotechnics*, 107, 163-175.

- Poulos, H.G., and Davis, E.H. (1980). *Pile Foundation Analysis and Design*, John Wiley & Sons, New York.
- Rathod, D., Muthukkumaran, K., & Sitharam, T. G. (2018). Effect of slope on p-y curves for laterally loaded piles in soft clay. *Geotechnical and Geological Engineering*, 36, 1509-1524.
- Reese, L. C., & O'NEIL, M. W. (1988). Field load tests of drilled shafts. In *International geotechnical seminar on deep foundations on bored and auger piles*. 1 (pp. 145-191).
- Reese, L. C., Cox, W. R., & Koop, F. D. (1974, May). Analysis of laterally loaded piles in sand. In *Offshore Technology Conference*. OnePetro.
- Rishitha, A. L. (2015). *Numerical Modelling of Laterally Loaded Single Pile* (Doctoral dissertation, Indian Institute of Technology Hyderabad).
- Shi, Z., Liu, L., Huang, M., Shen, K., & Wang, B. (2023). Simulation of cyclic laterally-loaded piles in undrained clays accounting for soil small-strain characteristics. *Ocean Engineering*, 267, 113268.
- Stacul, S., & Squeglia, N. (2018). Analysis method for laterally loaded pile groups using an advanced modeling of reinforced concrete sections. *Materials*, 11(2), 300.
- Sun, B., Jiang, C., Pang, L., Liu, P., & Li, X. (2022). Effect of the pile diameter and slope on the undrained lateral response of the Large-Diameter pile. *Computers and Geotechnics*, 152, 104981.
- Tak Kim, B., Kim, N. K., Jin Lee, W., & Su Kim, Y. (2004). Experimental load-transfer curves of laterally loaded piles in Nak-Dong River sand. *Journal of geotechnical and geoenvironmental engineering*, 130(4), 416-425.
- Tang, X., & Yang, M. (2020). Analysis of laterally-loaded piles in weathered rock slopes based on py curve method. *International Journal of Geotechnical Engineering*, 14(7), 809-819.
- Thieken, K., Achmus, M., & Lemke, K. (2015). A new static p-y approach for piles with arbitrary dimensions in sand. *geotechnik*, 38(4), 267-288.
- Tschebotarioff, G.P. (1953). "The Resistance of Lateral Loading of Single Piles and of Pile Group." *ASTM special Publication No. 154*, Vol. 38.

- Turello, D. F., Pinto, F., & Sánchez, P. J. (2019). Analysis of lateral loading of pile groups using embedded beam elements with interaction surface. *International Journal for Numerical and Analytical Methods in Geomechanics*, 43(1), 272-292.
- V.N.S Murthy Geotechnical Engineering book.
- Vesic, A.S. (1961). "Bending of Beam Resting on Isotropic Elastic Solid," *Jou. Eng. Mechs. Div., ASCE*, Vol. 87, No. E
- Wesselink, B. D., Murff, J. D., Randolph, M. F., Nunez, I. L., and Hyden, A. M. ~1988!. "Analysis of centrifuge model test data from laterally loaded piles in calcareous sand." *Engineering for calcareous sediments*, Vol. 1, Balkema, Rotterdam, The Netherlands, 261–270
- Xu, D. S., Xu, X. Y., Li, W., & Fatahi, B. (2020). Field experiments on laterally loaded piles for an offshore wind farm. *Marine Structures*, 69, 102684.
- Yildirim, S. (2020). Free vibration analysis of sandwich beams with functionally-graded-cores by complementary functions method. *AIAA Journal*, 58(12), 5431-5439.
- Yoshimi, Y. (1964). "Piles in Cohesionless Soils Subjected to Oblique Pull," *JSMFD, ASCE*, Vol. 90, SM6.
- Yuan, B., Li, Z., Zhao, Z., Ni, H., Su, Z., & Li, Z. (2021). Experimental study of displacement field of layered soils surrounding laterally loaded pile based on transparent soil. *Journal of Soils and Sediments*, 21(9), 3072-3083.
- Yuan, B., Sun, M., Wang, Y., Zhai, L., Luo, Q., & Zhang, X. (2019). Full 3D displacement measuring system for 3D displacement field of soil around a laterally loaded pile in transparent soil. *International Journal of Geomechanics*, 19(5), 04019028.
- Yuan, B., Sun, M., Wang, Y., Zhai, L., Luo, Q., & Zhang, X. (2019). Full 3D displacement measuring system for 3D displacement field of soil around a laterally loaded pile in transparent soil. *International Journal of Geomechanics*, 19(5), 04019028.
- Zdravković, L., Taborda, D. M., Potts, D. M., Abadías, D., Burd, H. J., Byrne, B. W., ... & Ushev, E. (2020). Finite-element modelling of laterally loaded piles in a stiff glacial clay till at Cowden. *Géotechnique*, 70(11), 999-1013.

Zhang, Y., Andersen, K. H., & Jeanjean, P. (2020). Verification of a framework for cyclic py curves in clay by hindcast of Sabine River, SOLCYP and centrifuge laterally loaded pile tests. *Applied Ocean Research*, 97, 102085.



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı : ZAHRAA RAZZAQ KAREEM ALHACHAMI

Uyruğu : IRAQI

Eğitim

| Derece | Eğitim Birimi | Mezuniyet Tarihi |
|--------|--------------------|------------------|
| Lisans | Wasit Üniversitesi | 2010 |
| Lise | AL-kut Kız lise | 2005 |

İş Deneyimi

| Yıl | Yer | Görev |
|-----------|------------------------------|---------------------------------|
| 2012-2019 | Bir devlet kurumunda Irak'ta | İnşaat mühendis olarak çalıştım |

Yabancı Dil

Arapça: Ana dili

İngilizce: orta

Türkçe: Orta

