ÖZET

Y. Lisans Tezi

KONSOL DAYANMA DUVARLARININ TASARIMINI ETKİLEYEN FAKTÖRLERİN ARAŞTIRILMASI

İsmet Kazım ÇELEBİ

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman : Doç. Dr. Özcan TAN

2010, 133 Sayfa

Jüri : Doç. Dr. Özcan TAN

Yrd. Doç. Dr. Mustafa YILDIZ

Doç. Dr. S. Bahadır YÜKSEL

Bu tez çalışmasında, Geoteknik mühendisliğinde önemli bir yere sahip olan konsol dayanma duvarlarının tasarımını etkileyen faktörler araştırılmıştır. Betonarme konsol dayanma duvarlarının tasarımını etkileyen çok sayıda parametre olup başlıcaları; temel derinliği, duvar yüksekliği, temel genişliği, içsel sürtünme açısı, doğal birim hacim ağırlık ve duvar üst genişliğidir.

Çalışmada kayma ve devrilme güvenliğini etkileyen faktörleri araştırmak için Taguchi Yöntemine göre 8 farklı tasarım tablosu seçilmiştir. Her tasarım için yapılan S/N ve varyans analizleri sonucunda parametrelerin etki grafikleri çizilerek etki yüzdeleri belirlenmiştir. Güvenlik sayısı üzerindeki en etkili parametrelerim içsel sürtünme açısı ve temel genişliği olduğu belirlenmiştir. Kayma ve devrilme güvenliği için geliştirilen modellerin ön boyutlandırmada kullanılabileceği görülmüştür. Kayma ve devrilme güvenliği için matematik modellerle belirlenen güvenlik sayılarının klasik yöntemle belirlenen değerlerle uyum içinde olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Konsol Dayanma Duvarı, Kayma Güvenliği, Devrilme Güvenliği, Taguchi Yöntemi, Matematik Model

ABSTRACT

MSc Thesis

INVESTIGATION OF FACTORS AFFECTING DESIGN OF CANTİLEVER RETAINING WALLS

İsmet Kazım ÇELEBİ

Selcuk University

Graduate School of Natural and Applied Science

Civil Engineering Department

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Özcan TAN

2010, 133 pages

Jury : Assoc. Prof. Dr. Özcan TAN

Assist. Prof. Dr. Mustafa YILDIZ

Assoc. Prof. Dr. S. Bahadır YÜKSEL

In this thesis study, Investigation of factors affecting design of cantilever retaining walls, which are very important in Geotechnical Engineering, have been investigated. There are lots of parameters affecting design of reinforced concrete cantilever retaining walls. Primary factors are foundation depth, height of wall, footing width, angel of internal friction, unit weight of soil and upper wall stem.

In this study, In order to investigate affecting factors to shear and overturning safety of cantilever retaining walls, 8 different orthogonal array tables are chosen according to Taguchi Method. Evaluation for each design S/N and variance analyses, the effect diagrams and ratio of affects were determined. The most efficient parameters on factor of safety were angle of internal friction and footing width. It is understood that the developed models for shear and overturning safety can be used on the tentative design dimensions of cantilever retaining wall. The safety factors obtained by the mathematical models for shear and overturning are found to be in good agreement with those determined by the classical methods.

Keywords : Cantilever Retaining Walls, Shear Safety, Overturning Safety, Taguchi Method, Mathematical Model

ÖNSÖZ

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü yüksek lisans tezi olarak sunulan bu çalışmada, konsol dayanma duvarlarının tasarımını etkileyen faktörler Taguchi yöntemi kullanılarak araştırılmış ve sonuçlar istatistiksel olarak karşılaştırılmıştır.

Yüksek lisans çalışmasını yöneten, bu çalışmaya teşvik eden, çalışma sırasında tecrübelerini ve ilgilerini esirgemeyen değerli hocam Sayın Doç. Dr. Özcan TAN'a teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek Lisans tez çalışmasındaki destek ve teşvikleri nedeniyle Selçuk üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölüm Başkanı Sayın Prof. Dr. M. Yaşar KALTAKCI'ya ve Geoteknik Anabilim Dalı Öğretim Elemanlarına teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmam boyunca maddi manevi destek veren ve yoğun çalışmalarımı anlayışla karşılayan anneme, babama ve aileme sonsuz şükranlarımı sunarım.

İÇİNDEKİLER :

SEMBOL LİSTESİ
ŞEKİL LİSTESİ
TABLO LİSTESİ
1. GİRİŞ 1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI 3
3. MATERYAL VE METOD 7
3.1. Genel Bilgiler 7
3.2. Ağırlık Olmayan İstinat Duvarları 8
3.3. Ağırlık İstinat Duvarları 8
3.3.1. Esnek Tip Ağırlık Duvarları 10
3.3.1.1. Kaya Dolgu Duvarlar 10
3.3.1.2. Tel Örgü Duvarlar 11
3.3.1.3. Kafes Tip Duvarlar 12
3.3.1.4. Donatılı Zemin Duvarları 13
3.3.2. Rijit Tip Ağırlık Duvarları 14
3.3.2.1. Ağırlık İstinat Duvarları 14
3.3.2.2. Konsol İstinat Duvarları 15
3.3.2.3. Payandalı İstinat Duvarları 16
3.3. Rijit Tip Duvarların Ön Boyutlandırılması 17
3.3.1. Ağırlık Duvarları İçin Ön Boyutlandırma 17
3.3.2. Konsol İstinat Duvarlarında Ön Boyutlandırma 18
3.3.3. Payandalı İstinat Duvarları 19
3.4. İstinat Duvarlarına Etkiyen Yanal Toprak Basınçları 20
3.4.1. Genel Bilgi 20
3.4.2. Yanal Toprak Basıncı 20
3.4.2.1. Sükûnetteki Yanal Toprak Basıncı 21
3.4.2.2. Aktif Toprak Basıncı 22
3.4.2.2.1. Rankine Aktif Toprak Basıncı Teorisi 22
3.4.2.2.2. Eğimli Dolgular İçin Rankine Aktif Toprak Basıncı 25
3.4.2.2.3. Coulomb'un Aktif Toprak Basıncı Teorisi 25

3.4.2.3. Pasif Toprak Basıncı 27
3.4.2.3.1. Pasif Rankine Yanal Toprak Basıncı 27
3.4.2.3.2. Eğimli Dolgular İçin Rankine Pasif Toprak Basıncı 29
3.4.2.3.3. Coulomb Pasif Yanal Toprak Basıncı 29
3.5. Kohezyonlu Zeminler 31
3.5.1. Kohezyonlu Zeminlerde Aktif Toprak Basıncı 31
3.5.2. Kohezyonlu Zeminlerde Pasif Toprak Basıncı 34
3.6. Kendini Tutabilen Zemin Yığınları 36
3.7. Zemin Yüzeyinin Yüklenmesi 38
3.8. Coulomb'un Toprak Basıncı Hesabında Kullandığı Göçme Düzlemiyle ilgili Yorumlar 40
3.9. İstinat Duvarlarının Üzerine Etkiyen Kuvvetler 41
3.9.1. Ağırlık İstinat Duvarlarının Üzerine Gelen Kuvvetler 41
3.9.2. Payandalı İstinat Duvarları 44
3.9.3. Sürşarj Yükünden Dolayı Duvarların Üzerine Gelecek Yanal Toprak Basıncı 45
3.9.3.1. Çizgisel Yük 46
3.9.3.2. Şerit Yük 47
3.10. İSTİNAT DUVARLARININ STABİLİTESİ 48
3.10.1. Ötelenmeye Karsı Güvenlik 48
3.11. Dönmeye (Devrilmeye) Karşı Güvenlik 53
3.12. Taşıma Gücü Yönünden Güvenlik 55
3.13. Yüzeysel Temeller için Güvenli Tasıma Gücü 58
3.14. Birleşimler 60
3.15. Drenaj Önlemleri 61
3.16. Dolgu Malzemesi 63
3.17. Taguchi Yöntemi 63
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI 67
4.1. S/N Analizleri 71
4.1.2. Varyans Analizleri 91
4.1.3. Kayma Güvenliğinin Belirlenmesi İçin Matematiksel Model Geliştirilmesi 100

4.1.4. Devrilme Güvenliğinin Belirlenmesi İçin Matematiksel Model Geliştirilmesi 101
4.1.5. Geliştirilen Modellerin Güvenilirlikleri ve İstatistiksel Analizler 102
5. SONUÇLAR VE TARTIŞMA 110
KAYNAKLAR : 114
EKLER 117
Ek 1. 118

SEMBOL LİSTESİ

α	:	Devrilme toplam etki katsayısı
B	:	Temel genişliği
β	:	Duvarın arka yüzünün düseyle yaptığı açı
c	:	Zeminin kohezyonu
c_a	:	Zemin ile taban arasındaki adhezyon katsayısı
(D_f)	:	Temel Derinliği
δ	:	Zemin ile taban plağı arasında sürtünme açısı
e	:	Eksantrisite
ϕ	:	Zeminin İçsel Sürtünme Açısı
γ_n	:	Doğal birim hacim ağırlık
H	:	Duvar yüksekliği
H_c	:	Kritik yükseklik
K_a	:	Aktif yanal toprak basıncı katsayısı
K_p	:	Pasif yanal toprak basıncı katsayısı
Ko	:	Sükunetteki yanal toprak basıncı katsayısı
λ	:	Kayma tahkiki için kullanılan toplam etki katsayısı
λ_γ	:	Devrilme tahkiki için birim hacim ağırlık etki faktörü
λ_B	:	Devrilme tahkiki için Genişlik etki faktörü
λ_ϕ	:	Devrilme tahkiki için içsel sürtünme açısı etki faktörü
λ_{DF}	:	Devrilme tahkiki için derinlik etki faktörü
λ_H	:	Devrilme tahkiki için yükseklik etki faktörü
M_o	:	Duvarı döndürmeye çalışan kuvvetlerin momentleri
M_r	:	Duvarın dönmesine engel olan kuvvetlerin momentleri
MSD	:	Ortalama Sapmaların Karesi
μ	:	Duvar-zemin arasındaki sürtünme açısı
n	:	Bir deneydeki tekrar sayısı
P	:	Etki Oranı
P_a	:	Aktif toprak itkisi
P_p	:	Pasif toprak itkisi

P_o	:	Sükünet durumundaki toprak itkisi
q	:	Sürşarj yükü
q_{mak}	:	Zeminin en büyük taban gerilmesinin
q_a	:	Zeminin güvenli taşıma gücü
S/N	:	Veri Tekrar Oranı
S_s	:	Kareler Toplamı
σ_h	:	Yatay gerilme
σ_v	:	Düşey gerilme
u	:	Hidrostatik su basıncı
V	:	Varyans
Y_1	:	Deney sonuçlarıdır
Y_0	:	Bilinen belirli hedef değeridir
Ψ_γ	:	Kayma tahkiki için birim hacim ağırlık etki faktörü
Ψ_B	:	Kayma tahkiki için genişlik etki faktörü
Ψ_ϕ	:	Kayma tahkiki için içsel sürtünme açısı etki faktörü
Ψ_{DF}	:	Kayma tahkiki için derinlik etki faktörü
Ψ_H	:	Kayma tahkiki için yükseklik etki faktörü
z	:	Duvar arkası zemin yüzünden derinlik
Z_c	:	Çekme çatlağı derinliği

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 3.1 Ağırlık olmayan istinat duvarları....8
Şekil 3.2 Beton ağırlık duvar çeşitleri, genel boyutları (NAVFAC,1982) 9
Şekil 3.3 Basit ağırlık duvarlar....9
Şekil 3.4 Kaya dolgu duvarlar (Hunt,1986)....10
Şekil 3.5 Metal sandık tipi duvarlar (Hunt,1986)....11
Şekil 3.6 Kafes tipi duvarlar (Hunt,1986)....12
Şekil 3.7 Donatılı Zemin Duvarlar....13
Şekil 3.8 Granüler ve iyi drenajlı zeminlerde aktif toprak basıncı için gerekli dolgu geometrisi (Bowles,1974)....14
Şekil 3.9 Rijit istinat duvarı tipleri....15
Şekil 3.10 Ağırlık istinat duvarlarında ön boyutlandırma....17
Şekil 3.11 Konsol istinat duvarında ön boyutlandırma (Hool ve Kine,1944) 18
Şekil 3.12 Payandalı istinat duvarlarında ön boyutlandırma (Bowles,1974)....19
Şekil 3.13 Rankine aktif toprak basıncının yayılışı....23
Şekil 3.14Coulomb aktif toprak basıncı 25
Şekil 3.15 Pasif Rankine yanal toprak basıncı....28
Şekil 3.16 Coulomb pasif toprak itkisi ve duvara etkiyen kuvvetler 30
Şekil 3.17 Kohezyonlu zeminde aktif toprak basıncı....32
Şekil 3.18 Kohezyonlu zeminlerde zemin üzerinde yükleme olmadığı durumda aktif toprak basıncı (Juminikis, 1964)....33
Şekil 3.19 Kohezyonlu Zeminlerde Pasif Toprak Basıncı Ve Pasif Toprak Basıncında Etkiyen Kuvvetler (Bowles, 1974)....35
Şekil 3.20 Kohezyonlu zeminlerde gerilme çatlakları (Bowles,1974)....36
Şekil 3.21 Aktif toprak basıncı dağılımı....37
Şekil 3.22 Eğimli bir dolguya sahip zemin yüzeyinin yüklenmesi....38
Şekil 3.23 Dolgunun eğimsiz olması durumunda zemin yüzeyinin yüklenmesi 39
Şekil 3.24 Zemin yüzeyi yüklenmiş bir istinat duvarında yanal toprak basınç diyagramı (Bowles, 1974)....39

Şekil 3.25 Duvarın sürtünmesi dikkate alındığında aktif ve pasif toprak basıncı için kayma düzleminin doğası (Das,1999) 40
Şekil 3.26 İstinat duvarlarındaki kuvvetler (a) Coulomb analizi (b)Rankine Analizi Ağırlık İstinat Duvarlarının Üzerine Gelen Yükler 42
Şekil 3.27 Konsol istinat duvarınki kuvvetler (TS 7994) 43
Şekil 3.28 Konsol istinat duvarında aktif toprak basıncı ve taban basıncı (Bowles, 1974) 43
Şekil 3.29 Payandalı istinat duvarının analizi 44
Şekil 3.30 Huntingtan'a göre düşey momentlerin dağılışı (Bowles, 1974) 45
Şekil 3.31 Çizgisel yükün duvara etkisi 46
Şekil 3.32 Şerit yükün duvara etkisi 47
Şekil 3.33 İstinat duvarının taban boyunca kaymaya karşı kontrolü 51
Şekil3.34 Radyeye diş yapılması halinde sürtünme uzunluğunun ve pasif basıncın artışı 51
Şekil3.35 Eğimli topuğa sahip istinat duvarları ve gerilme dağılımı (Das, 1999) 52
Şekil 3.36 A katsayısı değerleri (Das, 2002) 52
Şekil 3.387 Dönme tahkiklerinde Rankine teorisine göre oluşan kuvvetler (Das, 1999) 55
Şekil 3.38 En büyük ve en küçük zemin gerilmelerinin dağılımı 55
Şekil 3.39 Stabilite kontrollerinde tasıma gücü kapasitesi kontrolü (Das,1999) 56
Şekil 3.40 Taşıma gücü modeli 58
Şekil 3.41 İstinat duvarlarında çeşitli birleşimler 60
Şekil 3.42 Su seviyesinin temel altında olması durumunda uygulanabilecek drenaj sistemi 61
Şekil 3.43 Yer altı suyunun temel üstünde olması durumunda uygulanabilecek drenaj sistemi 62
Şekil 3.44 Yer altı suyunun temel üstünde olması durumunda uygulanabilecek drenaj sistemi 62
Şekil 3.45 Konsol İstinat Duvarı Tip Enkesiti 68
Şekil 4.1 Kayma güvenliği için parametre etki grafikleri (1. Tasarım) 75
Şekil 4.2 Devrilme güvenliği için parametre etki grafikleri (1. Tasarım) 76
Şekil 4.3 Kayma güvenliği için parametre etki grafikleri (2. Tasarım) 77

Şekil 4.4 Devrilme güvenliği için parametre etki grafikleri (2. Tasarım) 78
Şekil 4.5 Kayma güvenliği için parametre etki grafikleri (3. Tasarım)..... 79
Şekil 4.6 Devrilme güvenliği için parametre etki grafikleri (3. Tasarım) 80
Şekil 4.7 Kayma güvenliği için parametre etki grafikleri (4. Tasarım)..... 81
Şekil 4.8 Devrilme güvenliği için parametre etki grafikleri (4. Tasarım) 82
Şekil 4.9 Kayma güvenliği için parametre etki grafikleri (5. Tasarım)..... 83
Şekil 4.10 Devrilme güvenliği için parametre etki grafikleri (5. Tasarım) 84
Şekil 4.11 Kayma güvenliği için parametre etki grafikleri (6. Tasarım)..... 85
Şekil 4.12 Devrilme güvenliği için parametre etki grafikleri (6. Tasarım) 86
Şekil 4.13 Kayma güvenliği için parametre etki grafikleri (7. Tasarım)..... 87
Şekil 4.14 Devrilme güvenliği için parametre etki grafikleri (7. Tasarım) 88
Şekil 4.15 Kayma güvenliği için parametre etki grafikleri (8. Tasarım)..... 89
Şekil 4.16 Devrilme güvenliği için parametre etki grafikleri (8. Tasarım) 90
Şekil 4.17 Klasik Yöntem-Model kayma güvenliği sayıları..... 102
arasındaki dağılım 102
Şekil 4.18 Kayma güvenliği modelinde rölatif hataların dağılımı..... 103
Şekil 4.19 Kayma güvenliği modelinde mutlak-olasılık grafiği 103
Şekil 4.20 Klasik Yöntem-Model güvenlik sayıları arasındaki dağılım 104
Şekil 4.21 Devrilme güvenliği modelinde rölatif hataların dağılımı..... 105
Şekil 4.22 Devrilme güvenliği modelinde mutlak-olasılık grafiği..... 105
Şekil 4.23. Güvenlik sayısının duvar yüksekliği ile değişimi..... 106
Şekil 4.24. Güvenlik sayısının temel genişliği ile değişimi..... 107
Şekil 4.25. Güvenlik sayısının içsel sürtünme açısı ile değişimi 107
Şekil 4.26 Güvenlik sayısının birim hacim ağırlık ile değişimi..... 108
Şekil 4.27 Güvenlik sayısının temel derinliği ile değişimi..... 108

TABLO LİSTESİ

Tablo 3.1 Zeminlerin içsel sürtünme açıları ile betonarme plak arasındaki μ sürtünme katsayıları 49
Tablo 3.2 Hesap Verileri ve Yüklerin Hesabında Kullanılan Semboller 68
Tablo 4.1 Konsol istinat duvarı için seçilen parametreler 69
Tablo 4.2 Kaymaya karşı güvenlik sayıları 70
Tablo 4.3 Devrilmeye karşı güvenlik sayıları 70
Tablo 4.4 Kayma güvenliği için S/N değerleri 71
Tablo 4.5 Devrilme güvenliği için S/N değerleri 72
Tablo 4.6 Parametre seviyelerinin ortalama S/N oranları (Kayma) 73
Tablo 4.7 Parametre seviyelerinin ortalama S/N oranları (Devrilme) 74
Tablo 4.8 Tasarımların Varyans Analizi (ANOVA) Sonuçları (Kayma Tahkiki) 92
Tablo 4.9 Tasarımların Varyans Analizi (ANOVA) Sonuçları (Devrilme) 93
Tablo 4.10 Optimum Koşullar ve Performans Değerleri (Kayma) 96
Tablo 4.10 Optimum Koşullar ve Performans Değerleri (Kayma) 97
Tablo 4.11 Optimum Koşullar ve Performas Değerleri (Devrilme) 98
Tablo 4.11 Optimum Koşullar ve Performas Değerleri (Devrilme) 99
Tablo 4.12 Kayma Tahkiki İçin Güvenlik Sayıları Etki Faktörleri 100
Tablo 4.13 Devrilme Tahkiki İçin Güvenlik Sayıları Etki Faktörleri 101
Tablo 4.14 Farklı Parametre değerleri için güvenlik sayıları 109
Ek Tablo 1. Tasarımlarda kullanılan 1024 farklı durum için klasik yöntemlerle ve matematik modellerle belirlenen kayma ve devrilme güvenliği sayıları ile rölatif hata oranları 118

1. GİRİŞ

Zemini iki farklı seviyede tutan ve yanal zemin basınçlarının etkisinde olan yapılara dayanma yapıları denilmektedir. Doğal veya yapay şevlerin stabilitesini sağlamak, kayma ve göçme ihtimali olan zeminlerin yıkılmasını önlemek, binalarda bodrum duvarları oluşturmak, düşeye yakın temel çukurlarının stabilitesini sağlamak, köprülerde kenar ayaklar inşa etmek, kıyıların erozyon ve taşkınlara karsı korunmasını sağlamak vb amaçlarla dayanma yapıları oluşturulmaktadır.

Dayanma yapıları genel olarak rijit, yarı rijit ve esnek dayanma yapıları olarak sınıflandırılmaktadır. Rijit dayanma yapılarına istinat duvarları, esnek dayanma yapılarına ise palplanş perdeleri örnek olarak verilebilir. İstinat duvarlarının birçok tipi mevcuttur. Bu tip yapılar ağırlık tipi duvarlar, yarı ağırlık tipi duvarlar, konsol duvarlar, payandalı, ters payandalı, kafes tipi ve sandık tipi duvarlar olarak adlandırılmakta, uygulamada betonarme konsol istinat duvarları yaygın olarak kullanılmaktadır.

İstinat duvarlarının statik ve dinamik durumlar için tasarımları yapılabilmektedir. Statik durumlarda istinat duvarlarının üzerine gelen toprak basınçları Rankine ve Coulomb teorileri yardımıyla kolaylıkla tespit edilebilmektedir. Ancak dinamik koşullar altında duvarların üzerine etkiyen kuvvetlerin tespit edilmesi statik durumlara nazaran oldukça zordur. Bu tip durumlarda analizlerin doğru bir şekilde yapılabilmesi için çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Mononobe-Okabe tarafından Coulomb'un kayan kama teorisinin genişletilmiş bir versiyonu olarak sunulan yöntem kendisinden sonra geliştirilen yarı-statik yöntemler için bir başlangıç noktası olmuştur. Yarı-statik yöntemlerde üzerinde durulması gereken en önemli nokta ivme katsayısının seçiminin doğru bir şekilde yapılmasıdır. Bu şekilde çözümler yapılırken depremin çevrimsel etkisi aslında göz önüne alınmamakta ve deprem sırasında istinat duvarına gelen kuvvetler sanki bir statik kuvvetmiş gibi dikkate alınmaktadır.

Bilgisayar teknolojisinde meydana gelen gelişmeler sonucu hesaplanması zor ve uzun zaman alan durumların çözümlenebilmesi ile birlikte sonlu elemanlar yöntemiyle çözüm yapan bilgisayar programları yardımıyla önemli projeler için istinat duvarlarının deprem sırasında göstereceği davranışlarının analizi depremin çevrimsel etkileri de dikkate alınarak yapılmaya başlanmıştır. Hesap süresi, geçmişe göre azalmış olsa da yarı-statik yöntemlerle kıyaslandığında çok daha fazla zaman alabilmekte ve programları kullanılabilmek için bilgisayar teknolojisi konusunda özel bilgi birikimine gerek duyulmaktadır.

Betonarme konsol istinat duvarlarının tasarımı için ön boyutlandırma yapılmakta, seçilen boyutların taşıma gücü, devrilme, kayma ve toptan göçmeye karşı güvenli ve ekonomik oldukları gösterilmektedir. Bunun için belirli sayıda tekrarlı analizler yapılması gerekmektedir. Ön tasarım için geliştirilmiş çeşitli kılavuzlar kullanılmaktadır. Ancak bu kılavuzlar, zemin ve şeve ait parametrelere göre geliştirilmediğinden tekrar sayısının azaltılmasında yararlı olmaktadır.

Konsol istinat duvarların statik yükler için tasarımını etkileyen bir çok parametre bulunmaktadır. Başlıcaları; duvar yüksekliği, temel genişliği, zeminin kayma direnci parametreleri, zemin eğim açısı, doğal birim hacim ağırlığı, temel derinliği, duvar üst genişliği, duvar eğimi, temel ön genişliği, temel kalınlığı, temel-zemin arasındaki sürtünme açısı, betonun ve donatının özellikleri vb. olarak sıralanabilir.

Bu tez çalışmasında tasarımda etkili olan parametreler dikkate alınarak parametrelerin kayma ve devrilme güvenliği üzerindeki etkilerinin optimizasyon tekniği ile araştırılması ve ön boyutlandırmada kullanılabilecek pratik matematik modellerin geliştirilmesi hedeflenmiştir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Alkaya (2008), "İstinat Duvarlarının Spread Sheet (Excel) Programı ile Çözümü ve Maliyet Analizi Uygun Duvar Tipinin Belirlenmesi" başlıklı bir çalışma yapmıştır. Hazırlanan programla konsol ve ağırlık tipi istinat duvarı çözümleri hızlı bir biçimde yapılabilmektedir. Program depremli ve depremsiz durumlar için stabilite tahkikleri yapmakta, maliyet analizlerini çıkarmaktadır. Program istinat duvarı projelendirmesini kolaylaştırmakta ve hatalı çözümler yağılması riskini azaltmaktadır. Hazırlanan programla farklı zemin koşullarında kargir ve betonarme konsol istinat duvarlarının maliyetleri incelenmiş ve yaklaşık 3.5 m'den sonra betonarme konsol istinat duvarlarının daha ekonomik olduğu belirtilmiştir.

Mononobe , Okabe ve Matsuo tarafından, İstinat duvarlarına depremden dolayı etkiyecek zemin basınçlarını belirlemeye yönelik bir çalışma yapılmıştır. (Mononobe, 1924; Okabe, 1924; Okabe, 1926; Mononobe ve Matsuo, 1929). Eşdeğer statik basınç adıyla anılan bu yöntem Coulomb kayma kaması teorisinden yararlanılarak geliştirilmiştir.

Seed ve Whitman (1970), Mononobe, Okabe ve Matsuo'nun yöntemlerinin uygunluğunu değerlendirmek için daha sonra bir çok araştırma yapılmıştır (Seed ve Whitman, 1970; Richard ve Elms, 1979; Whitman ve Liao, 1984; Steedman ve Zeng, 1990). Günümüzde ise bu tür problemler sayısal yöntemleri kullanan bilgisayar programları yardımıyla kolaylıkla çözülmektedir.

Wood (1973) tarafından istinat duvarına dinamik itkinin hesabının yapılmasını irdelenmiştir. Rijit duvarların dinamik davranışını; sabit, yanal olarak etkiyen ivme altında, homojen zemin üzerinde elastik çözümler kullanarak incelemiştir. Rijit duvarlara örnek olarak kaya üzerine inşa edilen fazla kütleye sahip ağırlık tipi istinat duvarları, alttan ve üstten hareketleri kısıtlanmış bodrum duvarları verilebilir. Wood'un analitik modelini, rijit taban üzerine oturan iki rijit duvar arasına yerleştirilen zemin oluşturur. Duvarlar, birbirlerini etkilemeyecek kadar uzağa

yerleştirilmiştir. Verilen hareket ivmesinin frekansının zeminin temel frekansının yarısından küçük olduğu durumlarda dolgu ivmesi büyütmesi ihmal edilmektedir.

Steedman ve Zeng (1990), zemin profili içinde ilerleyen düşey kayma dalgalarının yükseklik boyunca yarattığı faz farkının dikkate alındığı pseudo-dinamik bir çözüm yöntemi önermişlerdir. Steedman ve Zeng modeli sunulmuştur. Bu durumda duvara etkiyen sismik basınçlar, zemin kamasının bir dilimine etkiyen atalet kuvvetlerinin duvar yüksekliği boyunca entegre edilmesiyle elde etmiştir.

Richards ve Elms (1979), yer değiştirmeye bağlı tasarım fikriyle, ağırlık tipi istinat duvarlarının sismik yüklere karsı tasarımında yeni bir yaklaşım getirdiler. Richards ve Elms yöntemi Mononobe-Okabe teorisini duvarın ataleti ve beraberindeki duvar yer değiştirmeleriyle birleştirir. Duvar ataletinin etkisiyle, duvar arkasında oluşan gerçek dinamik basınçların Mononobe-Okabe yönteminden daha fazla olduğunu savunan Richards-Elms yöntemi, duvarın hareketinin sadece kaymayla sınırlı kaldığını ve herhangi bir dönme, sallanma hareketinin gerçekleşmediğini kabul eder.

Whitman ve Liao (1984), Richards-Elms modelindeki hataları istatistiksel bir bakış açısıyla incelemişlerdir. Deprem hareketinin karakteristiklerindeki belirsizlikler, istinat duvarının dalga yönüne göre sahadaki yerleşimi, dolgu ve temeldeki içsel sürtünme acıları, duvar-zemin sürtünme açısı modele dahil edilmişlerdir. Whitman ve Liao, deprem hareketinde düşey zemin ivmesi olmasa bile; kinematik şartları sağlaması için yatay zemin hareketinden doğacak düşey zemin hareketi ve ivmesinin etkisini, rijit-plastik modeldeki belirsizlikleri, duvarın dönme hareketini de çözümlemelerine dahil etmişlerdir. Böylece güvenlik faktörleri kendiliğinden modelin içine eklenmiştir.

Nadim ve Whitman (1983), Mononobe-Okabe ve Richards-Elms yöntemlerinin zeminin ivme büyütmesini gözardı ettiğini; duvarların ivme büyütmesi altında daha fazla dinamik basınç ve yer değiştirmeye maruz kaldıklarını belirtir. Nadim ve Whitman'ın çalışmalarında, deprem hareketinin harmonik fonksiyon ve

gerçek kayıtlar olarak tanıtıldığı sonlu elemanlar çözümlemeleri rijit duvar kabulüyle karsılaştırıldıklarında ivme büyütmesini ve beraberinde basınç artışlarını ortaya koyarlar. Nadim ve Whitman, ivme büyütmesini mevcut tasarım yöntemlerine dahil edebilmek amacıyla tasarım kriterleri önermiştir.

Öztürk T. Ve Öztürk Z. (2005), "Deprem Bölgelerinde Prefabrike Betonarme İstinat Duvarlarının Tasarımı" adlı bir çalışma yapmıştır. Prefabrike sistemlerin; inşaat süresi kısalığı, işgücü ile kalıp ve iskeledeki tasarruf, iklim şartlarına bağlı olmama, imalat ve inşaatın birlikte sürdürülmesi, elemanlara ve birleşimlere istenilen şeklin verilebilmesi, iyi ve üniform bir kalitenin elde edilmesi gibi üstünlükleri bilinmekle beraber, prefabrikenin bilinen üstünlüklerinin betonarme istinat duvarlarında da kullanılabileceği düşünülerek gerçekleştirilen bu çalışmada prefabrike betonarme konsol ve nervürlü istinat duvarlarının tasarımı incelenmiştir. Deprem bölgelerinde geniş uygulama alanı bulan istinat duvarlarında düşey yükler ve toprak itkilerinin yanında deprem etkileri ve demiryolu titreşimleri de dikkate alınmıştır.

Yunatçı, Çalışkan ve Özkan (2003), "İstinat Yapılarının Sismik Yükler altında Davranışı ve Tasarım Yöntemleri" ile ilgili çalışmalarında, istinat duvarlarının deprem etkilerine karsı koyacak şekilde tasarlanması üzerine çeşitli çözümleme yöntemleri geliştirilmiştir. Bunlardan ilki, yatay deprem yükünün yanal sismik katsayı ve duvarla etkileşime giren potansiyel zemin kütlesinin çarpımları olarak temsil edildiği; ve ek yükler altında denge koşullarının sağlanmaya çalışıldığı "pseudostatik" yöntemlerdir. Statik durumdaki Coulomb metodunun geliştirilmişi olan Mononobe-Okabe metodu, önerilen pseudostatik yöntemlerin ilkidir, ve limit durum tasarımına olanak sağlamaktadır. Konu gelisip, duvar rijitliklerinin ve hareketlerinin yanal toprak basınçlarına etkisi fark edildiğinde, izin verilen yerdeğiştirmeye bağlı yöntemler ortaya çıkmıştır. Sonlu elemanlar metodu kullanılarak yapılan sayısal çözümlemelerle birlikte; küçük ölçekli laboratuvar sarsma tablası modelleri, santrifuj model deneyleri, gerçek ölçekli arazi deneyleri istinat yapılarının sismik davranışının anlaşılmasında değer biçilemez rollere sahiptirler.

Yenidoğan (2006), bir tez çalışması yapmıştır. Tezin hazırlanmasının amacı istinat duvarlarının sismik tasarımında kullanılan yarı-statik yöntemlerin irdelenmesi ve istinat duvarlarının deprem sırasında verecekleri tepkilerin ve davranışların araştırılmasıdır. Tezde bölüm 2'de istinat duvarı tipleri ve uygulama alanları anlatılmaktadır. Bölüm 3'te istinat duvarlarının üzerine etkiyen yanal toprak basıncı tipleri ve yanal toprak basınçlarının hesaplanmasında kullanılan en yaygın yaklaşımlar anlatılmaktadır. Yarı-statik yöntemlerin temelini oluşturan Mononobe-Okabe yöntemi sunulduktan sonra bu yöntemden sonra geliştirilmiş olan diğer yöntemler kronolojik sırasına göre açıklanılmaya çalışılmıştır. Ayrıca istinat duvarlarının tasarlanmasında dikkate alınan kuvvetler dışında, duvarların yapacağı deplasmanlar ve duvar tasarımı üzerindeki etkileri açıklanmıştır. Yarı-statik yöntemlerle birlikte sonlu elemanlar yöntemi ile gerçekleştirilen dinamik davranış analizi ile yarı-statik yöntemlerden elde edilen sonuçların sonlu elemanlar analizinden elde edilen sonuçlar ile karşılaştırılması yapılmaktadır.

Coulomb (1776) ve Rankine (1857) aktif ve pasif zemin basıncıyla ilgili teorileri, zemin dolgusunun içinde kırılma yüzeyi meydana gelinceye kadar yatay yönde zeminlerin yeterli miktarda hareket etmesine dayanır.

Zemin kütlelerini tutan istinat duvarlarının maruz kalabileceği üç sınır deger vardır;

- Duvarın hiçbir şekilde hareketine izin verilmemesi durumunda, duvarın maruz kalacağı sükunetteki toprak basıncı,
- Duvarın dolgudan dışarı doğru hareketiyle zeminin mobilize olması sağlandıktan sonra meydana gelen aktif toprak basıncı,
- Duvarın dolguya doğru yeterli miktarda hareket etmesiyle zeminin mobilize olması sağlandıktan sonra alabileceği pasif toprak basıncı.

Aktif basınç, toprak basıncının alabileceği minimum değer olup duvarın dolgudan uzaklaşmasıyla oluşur ve göçme anında meydana gelir. Pasif basınç ise zeminde oluşan en büyük gerilme olup, zeminin kabarmasıyla göçme meydana gelmektedir.

Yıldırım (2002), Duvar arkası aktif zemin itkisinin yanı sıra zemin üzerine etkime olasılığı olan çizgisel veya şerit bir yükün duvara yapacağı etki, elastisite kuramı yoluyla belirlenmesi hakkında çalışmalar yapmıştır.

3. MATERYAL VE METOD

3.1. Genel Bilgiler

Zeminlerin iki farklı seviyede tutulması geoteknik mühendisliğinin en eski uygulama alanlarından birisidir. Zemin mekaniğinde ilk ortaya çıkan ve zemin mekaniğinin en temel prensiplerini oluşturan kavramlar zamanla geliştirilerek, bilgisayar teknolojisindeki gelişmelerle birlikte dayanma yapılarının, rasyonel bir şekilde boyutlandırılması için kullanılmıştır. Bu konuyla ilgili birbirinden farklı yaklaşımlar ise zamanla geliştirilerek basarıyla uygulamaya konulmuştur.

İstinat duvarları üzerinde üç çeşit yanal toprak basıncı etkidiği varsayılmaktadır. İstinat duvarlarının aynı zamanda depremler sırasında meydana gelecek toprak basınçlarını emniyetli bir şekilde zemine iletmesi gerekmektedir. İstinat duvarlarının toprak basınçlarını zemine iletirken duvarda meydana gelebilecek büyük çatlaklara, kırılmalara, devrilme, kayma ve duvarın tabanında yer alan zeminin göçmesi gibi durumlara karsı gereken emniyete de sahip olması bir zorunluluktur.

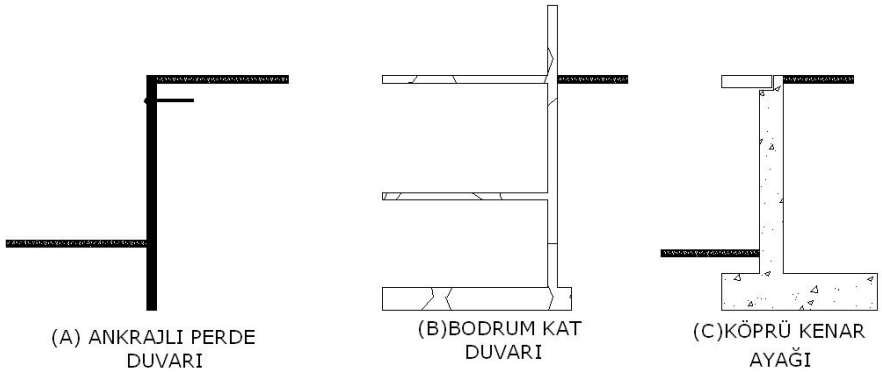
Dikkate alınacak bu durumlarla birlikte duvar tipinin seçimi; istenilen duvar yüksekliği, kullanılacak dolgu malzemesi, yeraltı su seviyesinin konumu, duvarın inşası için kullanılacak malzeme, duvarın kullanım amacı ve seçilen güvenlik sayısına göre farklılık göstermektedir.

Zeminde oluşabilecek yanal toprak basınçları için geliştirilen teorilere göre değişik tipte istinat duvarları tasarlanabilmektedir. Genel bir bakış açısıyla istinat duvarlarını su şekilde sınıflandırabiliriz.

- Ağırlık olmayan istinat duvarları
- Ağırlık istinat duvarları

3.2. Ağırlık Olmayan İstinat Duvarları

Bu tip duvarların hareketlerine hiçbir şekilde izin verilmez. Bodrum duvarları, köprü ayakları ve ankrajlı duvarlar (Şekil 3.1) bu tip duvarları oluşturmaktadır.



Şekil 3.1 Ağırlık olmayan istinat duvarları

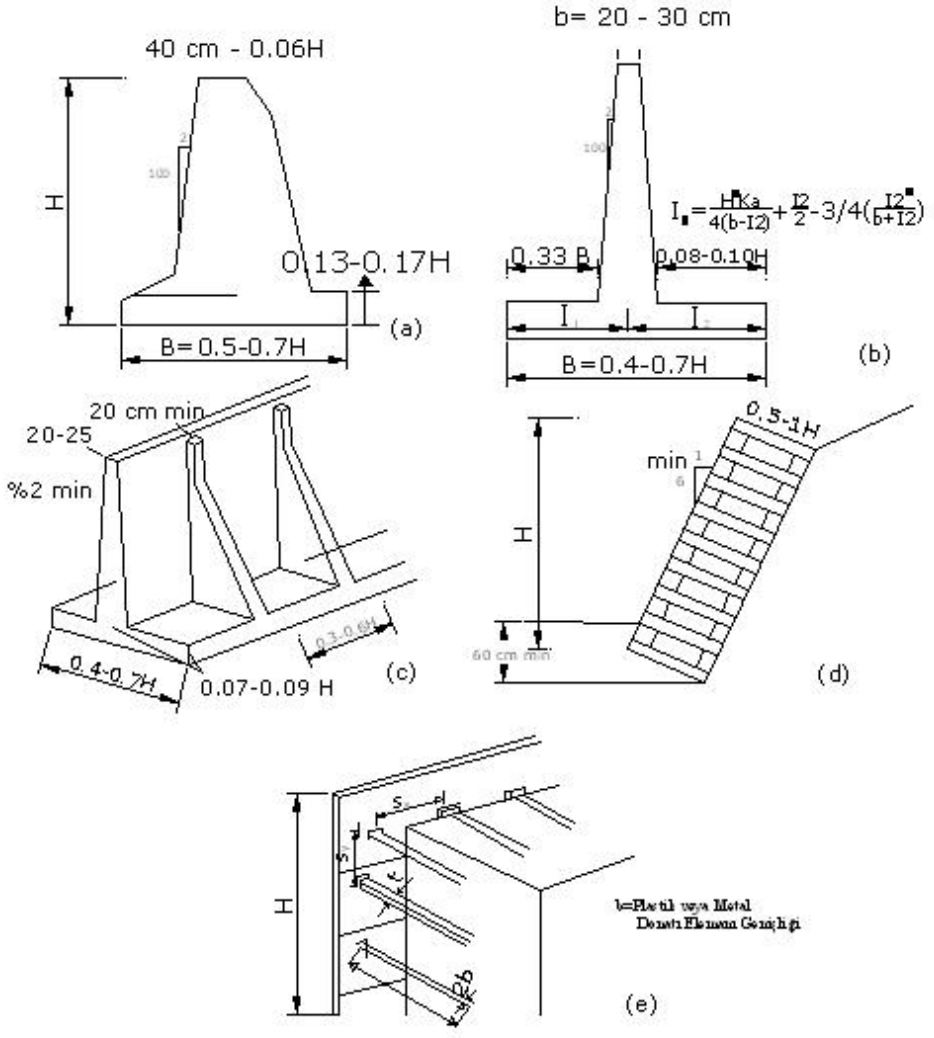
3.3. Ağırlık İstinat Duvarları

Bu tip duvarları ağırlık duvarları, yarı ağırlık duvarları, konsol duvarlar ve payandalı duvarlar oluşturur. Ağırlık duvarlarında stabilite kendi ağırlıkları yardımıyla sağlanmaktadır. Duvar gövdesi değişik sekil ve kombinasyonlarla inşa edilebilir. Yapının gövdesi, beton kütle, betonla birlikte zemin veya sadece zemin seklinde oluşturulabilir. Bu tip duvarların hepsi (Şekil 3.2 ve Şekil 3.3) üst kısımlarında serbest durumda olup, deplasman yapmaya müsait durumdadırlar. Bu yüzden aktif toprak basıncı kolaylıkla oluşabilmektedir (Navfac,1982).

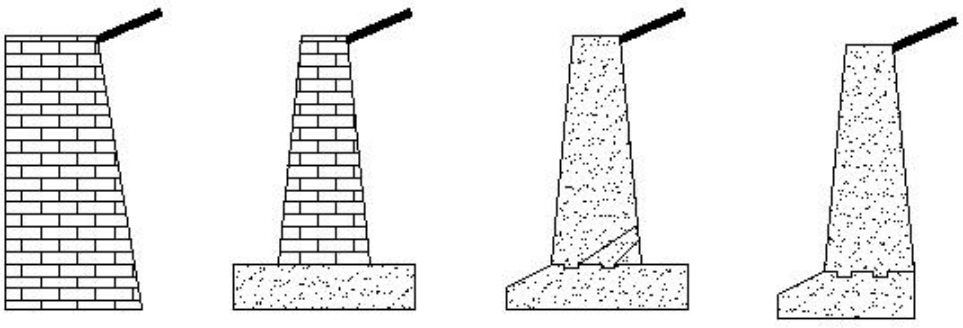
Kütle istinat duvarları

- Esnek tipte ağırlık duvarları
- Rijit tipte ağırlık duvarları

Olarak iki tipte toplanabilir.



Şekil 3.2 Beton ağırlık duvar çeşitleri, genel boyutları (NAVFAC,1982)



Şekil 3.3 Basit ağırlık duvarlar

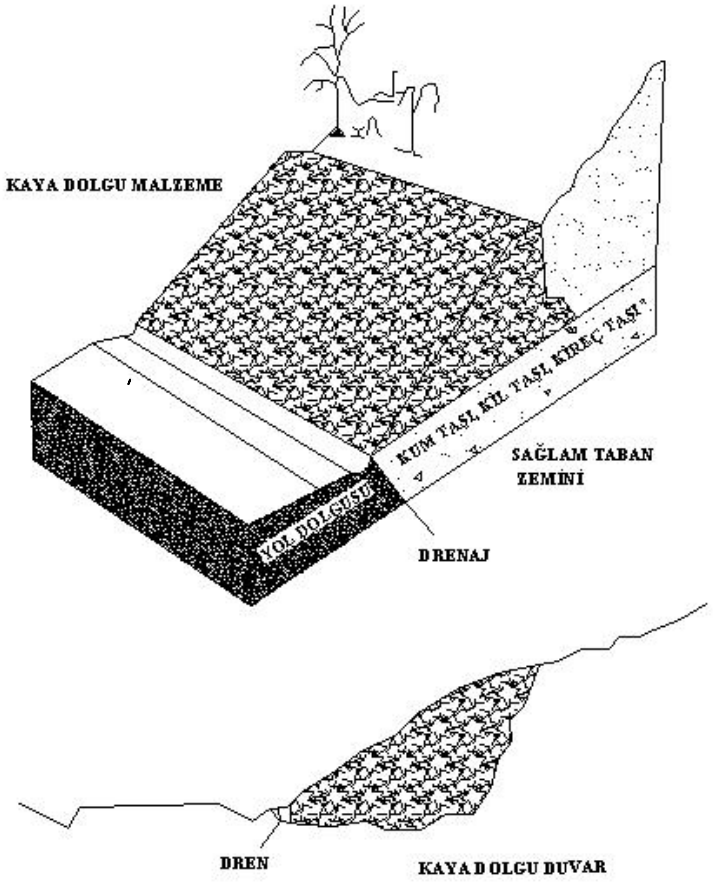
3.3.1. Esnek Tip Ağırlık Duvarları

Bu gruba giren duvarlar pozitif eğim drenajı sağlamada ve oturma toleransı açısından avantajlara sahiptirler. Bu gruba giren duvarlar su şekilde sıralanabilirler.

- Kaya dolgu duvarlar
- Tel örgü duvarlar
- Kafes tipi duvarlar
- Donatılı zemin duvarları

3.3.1.1. Kaya Dolgu Duvarlar

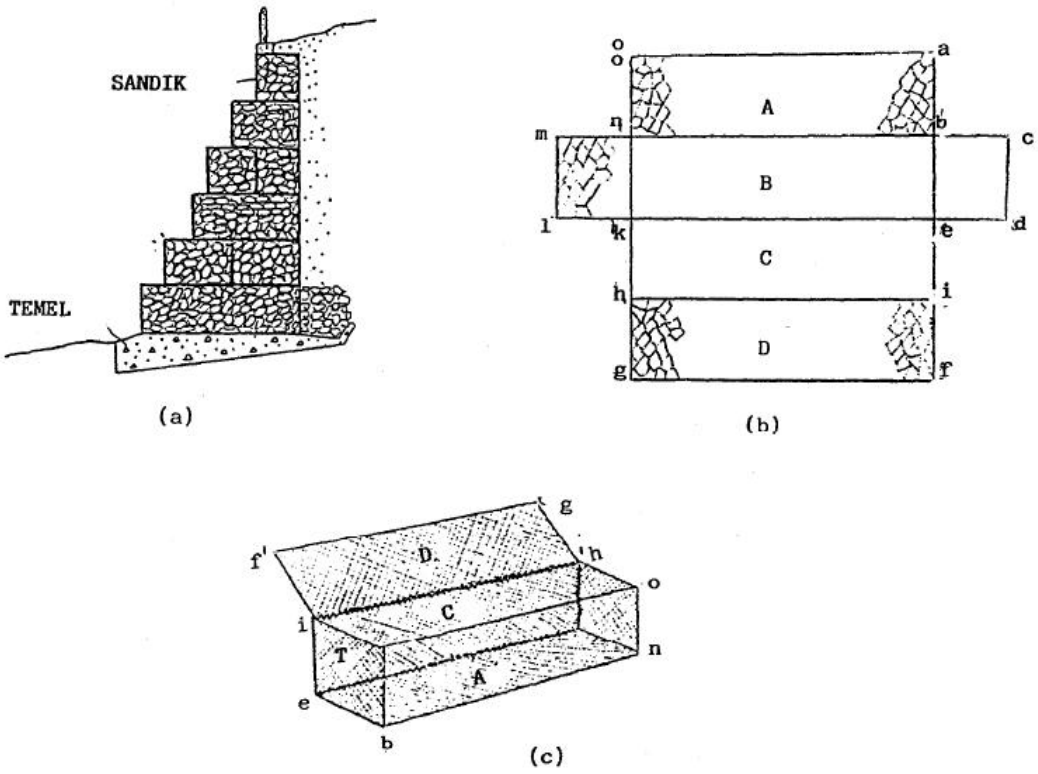
Büyük kaya parçaları ile inşa edilirler. Topuk yerinin uygunluğuna göre hareket eden şevlerin stabilitesinde kullanılırlar. Kaya dolgu duvarlar Şekil 3.4'te gösterilmektedir.



Şekil 3.4 Kaya dolgu duvarlar (Hunt,1986)

3.3.1.2. Tel Örgü Duvarlar

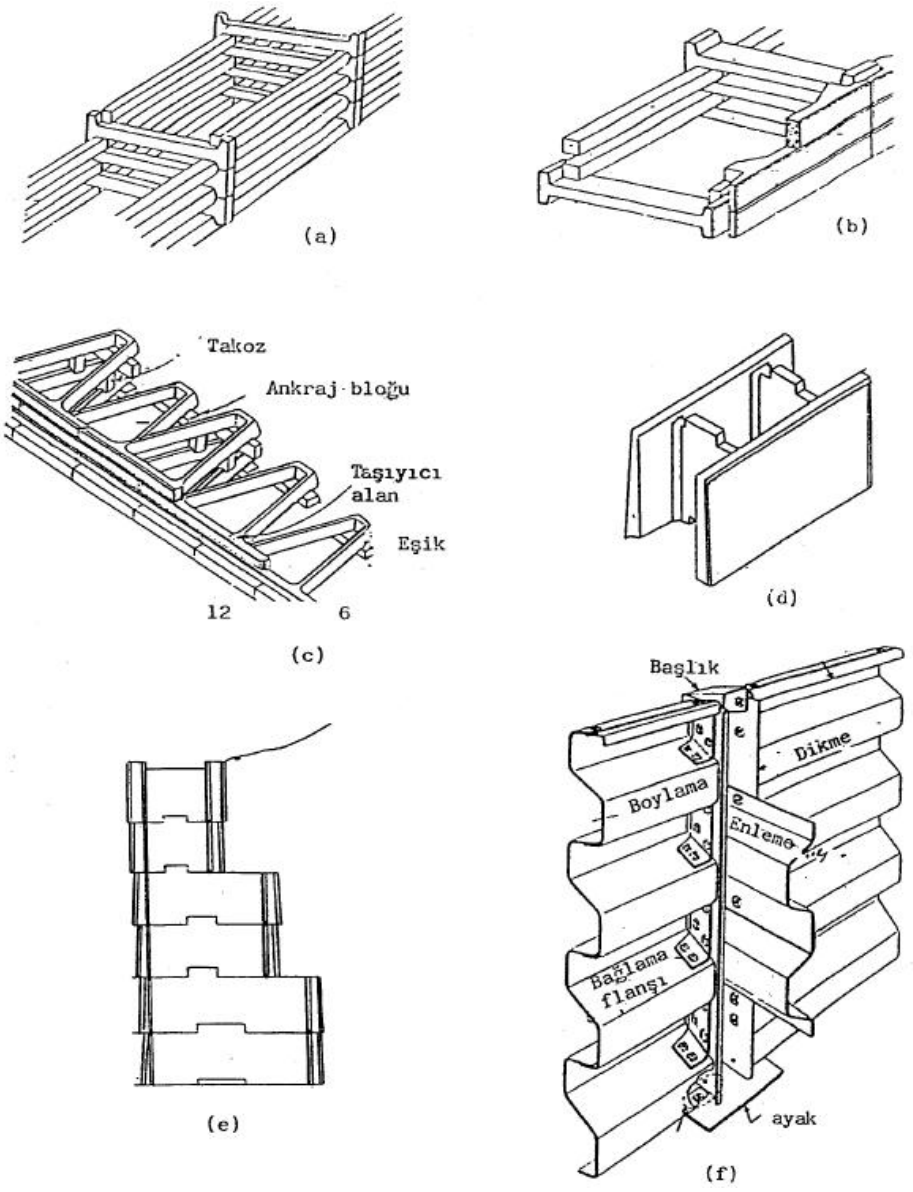
Bu tipte olan duvarlar, içi kaya veya çakıl dolu metal blokların birbirine bağlanması ile inşa edilirler. Metal bloklar genellikle 1m*1m boyutunda olup 2m'ye kadar varabilen uzunluklara sahiptirler. Bu tip duvarlarda tüm yapının stabilitesi hesaplanırken, her bir bloğun stabilitesi de ayrı ayrı kontrol edilmelidir. Duvar yüzü bu tarz bir duvarda 6°'ye kadar geriye yatırılabilir. Maksimum yükseklik 10m civarındadır. Duvarın ön ve/veya arka yüzü basamaklı olabilmektedir.



Şekil 3.5 Metal sandık tipi duvarlar (Hunt,1986)

3.3.1.3. Kafes Tip Duvarlar

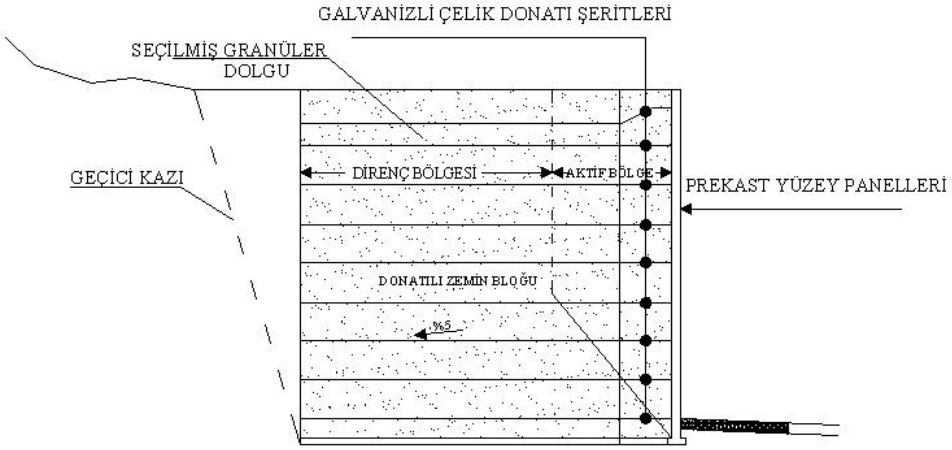
Birbirine bağlı ahşap, prefabrike beton veya metal elemanlardan imal edilmektedir. İçi kırma taş veya diğer kaba taneli malzemelerle doldurulmuş kutulardan oluşan toprak tutma yapılarıdır. Genellikle yer seviyesindeki sıkıştırılmış yol dolgularında kullanılır. Prefabrike elemanlar genelde 1.8-2.4m uzunluğundadır. Duvarın boyutlandırılmasında kullanılabilecek oranlama Şekil 3.6'da gösterilmiştir.



Şekil 3.6 Kafes tipi duvarlar (Hunt,1986)

3.3.1.4. Donatılı Zemin Duvarları

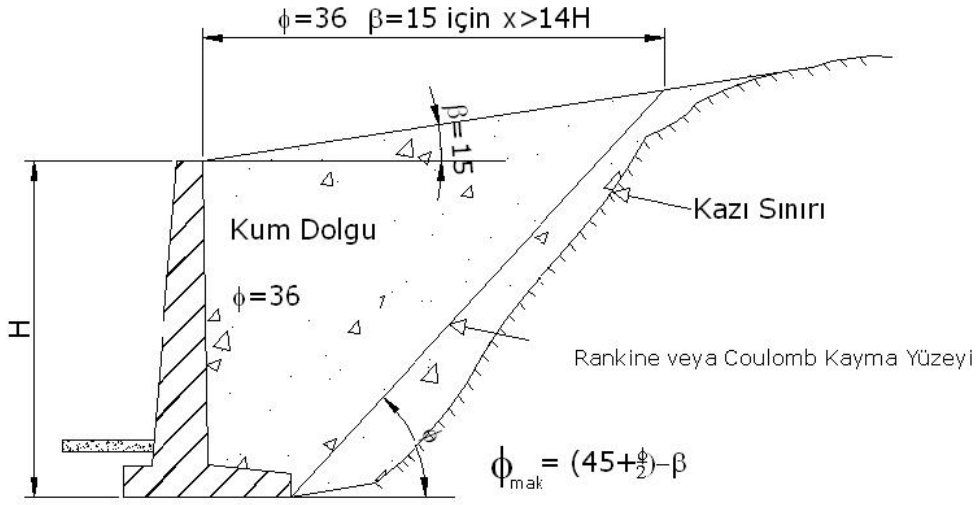
Genellikle geosentetik veya galvanizli çelikten yapılmış şerit veya çubukların çekme gerilmelerini karşılamak için dolgunun içine gömülmesiyle ile inşa edilebilmektedir. Şeritlerde galvaniz yerine alüminyum, plastik veya biyolojik ayrışma yapmayan örgüler de kullanılabilir. Bu çubuk veya şeritler dış yüzeyde ince elemanlarla birleştirilirler. Yapılan işlemin amacı yüzeyi tutabilmektir. Bu elemanlar dayanıklılık, estetik, yanal toprak basınçlarını karşılamak ve her noktadaki gerekli mukavemet bakımından çoğunlukla prefabrike betondan yapılmaktadır (Şekil 3.7).
Donatılar gerekli zemin sürtünmesini sağlayabilmek için yeterli uzunluk ve genişliğe sahip olmalıdırlar. Bu uzunluklar genellikle yapı yüksekliğinin 0.8-1.2 katı arasında değişmektedir. Gerekli sürtünmenin elde edilebilmesi için dolgunun içsel sürtünme açısının minimum değeri 25 derece olmalıdır. Bunun dışında kullanılan dolgu malzemesinin %25'lik kısmı No:200 elekten geçmelidir. Bu duvarlar yüksekligi10-12m arasında değişen istinat duvarları için hemen hemen en ekonomik olanıdır (Lee ve Diğerleri, 1973).



Şekil 3.7 Donatılı Zemin Duvarlar

3.3.2. Rijit Tip Ağırlık Duvarları

Beton kütle duvarlar genellikle iyi bir performans gösterirler. Fakat potansiyel kayma düzleminin iyi granüler dolgu içinde oluşmasını sağlamak amacıyla büyük miktarda kazı ve dolgu gerekebilir (Şekil 3.8).



Şekil 3.8 Granüler ve iyi drenajlı zeminlerde aktif toprak basıncı için gerekli dolgu geometrisi (Bowles,1974)

Etkin drenaj mutlaka sağlanmalıdır. Drenaj deliklerinin her an tıkanması söz konusu olduğu için belirli zaman aralıklarında bakımı yapılmalıdır. Rijit tip istinat duvarları aşağıdaki gösterildiği gibi üç ana grupta incelenebilir.

3.3.2.1. Ağırlık İstinat Duvarları

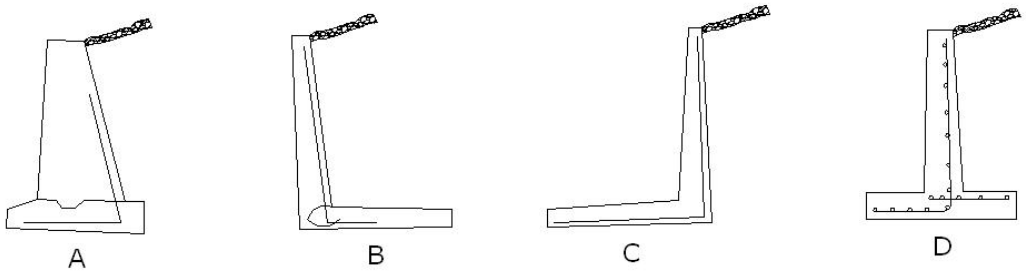
Ağırlık istinat duvarları en eski, en yaygın ve tasarımı en basitçe yapılabilen istinat duvarı çeşididir. Bu duvarlar kagir veya betondan üretilebilmektedir. Bu tipte yapılmış istinat duvarların stabilitesini kendi ağırlıkları ve kalınlıkları sağlamaktadır. Yeterince kalın olarak üretildikleri için eğilmeden kaynaklanan bir göçme tipi göstermezler. Ağırlık duvarlarının hareketi, rijit blok ötelenmesi ve/veya dönmesi

şeklinde olabilmektedir. Bu gruba giren duvarlarda, duvarın yüksekliğinin artışlarına bağlı toprak basıncında meydana gelecek artışlardan dolayı duvarın ağırlığının da arttırılması gerekmektedir. Bu artış ise büyük miktarda malzeme kullanımına ve çok büyük taban genişliğine neden olacaktır. Bu yüzden bu tip duvarların 4-4.5m'den daha yüksek yapılması ekonomik açıdan yaklaşıldığında uygun görülmemektedir.

Ağırlık istinat duvarlarının kritik bölgelerinde, (gövdenin temele bağlandığı noktalar vb.) aşırı çekme kuvvetlerini karşılamak için bir miktar donatı konulabilmektedir. Bu şekilde donatı koyularak üretilen istinat duvarlarına yarı-ağırlık istinat duvarları denilmektedir. (Önalp, 1983).

3.3.2.2. Konsol İstinat Duvarları

Genellikle düşey bir gövde ve bir taban plağından oluşmaktadırlar. Gövdenin kalınlığı ağırlık duvarlarına göre daha incedir. Bu duvarlarda emniyet duvara uygun bir sekil verilerek sağlanabilir. Duvar yüksekliğinin 4-4.5m'den daha fazla olması durumunda 8m yüksekliğe kadar ekonomik olabilmektedir. Bu durumun sebebi ise duvarın konsol taban plağı birleşiminde yeterli mukavemetin sağlanması gerekliliğidir. Gövdenin taban plağı üzerindeki yeri, ekonomik bir çözüm elde etmek, gövdenin önünde veya arkasında taban plağı yapılıp yapılmaması (arsa sınırı, nehir kenarı olması gibi koşullara bağlı olarak) ve duvarın arkasındaki zeminin kohezyonu gibi şartlara bağlıdır.



Şekil 3.9 Rijit istinat duvarı tipleri

Şekil 3.9’da gösterilen D tipinde, temel plağı ön ve arka ampartmanlardan (ayak ve topuk) meydana gelmiştir. Topuk üzerindeki zeminin ağırlığı duvarın kaymaya karsı direncinde önemli rol oynar. Yine bu ağırlık ve duvarın ağırlığının bileşkesinin, taban plağı ortasına yakalaşması uygun olacaktır. Bileşke kuvvet, tam radye genişliğinin ortasına tesir ettirilebilirse, gerilme yayılısının üniform olması sağlanır. Bu sayede hem toprak basıncı küçülmüş olur hem de oturma riski olan zeminlerde radye uçlarındaki farklı oturma ile oluşabilecek dönmeler engellenmiş olur. Bu anlatılanların sonucu olarak oturma riski yüksek olan zayıf zeminlerde ve killi zeminlerde uygun çözümler sunar.

Şekil3.9’da gösterilen C tipindeki duvarın ölü ağırlığı azdır. Bu nedenle duvar yüksekliğinin büyük olması durumunda duvarın kaymasını önlemek zordur. Bu tip duvarlar kohezyonu çok fazla olan zeminlerde kullanılabilir. Topuk kazısının büyük olması ve maliyetin artması durumunda bu tip duvarlar kullanılması tercih edilebilir. Konsol istinat duvarlarında belirtilen özel durumların olmaması halinde en yaygın kullanılan Şekil 3.9’da gösterilen D tipi konsol duvardır.

3.3.2.3. Payandalı İstinat Duvarları

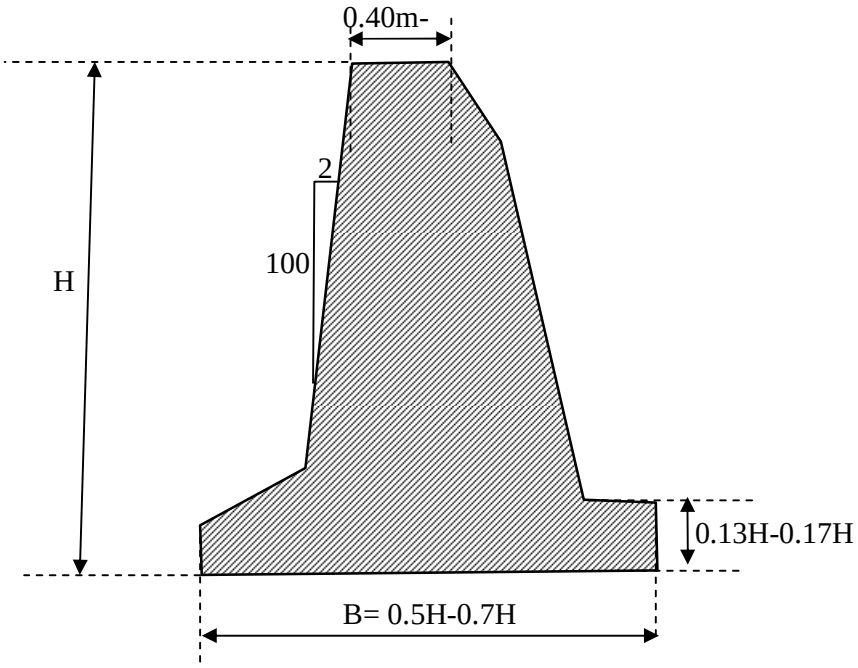
Konsol istinat duvarlarında konsolun yüksek olması ve zemin basıncının yüksek olması durumunda taban plağı ile konsolu bağlayan payandalara ihtiyaç vardır. Payandalar eğilme momentlerinin ve kesme kuvvetlerinin karşılanmasında büyük rol oynar. Payanda ayak veya topukta yapılmasına göre farklı davranış gösterir. Payandanın topukta yapılması çekme gerilmesine, ayakta yapılması ise basınca karsı çalışmasına neden olur. Bu tip duvarlar 8-12m arasında ekonomik olmaktadır (Bowles, 1984).

3.3. Rijit Tip Duvarların Ön Boyutlandırılması

İstinat duvarlarının tasarlanmasına başlamadan önce ön boyutlandırma için oranlama yapmak gerekmektedir. Oranlamadan kastedilen tasarıma başlamadan önce duvarın belirli bölgelerinde boyutlandırmada bazı kabullerin yapılmasıdır. Böylece stabilitenin kontrol edilmesi için elimizde bir duvar olacaktır. Eğer stabilite kontrollerinden sonra istenmeyen sonuçlar elde edilirse de kabul edilen oranlara göre yeni bir boyutlandırmaya gidilebilmektedir. Ağırlık duvarları ve konsol duvarlarda yapılabilecek oranlama ile ilgili detaylı bilgiler aşağıdaki belirtilen duvar çeşitlerinin ön boyutlandırma baslıkları altında açıklanmıştır.

3.3.1. Ağırlık Duvarları İçin Ön Boyutlandırma

Ağırlık istinat duvarlarının boyutlandırılması için gerekli başlangıç değerleri Sekil 3.10'da gösterilmiştir. Bu tip duvarlar hatırlanacağı gibi betondan üretilebilmekteydi. Ancak yüksek kalitede beton kullanılmasına gerek yoktur (Hool ve Kine, 1944).



Şekil 3.10 Ağırlık istinat duvarlarında ön boyutlandırma

3.3.2. Konsol İstinat Duvarlarında Ön Boyutlandırma

Gerekli ön boyutlandırmalar Şekil 3.11'de gösterilmiştir. Konsol istinat duvarlarında konsol üst baslık kısmının en küçük değeri, kütle ağırlığının ve konsolun direncinin gerçek güvenlik sınırı içinde kalması için minimum 30 cm alınmalıdır (Hool ve Kine,1944). Ayrıca konsol ön yüz eğimi de en az %2 olmalıdır. Ön ve arka yüz eğimi tasarlayan kişiye ve sistemin stabilitesine göre belirlenir. Arka ve ön ampatman genişlikleri 2B/3 ve B/3 oranında alınmalıdır. Bu değerler stabilitenin sağlanması için değiştirilebilir. Bu konuyla ilgili Bowles aşağıdaki formülü vermiştir.

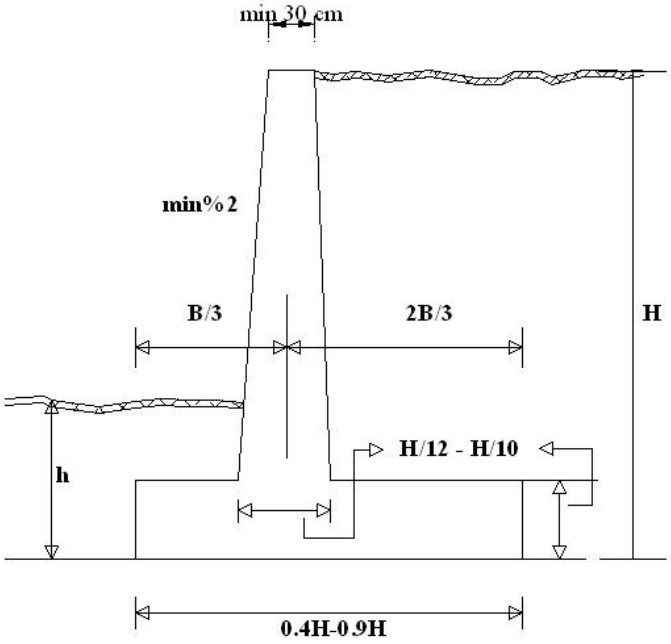
$$HT = \frac{H^2 * K_a}{4*(m+HH)} + \frac{HH}{2} - \frac{3HH^2}{4*(m+HH)}$$

m = Konsol üst baslık kalınlığı

HT = Ön ampatman uzunluğu

HH = arka ampatman uzunluğu

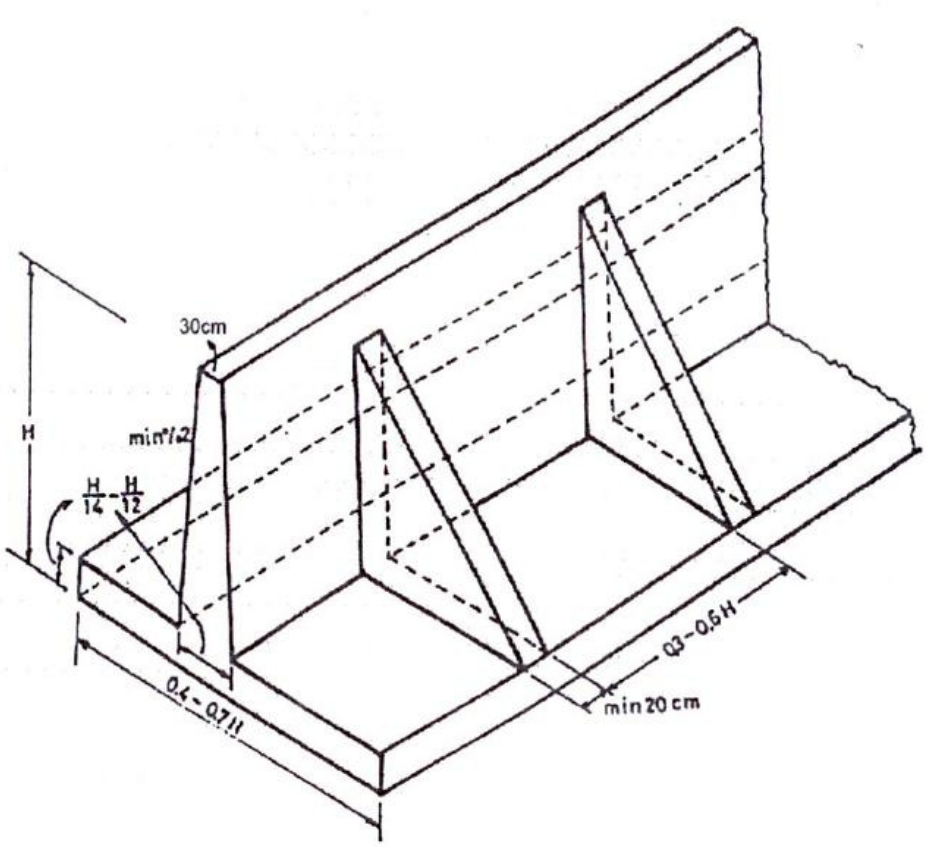
HH ve HT değerleri deneme yanılma yöntemiyle bulunabilir (Bowles,1974).



Şekil 3.11 Konsol istinat duvarında ön boyutlandırma (Hool ve Kine,1944)

3.3.3. Payandalı İstinat Duvarları

Bu tip için gerekli ön boyutlandırma Şekil 3.12 de verilmiştir. Dikkatli olunması gereken bir nokta bu yapılan boyutlandırmanın bir ön boyutlandırma olmasıdır. Konsol üst kısmı yine 30 cm'den az olmamalıdır. Bu duvarlar kullanılacaksa yüksekliğin 8-12m arasında olduğu duvarlar için uygulanmalıdırlar. Payanda araları ise 0.3H-0.6H arasında değişebilmektedir. Tahkikler sonucunda bir sorun gözükmüyorsa ön ampatman olmadan da inşa edilebilir.



Şekil 3.12 Payandalı istinat duvarlarında ön boyutlandırma (Bowles,1974)

3.4. İstinat Duvarlarına Etkiyen Yanal Toprak Basınçları

3.4.1. Genel Bilgi

Zemin tabakaları içinde hem kendi ağırlıklarından hem de üzerlerine uygulanan yükten dolayı gerilmeler oluşmaktadır. Zeminlerde belirli bir z derinliği için düşey gerilmeler hesaplanabilmektedir. Ancak zeminlerde sadece düşey gerilmeler oluşmamaktadır. Düşey gerilmelere bağlı olarak zeminlerde yanal gerilmeler de oluşmaktadır. Oluşan bu yanal gerilmeler yardımıyla da istinat yapılarına etkiyen yanal toprak basınçları bulunabilmektedir.

3.4.2. Yanal Toprak Basıncı

Düşey ve düseye yakın eğimlerde olan zeminlerin tutulması veya desteklenmesi için istinat duvarlarının kullanılması bir çözüm yöntemi olarak sunulmaktadır. Yapılacak istinat duvarlarının tasarımının doğru bir şekilde yapılması için duvara etkiyecek yanal toprak basıncının doğru tahmin edilmesi önemlidir. Duvar arkasında oluşacak yanal toprak basıncı bazı faktörlerin fonksiyonudur. Bu faktörler şunlardır:

a) İstinat duvarı tipi ve duvarın hareketinin miktarı
b) Zeminin kayma mukavemeti parametreleri
c) Zeminin birim hacim ağırlığı
d) Zeminin drenaj koşulları

Zemin kütlelerini tutan istinat duvarlarının maruz kalabileceği üç sınır değer vardır.

- Duvarın hiçbir şekilde hareketine izin verilmemesi durumunda, duvarın maruz kalacağı sükunetteki toprak basıncı
- Duvarın dolgudan dışarı doğru hareketiyle zeminin mobilize olması sağlandıktan sonra meydana gelen aktif toprak basıncı

- Duvarın dolguya doğru yeterli miktarda hareket etmesiyle zeminin mobilize olması sağlandıktan sonra alabileceği pasif toprak basıncı

Aktif basınç, toprak basıncının alabileceği minimum değer olup duvarın dolgudan uzaklaşmasıyla oluşur ve göçme anında meydana gelir. Pasif basınç ise zeminde oluşan en büyük gerilme olup, zeminin kabarmasıyla göçme meydana gelmektedir. Aktif ve pasif zemin basıncıyla ilgili Coulomb (1776) ve Rankine (1857) teorileri, zemin dolgusunun içinde kırılma yüzeyi meydana gelinceye kadar yatay yönde zeminlerin yeterli miktarda hareket etmesine dayanır.

3.4.2.1. Sükûnetteki Yanal Toprak Basıncı

Ele alınan istinat duvarının hiçbir şekilde hareket etmesine izin verilmiyorsa belirli bir derinlikte oluşacak yanal toprak basıncının hesaplanması için önce düşey gerilmenin bulunması gerekmektedir.

$$s_v = q + g * z \qquad (3.1)$$

q = sürşarj yükü
γ = zeminin birim hacim agırlıgı
z = duvar arkası zemin yüzünden derinlik

Gerek zeminin kendi ağırlığından dolayı gerekse uygulanan dış yüklerden dolayı zeminde yanal gerilmeler ortaya çıkacaktır. Bulunan düşey gerilmeler yardımıyla yanal gerilmeler aşağıdaki şekilde hesaplanabilmektedir. K_o katsayısı boyutsuz bir parametredir ve zeminin cinsi, gerilme tarihçesi gibi faktörlere bağlı olarak değişiklik gösterebilmektedir.

$$s_v = K_o * s_v' + u \qquad (3.2)$$

Ko = sükunetteki yanal toprak basıncı katsayısı
u = hidrostatik su basıncı

Bu katsayının belirlenmesiyle ilgili literatürde çeşitli yaklaşımlar vardır. Kısaca sunulan yaklaşımlar aşağıda gösterilmiştir.
Kumlar için

$$K_0 = 1 - \sin f \qquad \text{(Jacky, 1944)} \qquad (3.3)$$

Normal konsolide killer için

$$K_0 = 0{,}95 - \sin f \quad \text{(Broker ve Irelaknd, 1965)} \qquad (3.4)$$

$$K_0 = 0{,}4 + 0{,}007 * (PI) \quad \text{PI = 0-40 (Brooker ve Ireland, 1965)} \qquad (3.5)$$

$$K_0 = 0{,}64 + 0{,}001 * (PI) \quad \text{PI = 40-80 (Brooker ve Ireland, 1965)} \qquad (3.6)$$

Aşırı Konsolide Killer için

$$K_{0(ak)} = K_{0(nk)} * \sqrt{AKO} \quad \text{(Broker ve Ireland, 1965)} \qquad (3.7)$$

3.4.2.2. Aktif Toprak Basıncı

3.4.2.2.1. Rankine Aktif Toprak Basıncı Teorisi

Sükunetteki zeminlerde oluşan yanal toprak basınçları hatırlanacağı gibi duvarın hiçbir şekilde hareket etmemesine bağlıdır. Ancak duvar dolgudan dışarı doğru Δx kadar hareket ettiğinde duvarın herhangi bir noktasındaki yanal toprak basıncında bir düşüş meydana gelecektir. Bu durumda oluşan yanal toprak basıncına, aktif yanal toprak basıncı denilmektedir. Rankine(1857), duvarı sürtünmesiz kabul

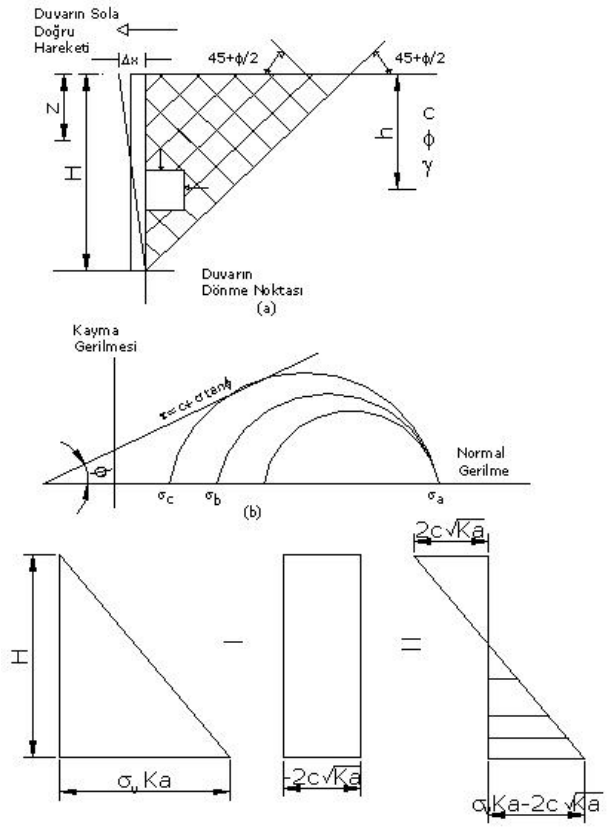
etmekte ve $\Delta x > 0$ olduğundan $K_0 * \sigma_v$ sükunetteki toprak basıncından daha küçük bir değer alan yanal toprak basıncı oluştuğunu söylemektedir.

Bu durum Mohr Gerilme Dairesinde incelenirse (Sekil 3.13b) a eğrisi duvarın deplasman yapmadığı durumu (Sükunetteki Toprak Gerilmeleri), b eğrisi $\Delta x > 0$ durumunu , c eğrisi ise sürekli artırılan Δx 'in belirli bir değerinde Mohr göçme zarfına değmesiyle oluşan aktif toprak basıncını göstermektedir. Şekil 3.13'de görüleceği gibi σ_a değeri yanal aktif toprak gerilmesini ifade etmektedir. Ayrıca zemin kütlesindeki kayma çizgileri yatayla $\pm(45+\phi/2)$'lik bir açı yapmaktadır.

Mohr Columb göçme zarfı

$$s = c + s \tan f \qquad (3.8)$$

Bağıntısı ile ifade edilmektedir.



Şekil 3.13 Rankine aktif toprak basıncının yayılışı

Olayı daha açık anlamak için göçme zarfına değen Mohr Çemberinin asal gerilmeleri arasındaki ilişkiyi veren denklem aşağıda gösterilmiştir.

$$s_1 = s_3 * \tan^2\left(45 + \frac{f}{2}\right) + 2 * c * \tan\left(45 + \frac{f}{2}\right) \qquad (3.9)$$

Şekil 3.1'de gösterilen c eğrisi için $s_1 = s_v$ ve $s_3 = s_a$'dır

Denklem 3.9'da bu değerler yerlerine konulursa aşağıdaki bağıntılar ortaya çıkmaktadır.

$$s_a = s_v * K_a - 2 * c\sqrt{K_a} \qquad (3.10)$$

K_a değerine aktif Rankine toprak basıncı katsayısı denilmektedir.

$$K_a = \tan^2\left(45 - \frac{f}{2}\right) \qquad (3.11)$$

Aktif zemin basıncının derinlikle değişimi Sekil 3.2'de gösterilmektedir. Derinlikle birlikte zeminde oluşan çekme gerilmeleri azalmakta ve Zc gibi bir derinlikte bu değer sıfır olmaktadır.

$$Z_c = 2 * c * \sqrt{K_a} \qquad (3.12)$$

Z_c seklinde isimlendirilen bu derinliğe genelde çekme çatlağı derinliği denilmektedir. Çekme çatlakları oluşmadan önce duvarın birim uzunluğuna gelen toplam aktif Rankine kuvvetleri aşağıdaki şekilde bulunabilir.

$$P_a = \frac{1}{2} * g * H^2 K_a - 2 * c * \frac{H}{\sqrt{K_a}} \qquad (3.13)$$

Ancak bu çatlaklar oluştuktan sonra P_a aşağıdaki formülle bulunabilmektedir.

$$P_a = \frac{1}{2} * (H - Z_c) * \left(g * H * K_a - 2c\sqrt{K_a}\right) \qquad (3.14)$$

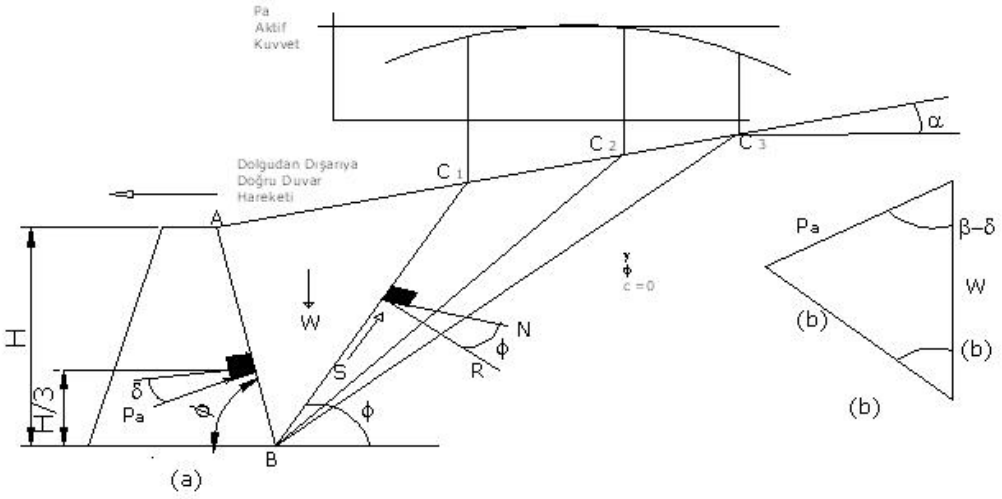
3.4.2.2.2. Eğimli Dolgular İçin Rankine Aktif Toprak Basıncı

Eğer kullanılan dolgu granüler bir zemin ve duvarda sürtünmesiz kabul edilirse, yataya göre α açısı yapan dolgular için aktif zemin basıncı katsayısı farklı bir şekilde hesaplanmaktadır. K_a değeri bağıntı 3.15'te hesaplandıktan sonra daha önce açıklandığı gibi P_a değeri hesaplanabilir.

$$K_a = \cos a * \frac{\cos a - \sqrt{\cos^2(a) - \cos^2(f)}}{\cos a + \sqrt{\cos^2(a) - \cos^2(f)}} \qquad (3.15)$$

3.4.2.2.3. Coulomb'un Aktif Toprak Basıncı Teorisi

Bu teori 1776 yılında Coulomb tarafından sunulmuştur. Rankine teorisinin aksine duvarın sürtünmesini dikkate alarak ve dolgu maddesi olarak granüler zeminlerin kullanılması şartıyla, duvarın birim uzunluğuna gelen yanal zemin basıncını hesaplamaktadır. Aktif zemin basıncı altında, duvar dolgudan uzaklaşacaktır. Coulomb, zemin kütlesinde oluşan göçme yüzeylerinin düzlemsel olacağını varsaymaktadır. Zemin kamasına etkiyen kuvvetler aşağıdaki sıraya göre bulunabilir. Şekil 3.14'de bu durum gösterilmektedir.



Şekil 3.14Coulomb aktif toprak basıncı

1)Zemin kamasının ağırlığının hesaplanması

2)Bileşke kuvvet R'nin hesaplanması.

3)Duvarın birim uzunluğuna gelen yanal aktif toprak itkisinin hesaplanması (P_a). P_a aktif toprak itkisi duvarın arka yüzüne çizilen normaliyle δ kadar açı yapmalıdır.

Sistemin dengede olduğunu göstermek amacıyla Şekil 3.3b'deki gibi bir kuvvet üçgeni çizilebilir.

Duvarın birim uzunluğuna gelen P_a kuvvetini bulmak amacıyla önce K_a, aktif toprak basıncı katsayısı bulunur. Daha sonra da bulunan değer, bağıntı 3.17'ye yerleştirilir.

$$K_a = \frac{\sin^2(b+f)}{\sin^2(b)*\sin(b-d)*\left[1+\sqrt{\frac{\sin(f+d)*\sin(f-a)}{\sin(b-d)*\sin(a+b)}}\right]^2} \tag{3.16}$$

$$P_a = \frac{1}{2}*g*H^2K_a \tag{3.17}$$

b = Duvarın arka yüzünün düseyle yaptığı açı

a = Dolgunun yatayla yaptığı açı

g = Zeminin birim hacim ağırlığı

d = Duvarın sürtünme açısı

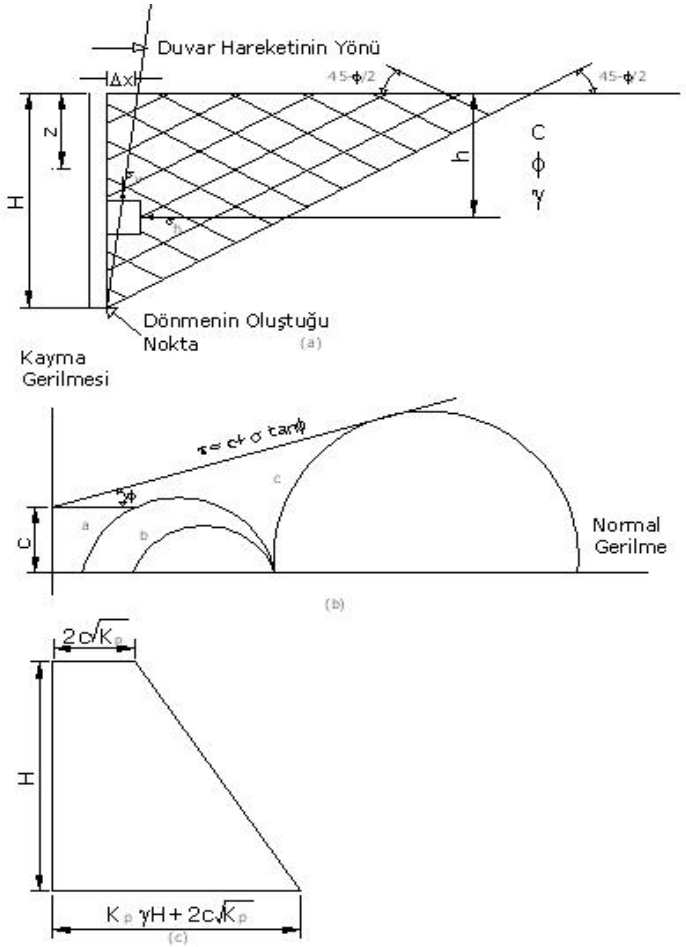
f = Zeminin İçsel Sürtünme Açısı

Eğer dolgunun üzerinde üniform bir sürşarj yükü mevcutsa öncelikle γ_{eq} bulunmalı ve denklemin içine yerleştirilmelidir. Deprem sırasında meydana gelecek toprak basınçları aktif toprak basınçları kabul edilmektedir ve Mononobe-Okabe tarafından bu basıncın hesaplanması için bir yöntem geliştirilmiştir.

3.4.2.3. Pasif Toprak Basıncı

3.4.2.3.1. Pasif Rankine Yanal Toprak Basıncı

Pasif toprak basıncının Rankine Teorisine göre hesaplanmasında duvarın sürtünmesiz olduğu kabul edilmektedir. Zeminin pasif yanal basınçları aktif ve sükunetteki toprak basınçlarından daha büyük değerler almaktadır. Başka bir deyişle zeminde oluşacak en büyük yanal toprak basıncı pasif yanal toprak basıncıdır ve z derinliğinde bir zemin ele alındığında bu zeminin sükunetteki yanal gerilmesi, $s_h = K_0 * s_v$ ve düsey gerilmesi $s_v = g * z$, dir. Zemin dolguya doğru Δx kadar bir hareket yaptığında ise oluşacak yanal toprak basıncı sükunetteki durumdan daha fazla olacaktır. Δx değeri sürekli arttırılmaya devam edilirse belli bir değerde oluşacak Mohr çemberi göçme zarfına değecektir ve bu durumda yanal toprak basıncı pasif Rankine yanal toprak basıncını oluşturan, yanal gerilme değerini alacaktır. Şekil 3.15'te gösterilen a eğrisi sükunetteki durumu, b eğrisi duvarın Δx kadar hareket ettiğindeki gerilme durumunu, c eğrisi ise belirli bir Δx değerinde ulaşılacak nihai gerilme değerlerini göstermektedir. K_p değerine pasif yanal toprak basıncı katsayısı denilmektedir.



Şekil 3.15 Pasif Rankine yanal toprak basıncı

$$s_p = s_v * \tan^2\left(45 + \frac{f}{2}\right) + 2 * c * \tan\left(45 + \frac{f}{2}\right) \tag{3.18}$$

$$K_p = \tan^2\left(45 + \frac{f}{2}\right) \tag{3.19}$$

$$P_p = \frac{1}{2} * g * H^2 + 2c * \sqrt{K_p} \tag{3.20}$$

3.4.2.3.2. Eğimli Dolgular İçin Rankine Pasif Toprak Basıncı

Eğer kullanılan dolgu granüler bir zemin ve duvarda sürtünmesiz kabul edilirse, yataya göre α açısı yapan dolgular için pasif toprak basıncı katsayısı farklı bir şekilde hesaplanabilmektedir. K_p değeri bağıntı 3.21'de hesaplandıktan sonra daha önce açıklandığı gibi P_p değeri hesaplanabilir.

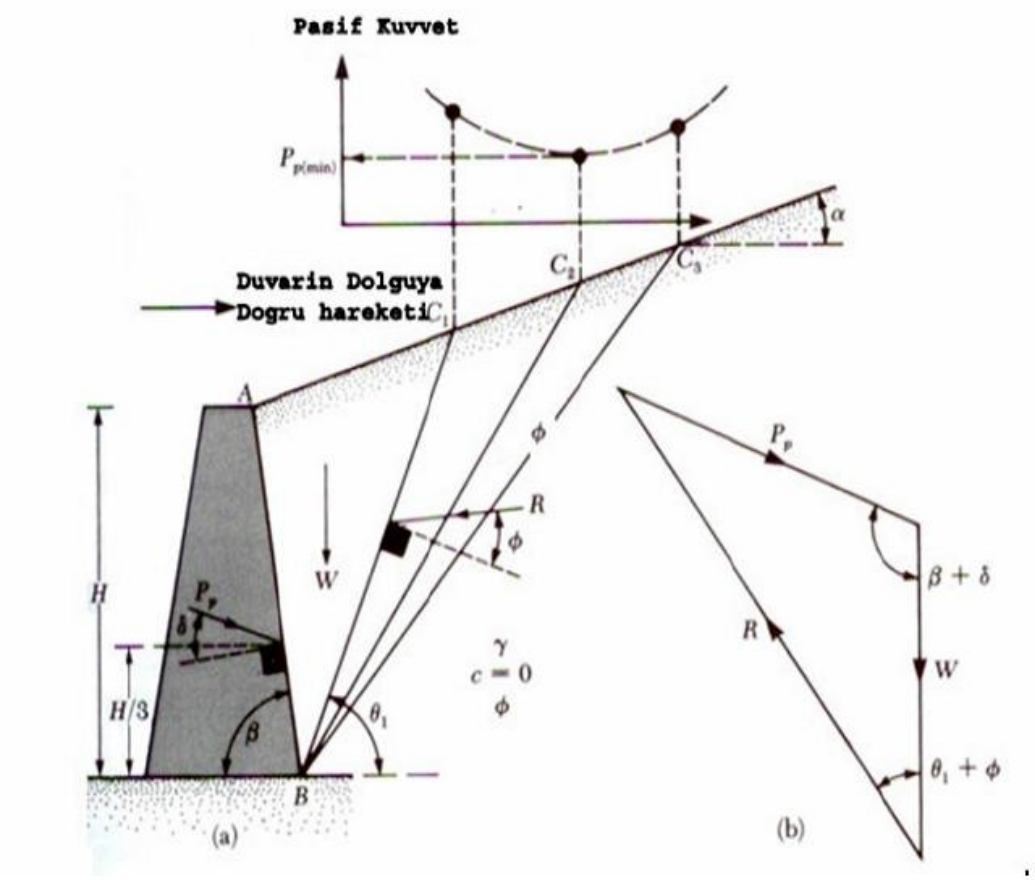
$$K_p = \cos a * \frac{\cos a + \sqrt{\cos^2(a) - \cos^2(f)}}{\cos a - \sqrt{\cos^2(a) - \cos^2(f)}} \qquad (3.21)$$

3.4.2.3.3. Coulomb Pasif Yanal Toprak Basıncı

Coulomb (1776), Rankine gibi pasif toprak basınçlarını da hesaplamıştır. Hatırlanacağı gibi Coulomb'un sunduğu yöntem granüler zeminler için duvarın sürtünmesini dikkate alınarak yapılan bir hesaplamaydı. Akif toprak basıncında izlenen yöntem adapte edilerek pasif toprak basınçları için de izlenebilir. Bu durumda etkiyen kuvvetleri Şekil 3.16'da gösterilmiştir.

1) Zemin kamasının ağırlığının hesaplanması
2) Bileşke kuvvet R'nin hesaplanması.
3) Duvarın birim uzunluğuna gelen yanal pasif toprak itkisinin hesaplanması (P_p).

P_p duvarın arka yüzüne çizilen normaliyle δ kadar açı yapacaktır.



Şekil 3.16 Coulomb pasif toprak itkisi ve duvara etkiyen kuvvetler

Sistemin dengede olduğunu göstermek amacıyla Şekil 3.16b'deki gibi bir kuvvet üçgeni çizilebilir.

Duvarın birim uzunluğuna gelen P_p kuvvetini bulmak amacıyla önce K_p, pasif toprak basıncı katsayısı bulunur. Daha sonra da bulunan değer, bağıntı 3.24'e konulur.

$$K_p = \frac{\sin^2(b-f)}{\sin^2(b)*\sin(b+d)*\left[1-\sqrt{\frac{\sin(f+d)*\sin f*a}{\sin(b+d)*(a+b)}}\right]^2} \qquad (3.23)$$

$$P_p = \frac{1}{2}*g*H^2K_p \qquad (3.24)$$

b = Duvarın arka yüzünün düşeyle yaptığı açı

a = Dolgunun yatayla yaptığı açı

g = Zeminin birim hacim ağırlığı

d = Duvarın sürtünme açısı

f = Zeminin İçsel Sürtünme Açısı

3.5. Kohezyonlu Zeminler

Yanal toprak basıncı, daha önce değinildiği gibi zemin parametreleri, içsel sürtünme açısı, dolgunun eğimi, duvarın arkasının yaptığı açı ve duvar-zemin sürtünme açısı kullanılarak aktif ve pasif toprak basıncı katsayılarına bağlı olarak hesaplanır. Sadece kohezyona sahip bir zeminde herhangi bir noktadaki gerilme durumu kırılma yüzeyini etkilemez. Bu sebepten dolayı kohezyonlu zeminlerdeki toprak basıncının duvar arkasına yaklaşık olarak granüler zeminlerde toprak basıncının hesaplandığı şekilde yapılması uygun olmaktadır.

3.5.1. Kohezyonlu Zeminlerde Aktif Toprak Basıncı

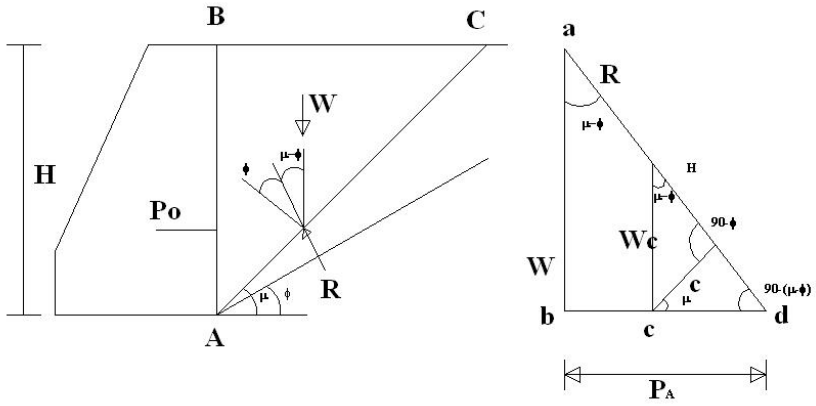
Kohezyonun kırılma yüzeyindeki etkisi üniform ve sabit kabul edilmektedir. Zemindeki kohezyon, toprak basıncını azaltıcı bir rol oynamakla beraber, duvar arkası dik ve sürtünmesiz, dolgunun yüzeyi eğimsiz olduğunda aktif toprak basıncının duvar arkasında normalle yaptığı açı sıfır olmaktadır.

Kohezyonlu zeminlerde zemin kamasının kayma direnci, zeminin içsel sürtünme açısı ve kohezyona bağlıdır. (Şekil 3.17)

Şekil3.17’de, kaymaya hazır zemin kamasında etkili kuvvetler abcde kapalı poligonunda görülmektedir. Kohezyon olmasaydı poligon abd’den oluşacaktı. Şekil3.17’de görüldüğü gibi ce kohezyon etkisi, poligon alanını daraltmaktadır. Bu nedenle gerçek aktif basınç

$$P_a = PA - \Delta P_a$$

olacaktır. Formülde yer alan ΔPa kohezyonun etkisini göstermektedir (Bowles, 1974).



Şekil 3.17 Kohezyonlu zeminde aktif toprak basıncı

$$\Delta P_a = 2 * c * H * \tan\left(45 - \frac{f}{2}\right) = 2 * cH * \sqrt{K_a} \qquad (3.25)$$

Kohezyonlu zeminde birim uzunluğa gelen toplam aktif toprak basıncı aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

$$P_a = PA - \Delta P_a = \frac{1}{2} * g * H^2 * K_a - 2 * c * H * \sqrt{K_a} \qquad (3.26)$$

Granüler zeminlerde bulunan aktif toprak basıncı AC kırılma yüzeyi boyunca üniform olarak dağılan çifte kohezyon tarafından azaltılır.

Kohezyonlu toprak basıncı belirli bir derinlikte sıfır değerine ulaşır. Bu durumda

$$P_a = PA - \Delta P_a = 0$$

$$PA = \Delta P_a$$

$$\frac{1}{2} * g * H^2 * K_a = 2 * c * H * \sqrt{K_a}$$

$$H = H_c = \frac{4 * c}{g * \sqrt{K_a}} \qquad (3.27)$$

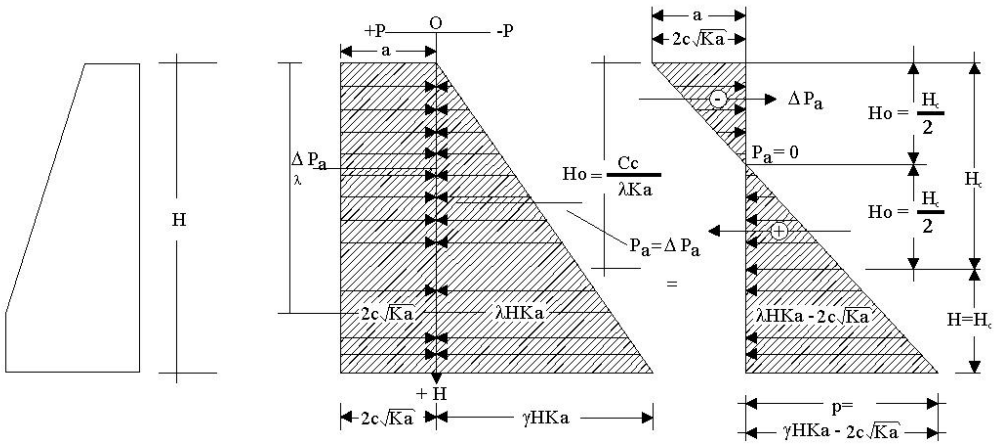
olur. Hc kritik yükseklik değerini vermektedir. Hc kritik yükseklik, zeminin birim hacim ağırlığına, içsel sürtünme açısına, kohezyona ve duvar geometrisine bağlıdır. Genel olarak kohezyonlu zeminlerde, duvar tabanındaki kuvvet (zeminin üzerinde herhangi bir yük yokken)

$$p_a = g * y * K_a - 2 * c * \sqrt{K_a} \qquad (3.28)$$

olur. Bağıntı 3.28'de yer alan y değeri sıfır ile H yükseklik değeri arasında değişen bir değer almaktadır ve ikinci ifade ise sabit bir değerdir.

Eğer zemin üzerinde üniform bir p_o yüklemesi varsa, oluşacak aktif toprak basıncı aşağıdaki gibi bulunabilir (Bowles, 1974)

$$P_a = \frac{1}{2} * g * H^2 * K_a - 2 * c * \sqrt{K_a} + p_0 * h * K_a \qquad (3.29)$$



Şekil 3.18 Kohezyonlu zeminlerde zemin üzerinde yükleme olmadığı durumda aktif toprak basıncı (Juminikis, 1964)

3.5.2. Kohezyonlu Zeminlerde Pasif Toprak Basıncı

Kohezyonlu zeminlerde aktif toprak basıncı için uygulanan yaklaşım aynen pasif toprak basıncı içinde uygulanırsa

$$P_p = P_p + \Delta P_p \tag{3.30}$$

ifadesi bulunur. Kohezyonlu zeminlerde toplam pasif toprak basıncı ise aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

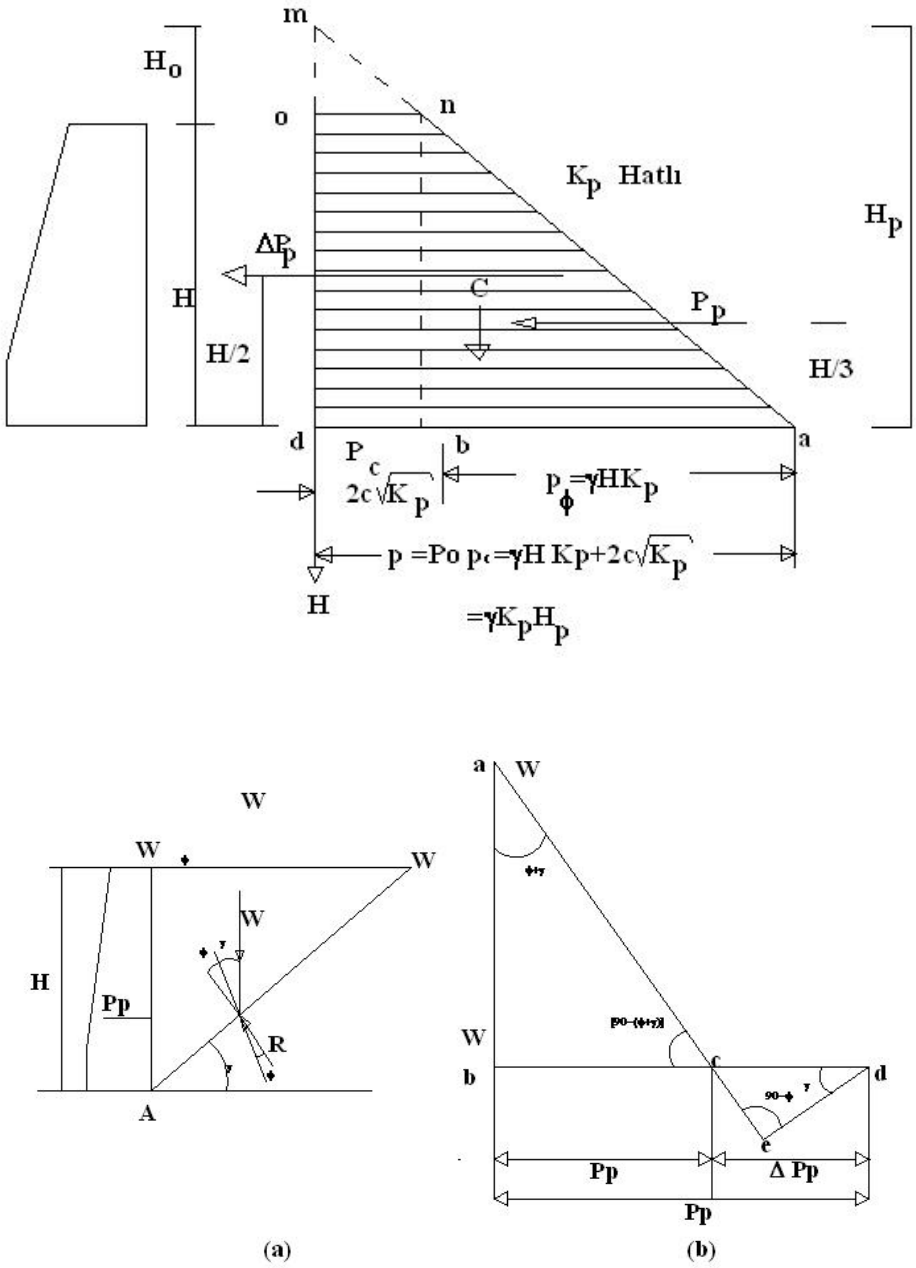
$$P_p = \frac{1}{2} * g * H^2 * K_p + 2 * c * \sqrt{K_a} \tag{3.31}$$

Pasif toprak basıncı Şekil 3.19'da görüldüğü gibi (zemin üzerinde herhangi bir yükleme yokken) trapez bir basınç alanına sahiptir. Herhangi bir y derinliğinde kohezyonlu zeminler için pasif toprak basıncı;

$$p_p = g * y * K_p + 2 * c * \sqrt{K_p} \tag{3.32}$$

olarak bulunur. Eğer zemin üzerinde herhangi bir p_o gibi bir yükleme mevcut ise P_p pasif
toprak itkisi aşağıdaki gibi ifade edilebilir (Bowles,1974)

$$p_p = \frac{1}{2} * g * H^2 * K_p + 2 * c * \sqrt{K_p} + p_0 * H * K_p \tag{3.33}$$



Şekil 3.19 Kohezyonlu Zeminlerde Pasif Toprak Basıncı Ve Pasif Toprak Basıncında Etkiyen Kuvvetler (Bowles, 1974)

3.6. Kendini Tutabilen Zemin Yığınları

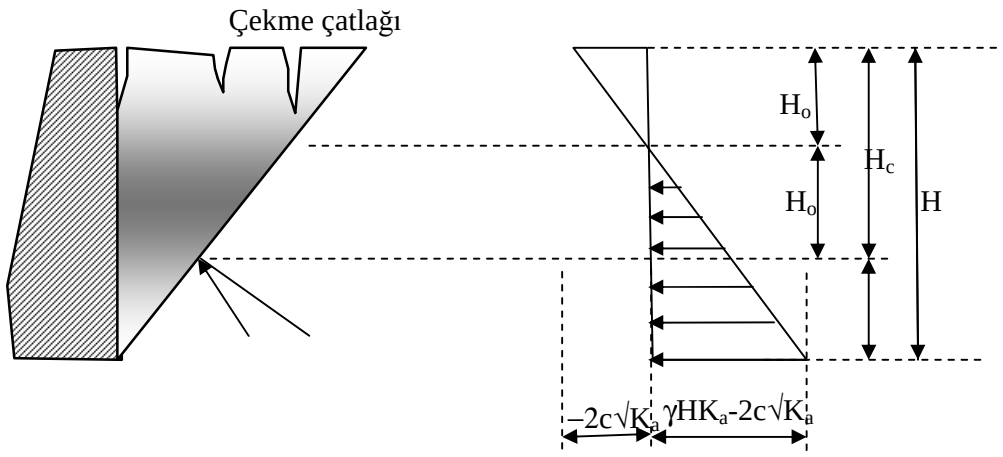
Granüler zeminler desteklenmeden düşey bir konumda duramazlar. Zeminlerin kohezyon özellikleri zeminlerin desteklenmeden düşey konumda kalmasını sağlar.

Kohezyonlu bir zemin H_0 gibi bir yükseklikte hiçbir desteğe gerek duymadan düşey konumda durabilir ve H_c=2H0 yüksekliğinde toplam aktif toprak basıncı ise sıfır olmaktadır. Bu durum Şekil 3.20'da gösterilmektedir. H_c kritik yüksekliği bağıntı 3.27 yardımıyla kolayca bulunabilmektedir.

Kritik derinlik zemin özelliklerine en çok da kohezyona bağlıdır. Eğer zeminin birim hacim ağırlığı ve içsel sürtünme açısı biliniyorsa, belirli bir H yüksekliğinde serbestçe kalabilmesi için gerekli kohezyon değeri

$$c = \frac{g * H * \sqrt{K_a}}{4} \qquad (3.35)$$

olarak hesaplanabilir.



Şekil 3.20 Kohezyonlu zeminlerde gerilme çatlakları (Bowles,1974)

Kohezyonlu zeminlerde meydana gelen çekme çatlaklarının en büyük derinlik değeri $H_0=H_c/2$ değeridir (Şekil 3.20).

Çekme çatlakları Şekil 3.9'da görülen AC0 kırılma yüzeyinde, CC0 miktarı kadar bir azalmaya neden olur (Jumikis, 1964).

Herhangi bir y derinliğinde aktif toprak basıncı değerleri

$$p = P_a - P_c = g * y * K_a - 2 * c\sqrt{K_a} \tag{3.36}$$

olarak bulunur. Formüldeki p_c değeri H yüksekliğine bağlıdır ve aşağıdaki gibi değişim gösterir.

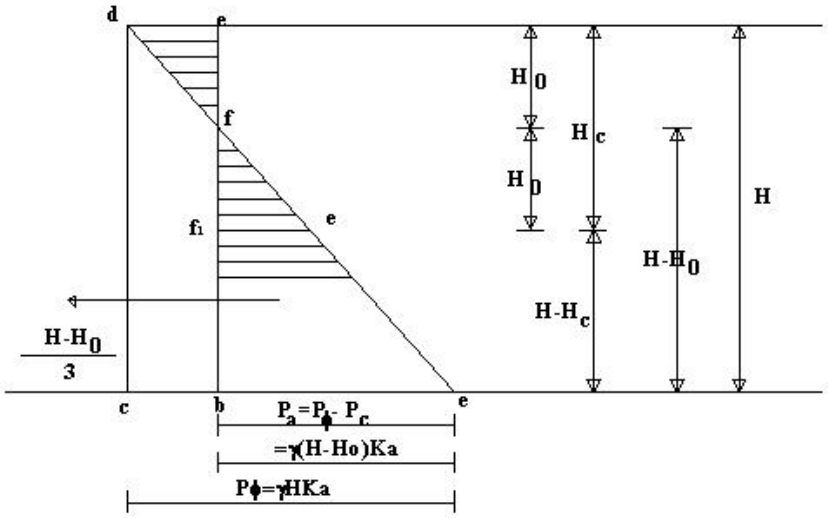
$H = 0;\ \ p_c = 2 * c * \sqrt{K_a}$

$H = 0;\ \ p_c = 0$

$H = 0;\ \ p_c = 2 * c * \sqrt{K_a}$

Şekil 3.21'e göre toplam aktif toprak basıncı ise aşağıdaki gibidir;

$$P_a = \frac{1}{2} * p * (H - H_0) = \frac{1}{2} * g * (H - H_0)^2 * K_a \tag{3.37}$$



Şekil 3.21 Aktif toprak basıncı dağılımı

Teorik olarak H yüksekliği, kritik yükseklikten az ise, bu yükseklikteki kohezyonlu zemin yığını herhangi bir istinat duvarı tarafından desteklenmeden düşey pozisyonda kalabilir.

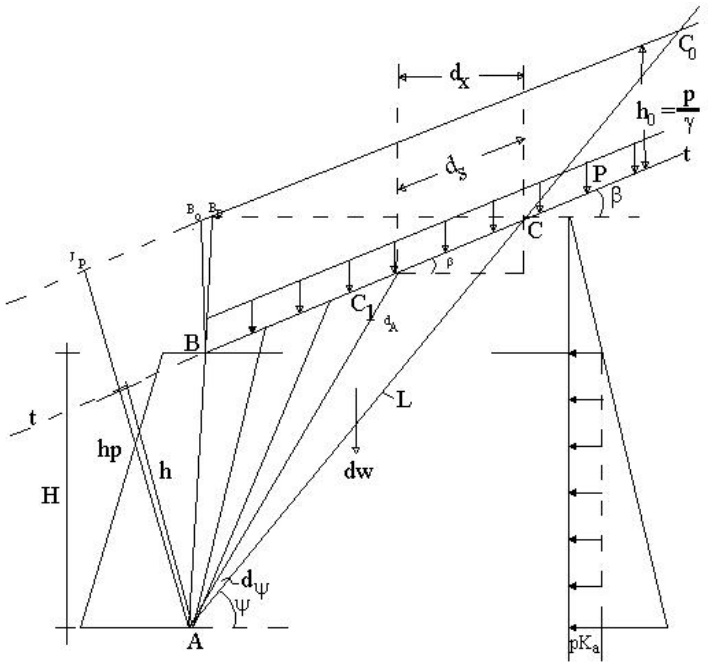
Fakat H yüksekliğinde, zemin ile duvar arasında aderans olmayacağı düşünülürse, güvenli tarafta kalmak için bu kısım da aktif toprak basıncına dahil edilmelidir. Bu durumda toplam aktif toprak basıncı aşağıdaki gibi olur (Bowles,1974).

$$P_a = \frac{1}{2} * g * H^2 * K_a - 2 * c * H * \sqrt{K_a} + \frac{2 * c^2}{g} \qquad (3.38)$$

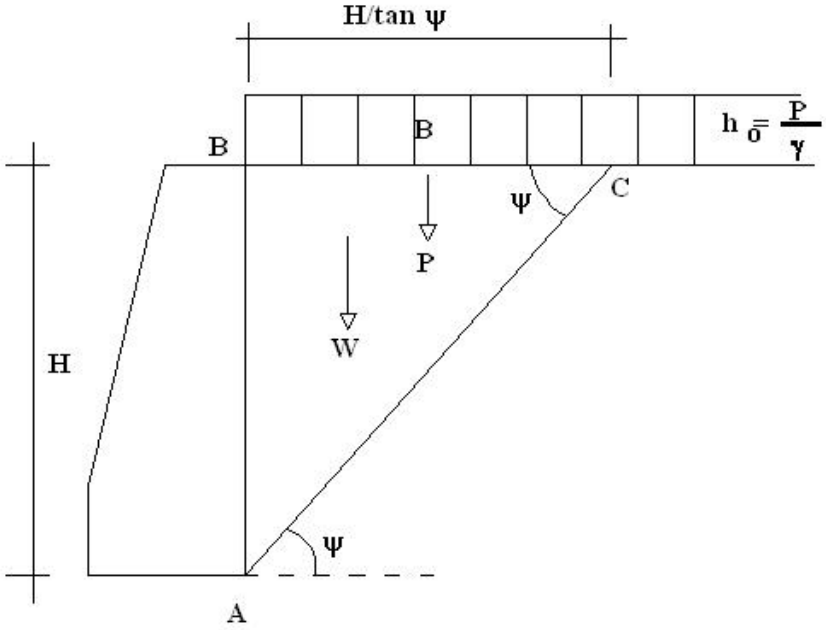
3.7. Zemin Yüzeyinin Yüklenmesi

İstinat yapılarıyla tutulan bir zemin kütlesinin üzerine artı bir yük gelmesi (kazı yapan bir makine, yaya yolu, binalar, tren hattı, otoyol vb.) yanal basınçların artmasına ve stabilitenin bozulmasına neden olur. Bu tarz durumlarda istinat duvarı projelendirilirken bu yüklemenin hesaba katılması şarttır.

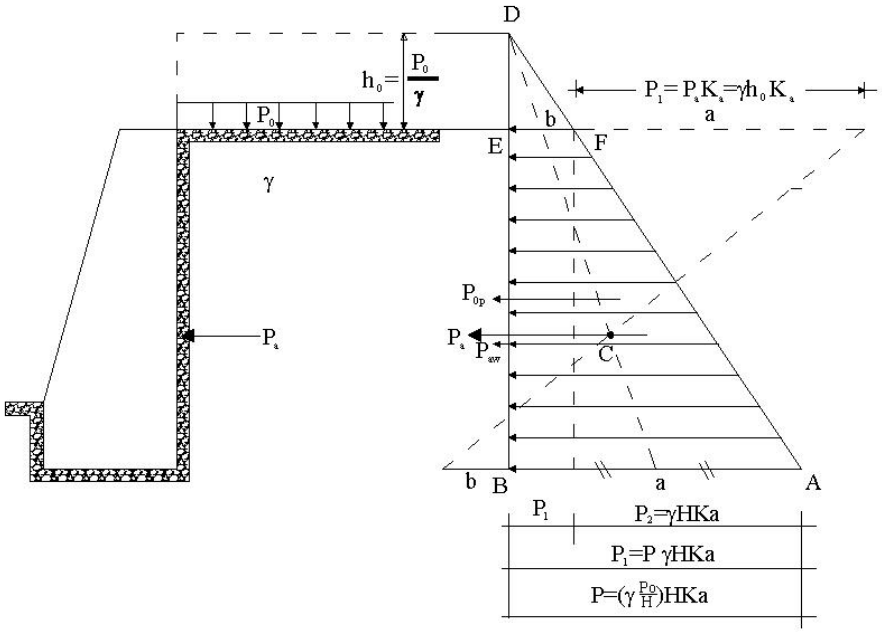
Şekil 3.22, 3.23 ve 3.24'de duvar arkası zemin yüzeyinin değişik yüklenme durumları için oluşacak yanal toprak basıncı dağılımları gösterilmiştir.



Şekil 3.22 Eğimli bir dolguya sahip zemin yüzeyinin yüklenmesi



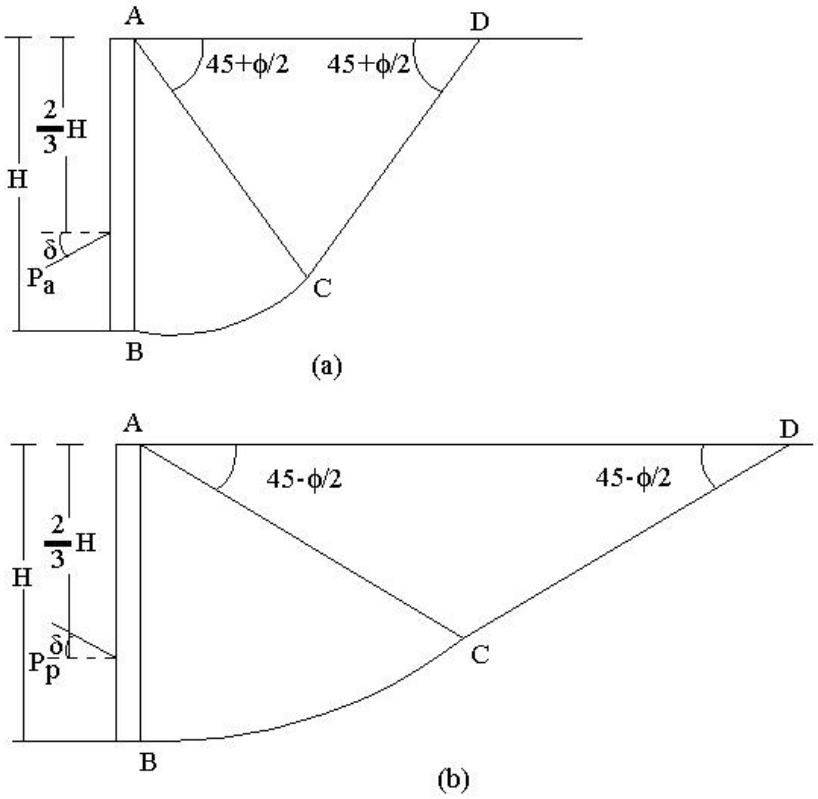
Şekil 3.23 Dolgunun eğimsiz olması durumunda zemin yüzeyinin yüklenmesi



Şekil 3.24 Zemin yüzeyi yüklenmiş bir istinat duvarında yanal toprak basınç diyagramı (Bowles, 1974)

3.8. Coulomb'un Toprak Basıncı Hesabında Kullandığı Göçme Düzlemiyle ilgili Yorumlar

Coulomb'un aktif ve pasif toprak basıncının hesaplanması için kullandığı yöntem bu bölümde detaylı bir şekilde anlatılmıştır. Yapılan analizlerde temel kabul, göçme yüzeyinin düzlemsel olduğudur. Fakat sürtünmenin dikkate alındığı duvarlarda, arazide oluşan kayma yüzeylerinin yapılan kabuller gibi olmadığı gözlenmektedir. Zemin kütlesinde gerçek kayma düzleminin doğası gereği aktif ve pasif toprak basıncı için Sekil 3.25(a) ve 3.25 (b)'de. Sırasıyla gösterilmektedir.



Şekil 3.25 Duvarın sürtünmesi dikkate alındığında aktif ve pasif toprak basıncı için kayma düzleminin doğası (Das,1999)

Kayma düzleminin Şekil 3.25'de gösterildiği gibi BC arasında eğri, CD arasında düz olduğu görülmektedir.

Zeminlerde gerçek kayma düzlemi aktif toprak basınçları için Coulomb'un basınç teorisine göre kabul edilenden bir farklılık gösterse de aslında sonuçlar

birbirinden çok farklı değildir. Fakat pasif toprak basıncı durumunda, δ değerinde bir artış oluşunca, Coulomb teorisine göre yapılan çözümlerde P_p değeri için artan bir hata oranı gözlenmektedir. Bu hata oranı da tasarım yapılırken mühendisleri güvenli olmayan tarafa doğru çekmektedir. Çünkü P_p değerleri zeminin direncinden daha büyük olmaktadır.

3.9. İstinat Duvarlarının Üzerine Etkiyen Kuvvetler

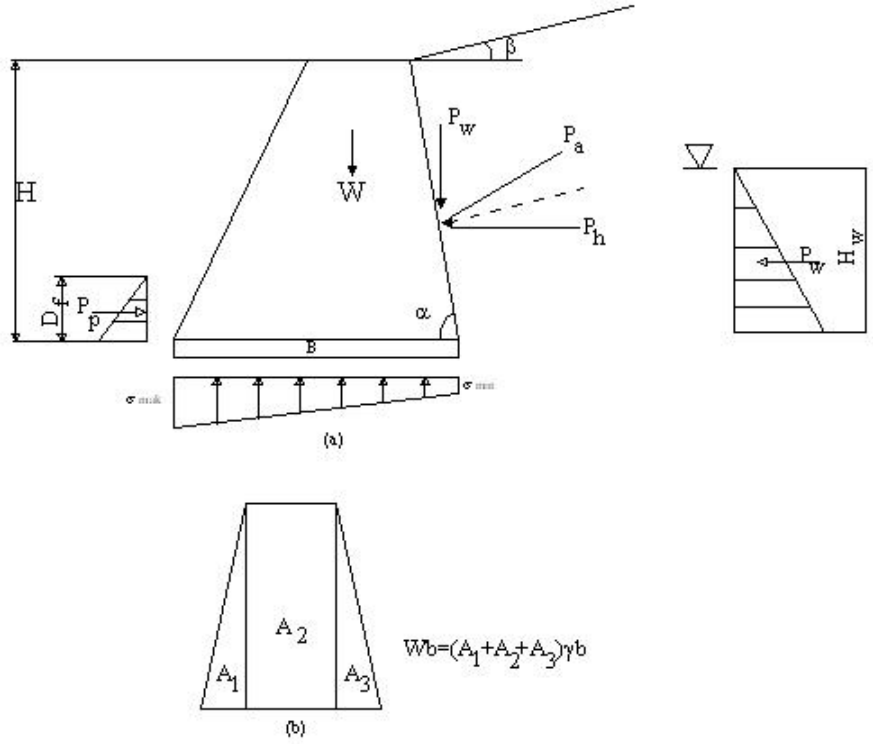
İstinat duvarlarının üzerine etkiyen kuvvetler istinat duvarının birim uzunluğu esas alınarak hesaplanmaktadır. Fakat payandalı istinat duvarlarında hesap uzunluğu iki birleşim yeri veya bir payandayı içerecek şekilde hesaplanır.

3.9.1. Ağırlık İstinat Duvarlarının Üzerine Gelen Kuvvetler

Coulomb ve Rankine teorilerine göre ağırlık istinat duvarlarının üzerine gelen yükler Şekil 4.1'de gösterilmiştir. Duvarın arkasında yer alan dolgunun koşulları Rankine teorisinden farklı ise yani duvar ile zemin arasında bir sürtünmenin olması ve dolgunun yatayla α açısı yapması durumunda, Coulomb teorisine göre hesap yapılmak istenirse kaymaya hazır bir zemin kütlesinin varlığı kabul edilmiş olunur ve duvar arkasında etkiyen P_a kuvveti normalle sürtünme açısı δ kadar bir farkla etki etmektedir. Rankine teorisine göre duvarın düşey ve sürtünmesiz, ayrıca dolgunun yatay konumda olması durumunda, hem düşey hem de yanal gerilmeler birer asal gerilme olup duvar arkasındaki göçmeye ulaşıldığında düşey gerilme büyük asal gerilme, aktif gerilme ise küçük asal gerilme değerindedir. Duvar arkasında yer alan dolgunun belirli bir eğime sahip olması durumunda ise yanal toprak basınçları K_a değiştirilmiş aktif toprak basıncı katsayısı yardımıyla hesaplanır. Rankine göre aktif toprak basıncının normalle yaptığı açı, dolgunun yatayla yaptığı açıya yani α açısına eşittir. Düşey kuvvet R ise temel üzerindeki tüm düşey kuvvetlerin toplamıdır. Bu R düşey bileşke kuvvetinin uygulama noktasının sistemin ekseninden olan uzaklığına ise eksantrisite denilmektedir. Eksantrisite değeri 4.2 bağıntısı yardımıyla bulunabilmektedir. X terimi sistemin ağırlık merkezini, e ise eksantrisite değerini göstermektedir. Eksantrisite değerinin B/6 değerini, R kuvvetinin uygulama noktası olan x değerinin ise B/2'yi geçmemesi istenmektedir. (Özden, Trupia, Eren, Öztürk, 1995)

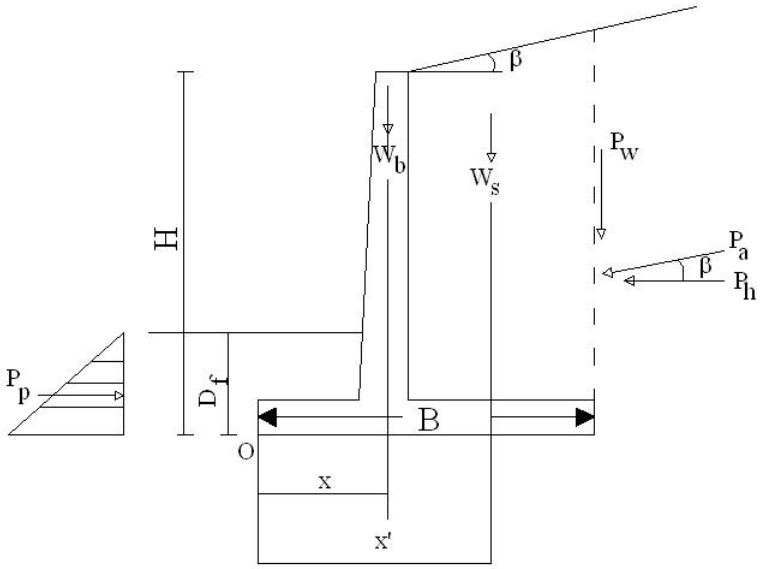
$$X = \frac{\sum M_{(NET)}}{R} \tag{3.39}$$

$$e = \frac{B}{2} - X \tag{3.40}$$



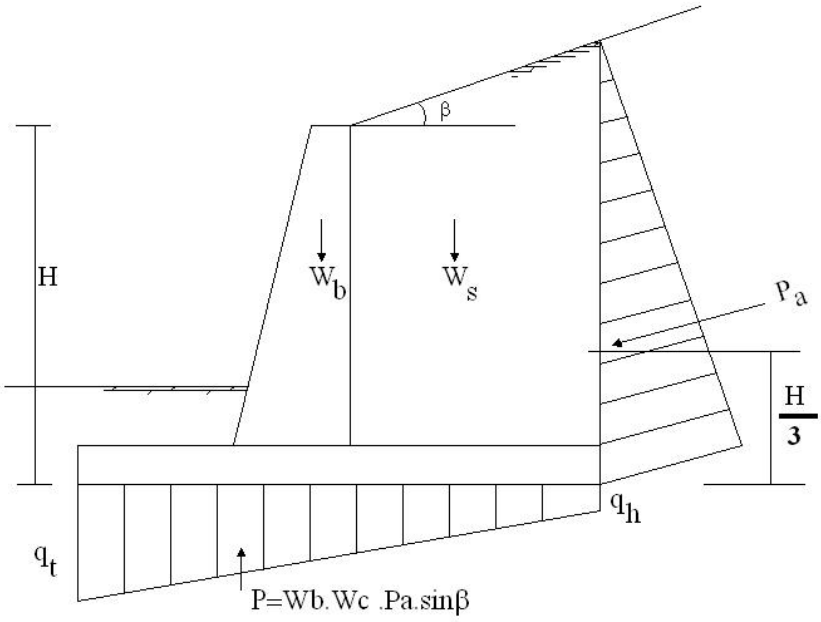
Şekil 3.26 İstinat duvarlarındaki kuvvetler (a) Coulomb analizi (b)Rankine Analizi Ağırlık İstinat Duvarlarının Üzerine Gelen Yükler

Konsol istinat duvarına gelen yükler Şekil 3.26 ve Şekil 3.27'de gösterilmiştir. 6m civarındaki konsol istinat duvarlarının projelendirilmesinde Rankine, 6m'nin üzerindeki konsol istinat duvarlarının projelendirilmesinde ise Coulomb hesap tekniğinin kullanılması uygun görülmektedir (Bowles, 1974).



Şekil 3.27 Konsol istinat duvarınki kuvvetler (TS 7994)

Şekil 3.26 ve Şekil 3.27'de görülen ampatman üzerinde bulunan zeminden dolayı meydana gelen pasif basınç genellikle ihmal edilebilir. Kaymaya karsı büyük bir direnç sağlanmasına karsın, herhangi bir inşaat veya benzer bir sebeple zemin uzaklaştırıldığı takdirde duvar stabilitesi bozulacaktır.



Şekil 3.28 Konsol istinat duvarında aktif toprak basıncı ve taban basıncı (Bowles, 1974)

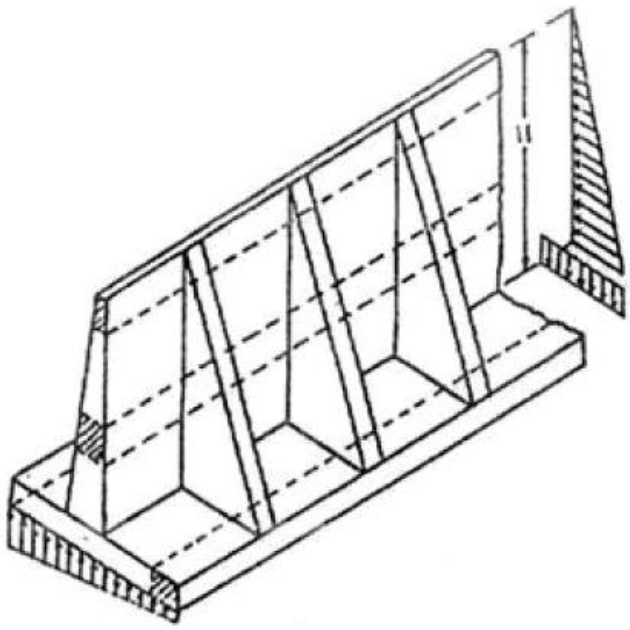
3.9.2. Payandalı İstinat Duvarları

Bu tür istinat duvarlarının hesapları plak teorisine göre yapılabilir. Çözüm yapılırken payanda ağırlığı ihmal edilebilir. Şekil 3.29'da payandalı istinat duvarının maruz kaldığı kuvvetler gösterilmiştir. Aynı şekilde çeşitli parçaların (konsolun üstünde, ortasında, ve radyede) taralı olduğu görülmektedir. Çözüm yöntemi bu parçaları kiriş olarak kabul eder. Buradaki basınç diyagramı üçgen seklinde olacaktır. Her parça eşdeğer kiriş olarak esas alınarak, elde edilen moment dağılımından, eğilme momentleri hesaplanabilir. Kiriş kabul edilen parçacıklarda oluşan momentler aşağıdaki gibi ifade edilir.

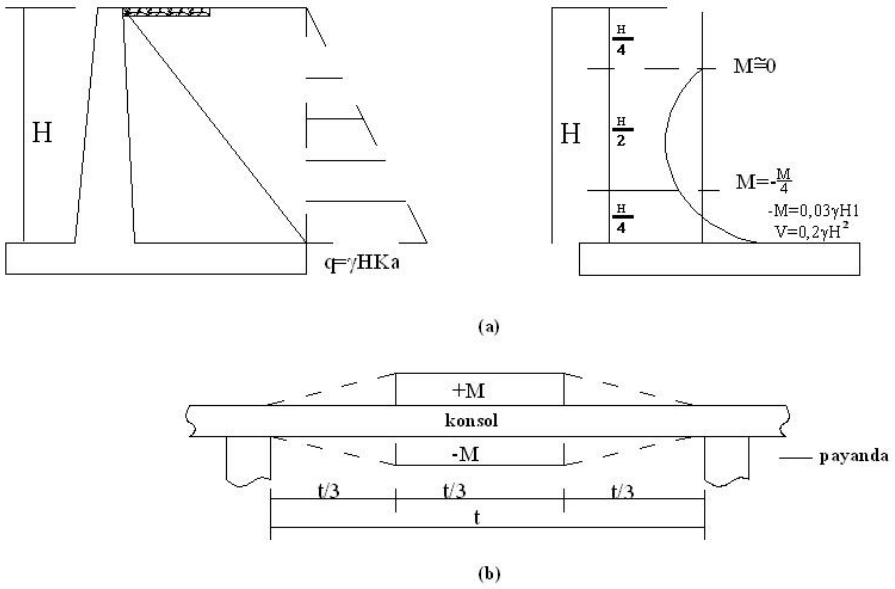
$$M = \frac{q * l^2}{10} \text{ (Konsol üst kısmında)} \quad (3.41)$$

$$M = \frac{q * l^2}{12} \text{ (Konsolun radyeye yakın yerinde)} \quad (3.42)$$

$$M = \frac{q * l^2}{10} \text{ (Arka ampatmanın bütün birim parçalarında)} \quad (3.43)$$



Şekil 3.29 Payandalı istinat duvarının analizi



Şekil 3.30 Huntingtan'a göre düşey momentlerin dağılışı (Bowles, 1974)

Bu tür istinat duvarlarında ön ampatman bir konsol kiriş gibi, arka ampatman ise sürekli kiriş gibi davranır. Payandalar ise bir T kiriş gibi davranırlar. Kirişlerin ağırlıklarının yüksek değerlere ulaşmasına karsın oluşan gerilmeler düşüktür. Bu nedenle de analiz edilmelerine gerek duyulmaz. Payandalar momentten oluşan basınca karsı mukavemet gösterirler ve yalnızca basınçta kiriş gibi davranırlar. Gerilme donatısı da yatay olarak uzanarak konsol ile payandayı birbirine bağlar. Payandanın eğilimi gerilmelerin gerektirdiği donatıya göre belirlenir.

3.9.3. Sürşarj Yükünden Dolayı Duvarların Üzerine Gelecek Yanal Toprak Basıncı

Duvar arkası aktif zemin itkisinin yanı sıra zemin üzerine etkime olasılığı olan çizgisel veya şerit bir yükün duvara yapacağı etki, elastisite kuramı yoluyla aşağıdaki gibi bulunabilir (Yıldırım, 2002).

3.9.3.1. Çizgisel Yük

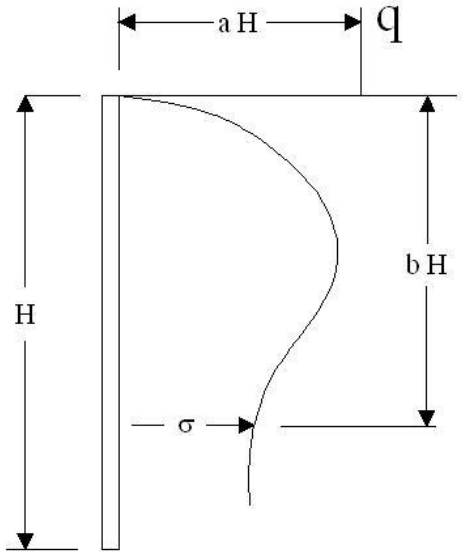
Elastisite teorisine göre q büyüklüğündeki çizgisel yük yükün istinat duvarında z derinliğinde yaratacağı gerilme bağıntı 3.44'de olduğu gibi bulunabilir.

$$s = \frac{2a}{p * H} * \frac{a^2 * b^2}{\left(a^2 + b^2\right)^2} \qquad (3.44)$$

Zeminler mükemmel şekilde bir elastik ortam olmadığından bazı sapmalar olması beklenmektedir. Bu durumu dikkate alarak gerekli düzeltmeler yapıldığında bağıntı aşağıdaki formları alabilmektedir.

$$s = \frac{4q}{p * H} * \frac{a^2 * b}{\left(a^2 + b^2\right)} \qquad (a > 0{,}4) \qquad (3.45)$$

$$s = \frac{q}{H} * \frac{0{,}203b}{\left(0{,}16 + b^2\right)} \qquad (a \leq 0{,}4) \qquad (3.46)$$



Şekil 3.31 Çizgisel yükün duvara etkisi

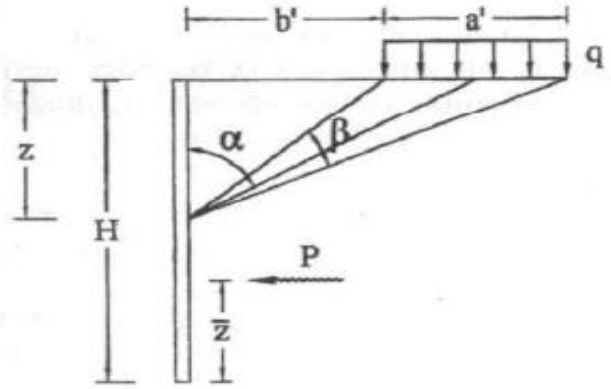
3.9.3.2. Şerit Yük

$$s = \frac{2a}{H}\left(b - \sin b \cos 2a\right) \tag{3.47}$$

Toplam itki bağıntı 4.10 yardımıyla bulunabilir.

$$P = \frac{q}{90}\left[H\left(q_2 - q_1\right)\right] \tag{3.48}$$

$$q_1 = \tan^{-1}\left(\frac{b'}{H}\right) \tag{3.49}$$



Şekil 3.32 Şerit yükün duvara etkisi

$$q_2 = \tan^{-1}\left(\frac{a' + b'}{H}\right) \tag{3.50}$$

Toplam itkinin tabandan uzaklığı $\bar{z}$ için bağıntı 3.51'den yararlanılır.

$$\bar{z} = H - \frac{1}{2 * H * \left(90 - q_2\right)} * \left(H^2\left(q_2 - q_1\right) + \left(R - Q\right) - 57{,}3 * a' H\right) \tag{3.51}$$

$$R = \left(a' + b'\right)^2 * \left(90 - q_2\right) \tag{3.52}$$

$$Q = b'^2\left(90 - q_2\right) \tag{3.53}$$

3.10. İSTİNAT DUVARLARININ STABİLİTESİ

İstinat duvarlarının stabilitesinin kontrolü için aşağıdaki adımlar takip edilebilir.

1) İstinat duvarının devrilme (dönme) kontrolü

2) İstinat duvarının tabanındaki ötelenmeden dolayı kaynaklanabilecek göçmenin kontrolü

3) İstinat duvarının tabanındaki tasıma gücü kapasitesinin göçmeye karşı kontrolü

4) İstinat duvarının yapacağı oturmanın kontrolü

5) Genel stabilitenin kontrolü

Bu bölümde istinat duvarlarının stabilite kontrollerinde yapılması gereken dönme, ötelenme ve taşıma gücü kapasitesi kontrollerine değinilecektir.

3.10.1. Ötelenmeye Karsı Güvenlik

İstinat duvarlarında kaymaya karsı güvenliğinin kontrolü, duvarın kaymasına neden olan kuvvetlerin, duvarın kaymasına karsı koyan kuvvetlere oranı seklinde hesaplanmaktadır. Bu değerlendirmeyi yaparken kullanmamız gereken kuvvetler kısaca aşağıda açıklanmıştır.

1) Duvarın kaymaya zorlanması durumunda, karsı koyan kuvvetler

• İstinat duvarının ağırlığı

• Topuğun üzerinde bulunan zemin kütlesinin ağırlığı

• Aktif toprak basıncının düşey bileşeni

• Tabanda bulunan zeminle istinat duvarı arasındaki adhezyondan doğan mukavemet

• Eğer dikkate alınırsa ön ampatmanda oluşan pasif basınç

2) Duvarın kaymasına neden olan kuvvetler

• Aktif toprak basıncının yatay bileşeni

Güvenlik sayısı olarak, granüler zeminlerde en az 1.5 kullanılır ve depremin meydana gelebileceği durumlar için bu sayı granüler zeminler için en az 1.1 alınır (Yıldırım, 2002). Kohezyonlu zeminler için pratikte kaymaya karsı güvenlik sayısı deprem sırasında 1.3 alınabilir. Kaydırmaya karsı koyan kuvvetlerden ilk üçü duvar

zemin sürtünme açısı ile çarpılır. İstinat duvarlarının tasarımında duvar-zemin arasındaki sürtünme açısı değeri genellikle θ/2 ile 2/3θ arasında kabul edilir. Sonuçta bu değer aşağıdaki gibi hesaplanabilir.

$$m = \tan\left(\frac{2}{3}q\right) \tag{3.54}$$

Ayrıca aşağıdaki çizelgeden de faydalanılabilir.

Tablo 3.1 Zeminlerin içsel sürtünme açıları ile betonarme plak arasındaki μ sürtünme katsayıları

Zemin cinsi	Φ	μ
İnce tataneler ihtiva etmeyen çok geçirgen kum veya çakıl	33-40	0.5-0.6
Siltle karışık kum veya çakıl,geçirgenliği düşük zeminler	25-35	0.4-0.5
Siltli kum,çok killikum veya killi çakıl	23-30	0.3-0.4
Orta sertlikte çakıl	25-35	0.2-0.4

Tabanda bulunan zeminlerin cinsi kohezyonlu ise duvar ile arasında oluşacak adhezyondan dolayı kaymaya karsı bir direnç meydana getirecektir. Oluşabilecek bu direnç duvarın tabanının uzunluğu ile zeminin kohezyonunun çarpımı ile hesaplanır. Yalnız temel kazısının zeminde oluşturacağı değişikliklerden dolayı, zeminin kohezyonu azaltılmalıdır. Oluşabilecek bu azaltılmış kohezyonu c_a, aşağıdaki gibi hesaplayabiliriz (Özden, Turupia, Eren, Öztürk,1995).

$$C_a = \frac{2c}{3} - \frac{2c}{4} \quad (3.55)$$

Taban plağının altında yer alan zeminler için kayma mukavemeti aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$s = s\ * \tan d + c_a \quad (3.56)$$

δ = Zemin ile taban plağı arasında sürtünme açısı

c_a= Zemin ile taban arasındaki adhezyon katsayısı

Duvarın birim uzunluğu için duvarın kaymasına direnen en büyük kuvvet duvarın tabanındaki plak boyunca su şekilde çıkarılabilir.

$$R^{'} = s * (alan) = s * (B * 1) = B * s\ * \tan d + B * C_a \quad (3.57)$$

$$B * s = \sum V \quad (3.58)$$

$$R^{'} = (\sum V) * \tan d + B * C_a \quad (3.59)$$

Ayrıca P_p kuvvetide yatayda kaymaya karsı direnen kuvvetlerden biridir. Dolayısıyla P_p'nin içinde bulunduğu bağıntılardan biri aşağıda gösterilmiştir.

$$\sum F_{R^{'}} = (\sum V) * \tan d + B * c_a + P_p \quad (3.60)$$

Daha önce yukarıda da söylendiği gibi kaymaya neden olan tek kuvvet sadece aktif kuvvetin (P_a) yatay bileşenidir.

$$\sum F_D = P_a * \cos a \quad (3.61)$$

Yukarıda açıklanan değerler yardımıyla ötelenmeye karsı güvenlik aşağıdaki gibi hesaplanır.

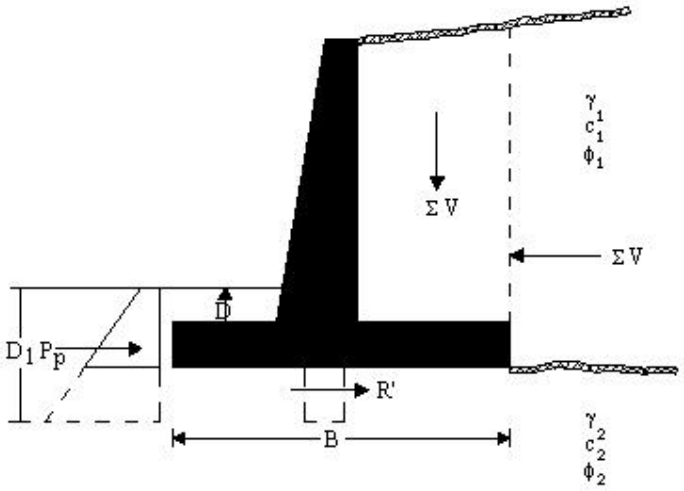
$$F_{s(kayma)} = \frac{\text{Kaymaya Karsi Koyan Kuvvetler}}{\text{Kaymaya Neden Olan Kuvvetler}} \quad (3.62)$$

3.62'nin bağıntısının açık sekli şöyledir.

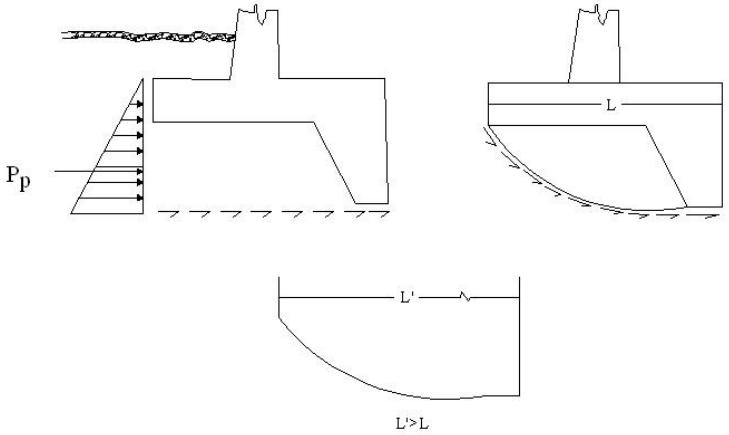
$$F_{s(kayma)} = \frac{\sum F\text{z} * \tan f + \text{Pp} + \text{B} * \text{c}}{\text{Pa} * \cos a} \quad (3.63)$$

Bazı durumlar için kaymaya karsı güvenliği artırmak amacıyla istinat duvarlarına diş yapılabilir. Diş yapmanın amacı sürtünme kuvvetini arttırarak pasif

toprak basıncından faydalanmaktır. Fakat duvara etkiyen aktif toprak basıncının artması da yapılan çözümle birlikte ortaya çıkan bir dezavantajdır.

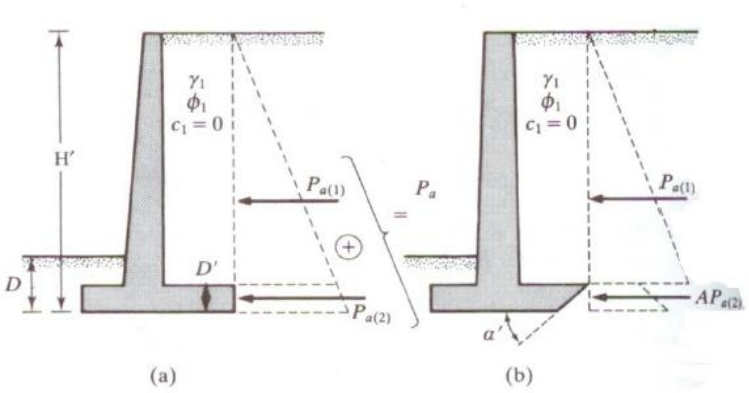


Şekil 3.33 İstinat duvarının taban boyunca kaymaya karşı kontrolü



Şekil3.34 Radyeye diş yapılması halinde sürtünme uzunluğunun ve pasif basıncın artışı

Diş yapılması dışında Fs(kayma) değerinin artırılması için yapılabilecek diğer bir çözüm de aktif toprak basıncı, P_a değerini düşürmektir.Bunu yaratmak ise Elman ve Terry (1988) tarafından geliştirilen yöntemle mümkün olmaktadır. Önerilen yöntem yatay granüler dolgu malzemesiyle sınırlandırılmıştır. Sekil5.3'te gösterildiği gibi toplam aktif toprak basıncı P_{a1} ve P_{a2} değerlerinin toplamıdır. Eğer topuk bölgesinde bir eğim yapılırsa P_{a2} toprak basıncında bir azalma ortaya çıkacaktır.



Şekil3.35 Eğimli topuğa sahip istinat duvarları ve gerilme dağılımı (Das, 1999)

$$P_a = P_{a(1)} + A * P_{a(2)} \quad (3.64$$

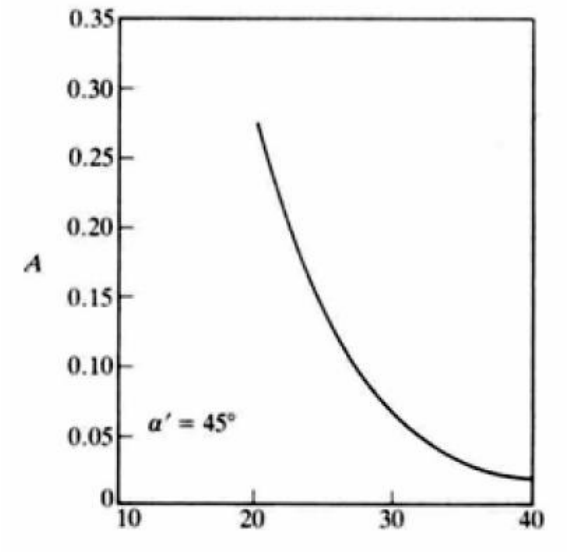
$$P_{a(1)} = \frac{1}{2} * g_1 * K_a * \left(H' - D'\right)^2 \quad (3.65)$$

$$P_{a(2)} = \frac{1}{2} * g_1 * K_a * \left[H'^2 - \left(H' - D'\right)^2\right] \quad (3.66)$$

Şekil 3.35(b)'de gösterilen aktif toprak basıncı değeri aşağıdaki bağıntı yardımıyla bulunabilir.

$$P_a = \frac{1}{2} * g_1 * K_a * \left(H' - D'\right)^2 + \frac{A}{2} * g_1 * K_a * \left[H'^2 - \left(H' - D'\right)^2\right] \quad (3.67)$$

Burada formülde yer alan A değeri Şekil 3.36'ten bakılarak değeri tespit edilir.



Şekil 3.36 A katsayısı değerleri (Das, 2002)

İstinat duvarının topuğuna eğim verilmesi bazı durumlarda oldukça faydalıdır.

Deprem sırasında aşağıdaki ilave kuvvetlerin dikkate alınması gerekir

• Depremden dolayı oluşan ilave aktif toprak basıncı

• Deprem etkisiyle duvar kütlesinin oluşturduğu yanal itki

3.11. Dönmeye (Devrilmeye) Karşı Güvenlik

Bir istinat duvarında dönmeye karsı güvenlik sayısı, ön ampatman alt ucuna göre alınan momentlerden, dönmeye karsı direnen momentlerin toplamının, duvarı döndürmeye çalışan kuvvetlere oranıdır. Granüler zeminlerde bu değerin en az 2 olması yeterlidir. Fakat depremli yükleri altında bu değerin 1,3 alınması uygundur (Yıldırım,2002). Dönme tahkikinde kullanılan momentlere yol açan kuvvetler aşağıda sıralanmıstır.

• Aktif zemin basıncının yatay bileşeni

• İstinat duvarının ağırlığı

• Topuk üzerindeki zeminin ağırlığı

• Göz önüne alınırsa ön ampatmanda oluşan pasif zemin basıncı

Dönmeye karsı güvenlik aşağıdaki formülle hesaplanabilir.

$$Fs_{(dönme)} = \frac{\sum M_r}{\sum M_o} \qquad (3.68)$$

ΣM_o = Duvarın ayağında, duvarı döndürmeye çalışan kuvvetlerin momentleri toplamı

ΣM_r = Duvarın ayağında, duvarın dönmesine engel olan kuvvetlerin momentlerinin toplamı

$$\sum M_0 = P_h * \frac{H'}{3} \qquad (3.69)$$

$$P_h = P_a * \cos a \qquad (3.70)$$

Duvarın dönmesine direnen kuvvetler olarak duvarın kendi ağırlığı ve arka ampatmanda topuğun üzerinde yer alan zeminin ağırlığı yer almaktadır. Bu kuvvetlere ek olarak aktif toprak basıncının düşey bileşeni olan P_v'de katkıda bulunmaktadır.

$$P_v = P_a * \sin a \tag{3.71}$$

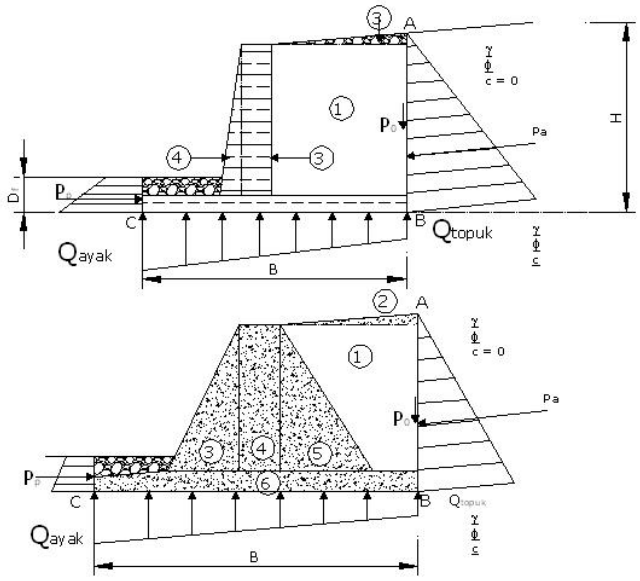
Deprem kuvvetlerinin etkiyebileceği durumlar için de ötelenme güvenliğinde bahsedilen ve depremde oluşabilecek yüklerin oluşturduğu momentler de dikkate alınır. Şekil 5.5'te konsol ve ağırlık duvarlarının üzerine topuktan başlayan AB düşey düzlemi boyunca etkiyen Rankine aktif toprak basıncı gösterilmektedir. P_p olarak gösterilen Rankine pasif toprak basıncının büyüklüğü bağıntı 5.16'daki gibi bulunabilmektedir.

$$P_p = \frac{1}{2} * K_p * g_2 * D^2 + 2 * c_2 * \sqrt{K_p} * D \tag{3.72}$$

$$K_p = \tan^2\left(45 + \frac{f}{2}\right) \tag{3.73}$$

γ_2= Topuğun önünde ve taban plağının altında yer alan zeminin birim hacim ağırlığı
K_p= Rankine pasif toprak basıncı katsayısı
ϕ_2 = Zeminin içsel sürtünme açısı
c_2 = Zeminin kohezyonu

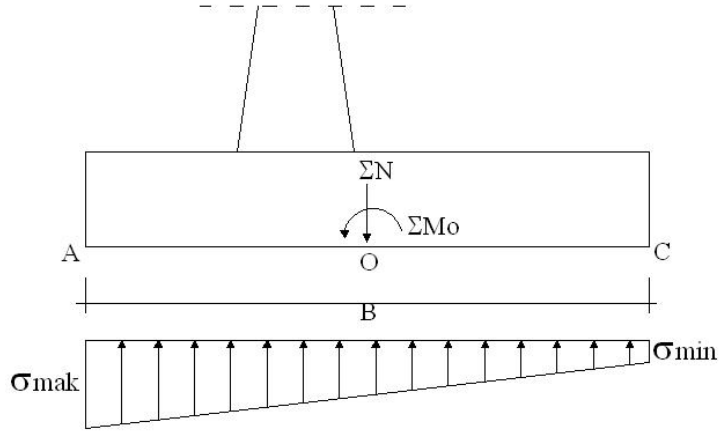
İstinat duvarının dönmesine neden olabilecek kuvvet sadece aktif toprak basıncının yatay bileşenidir. Bağıntı 3.70 yardımıyla bulunabilir.



Şekil 3.387 Dönme tahkiklerinde Rankine teorisine göre oluşan kuvvetler (Das, 1999)

3.12. Taşıma Gücü Yönünden Güvenlik

Tabanda istinat duvarından zemine iletilen düşey basıncın zeminin nihai tasıma kapasitesine göre kontrol edilmesi gerekmektedir. İstinat duvarlarında, ön ampatmanda en büyük, arka ampatmanda ise en küçük zemin basıncı değerleri oluşur. Aşağıdaki şekilde bu durum gösterilmektedir.



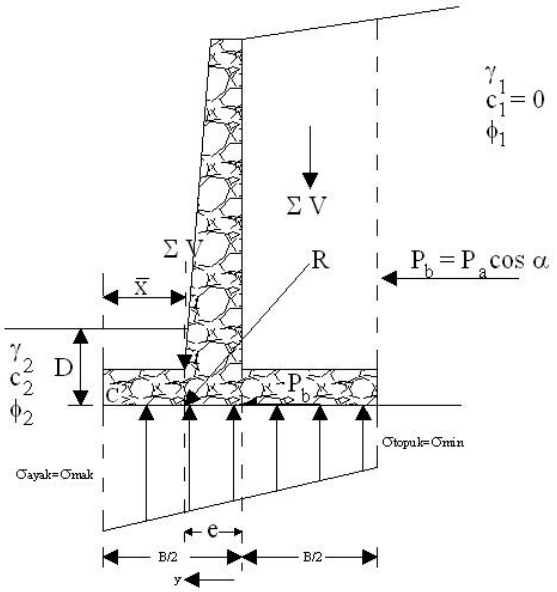
Şekil 3.38 En büyük ve en küçük zemin gerilmelerinin dağılımı

Burada ΣV düşey yüklerin toplamını, Mo ise taban plağının ortasına göre alınan toplam momenti göstermektedir. Deprem durumunda toplam moment ve toplam kuvvet için depremden oluşan ilave yüklerin etkisi dikkate alınacaktır.

Kuvvetlerin oluşturduğu net moment bağıntı 3.71'de gösterilmektedir. ΣMo duvarın dönmesi için çalışan kuvvetlerin momentleri toplamı, ΣMr ise duvarın dönmesine engel olan kuvvetlerin yarattığı momentlerin toplamıdır.

$$\sum M_{net} = \sum M_r - \sum M_0 \qquad (3.74)$$

Bileşke kuvveti R taban plağındaki E noktasında etkimektedir. Şekil 3.39'da görülen CE bağıntı 3.75'teki gibi bulunur. Dolayısıyla bileşke R'nin yapmış olduğu eksantrisite bağıntı 3.76 yardımıyla bulunur.



Şekil 3.39 Stabilite kontrollerinde tasıma gücü kapasitesi kontrolü (Das,1999)

$$CE = x = \frac{M_{net}}{\sum V} \qquad (3.75)$$

$$e = \frac{B}{2} - x \qquad (3.76)$$

İstinat duvarının taban plağının altındaki basınç dağılımı mekaniğinin aşağıda gösterilen en temel prensiplerinden birini kullanarak bulunabilmektedir.

$$q = \frac{\sum V}{A} \pm \frac{M_{net*y}}{I} \tag{3.77}$$

$$\sum M_{net} = (\sum V) * e \tag{3.78}$$

$I = \frac{1}{2} * (1) * (B^2)$ = Birim uzunluk için taban kısmının atalet momentine eşittir.

En büyük ve en küçük basınçların bulunması için y değerinin yerine B/2 uzunluğu girilmelidir.

$$q_{mak} = q_{ayak} = \frac{\sum V}{B*1} + \frac{e*(\sum V)*B/2}{(1/12)*(B^3)} = \frac{\sum V}{B}(1 + \frac{6e}{B}) \tag{3.79}$$

$$q_{\min} = q_{topuk} = \frac{\sum V}{B}(1 - \frac{6e}{B}) \tag{3.80}$$

ΣV 'nin içinde zeminin ağırlığı da alınmış durumdadır ve eksantrisite değeri, (e) B/6 değerinden daha büyük olursa q_{min} değeri negatif bir değer alacaktır. Bu durumun bir sonucu olarak da topuk kısmının sonuna doğru çekme gerilmeleri oluşacaktır. Çekme gerilmelerinin bu bölgede etkimesi istenmeyen bir durumdur. Çünkü zeminlerin çekme dayanımları oldukça düşüktür. Tasarım sırasında yapılan analizlerde e>B/6 olması durumunda duvarın boyutlarının oranları tekrar gözden geçilerek yeni bir hesap yapılmalıdır. Stabilitenin sağlanması için, zeminin en büyük taban gerilmesinin (q_{mak}) zeminin güvenli taşıma gücü, q_a değerinden küçük olması gereklidir.

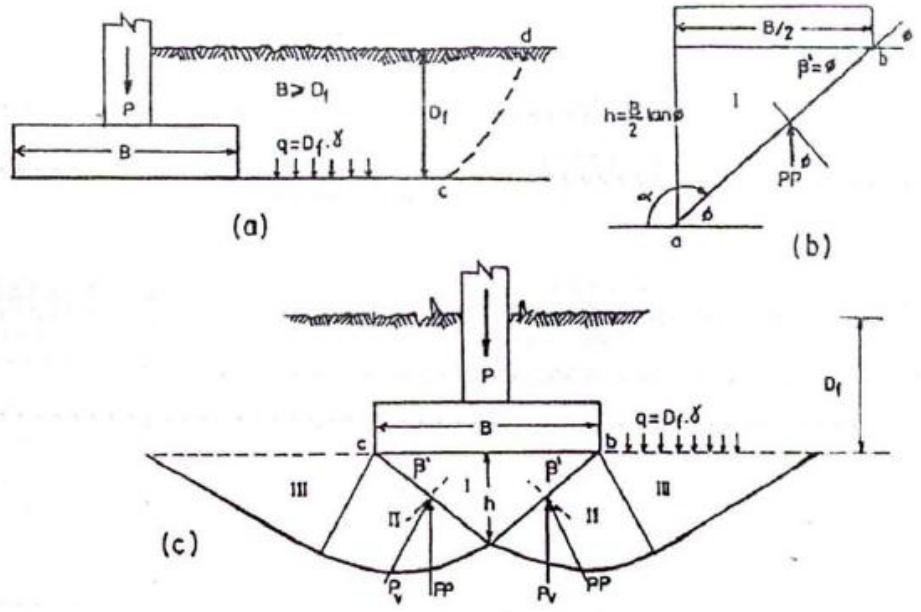
3.13. Yüzeysel Temeller için Güvenli Tasıma Gücü

İstinat duvarlarının taban stabilitesi tahkikleri yapılırken, zeminin güvenli tasıma gücünün bilinmesi gerekmektedir. Bir temelin tasıma gücü zeminde göçme meydana gelmeden, kayma dayanımı asılmadan zemine aktarabileceği en büyük gerilme olarak tanımlanabilir. Temel zeminin sıkılığına veya sertliğine bağlı olarak baslıca 3 tür göçme mekanizması gözlenebilmektedir. Bunlar

1) Genel göçme
2) Yerel göçme
3) Zımbalama göçmesi

Göçme mekanizmaları için ilk analitik çözümler Terzaghi (1943) tarafından şerit temeller için geliştirilmiştir. Terzaghi tasıma gücü eşitliklerinde gerek varsayımlar, gerekse dikkate alınmayan eğiklik, eksantrik yükleme gibi etkiler yapılan daha geniş kapsamlı çalışmalar sonucu geliştirilen eşitlikler ile dikkate alınabilmektedir ve bu eşitlikler "Genel Tasıma Gücü Eşitlikleri" adı altında bilinmektedir.

$$q_u = cN_{cs}F_{cs}F_{cd}F_{ci} + qN_qF_{qs}F_{qd}F_{qi} + \frac{1}{2}gB'N_gF_{gs}F_{gd}F_{gi} \qquad (3.81)$$



Şekil 3.40 Taşıma gücü modeli

İstinat duvarları için zeminin tasıma gücü kapasitesi incelenirken F_{cs},F_{qs},F_s şekil faktörleri sürekli temel gibi düşünülerek bu değerlerin tümü 1 olarak alınabilir. N_c,N_q,N_f, içsel sürtünme açısına bağlı taşıma gücü faktörleri olup bunlardan N_c, N_q her taşıma gücü eşitliklerinde ortaktır. N için değişik öneriler olup eşitlik buna göre adlandırılmaktadır.

$$N_q = \tan^2\left(45 + \frac{f}{2}\right) * e^{p*\tan f} \quad \text{Reissner} \quad (1924) \qquad (3.82)$$

$$N_c = \left(N_q - 1\right)\cot f \quad \text{Prandtl} \quad (1921) \qquad (3.82)$$

$$N_g = 2\left(N_q + 1\right)\tan f \quad \text{Vesic} \quad (1973) \qquad (3.83)$$

$$N_g = \left(N_q - 1\right)\tan\left(1{,}4f\right) \quad \text{Meyerhof} \quad (1963) \qquad (3.84)$$

$$N_g = 1{,}5\left(N_q - 1\right)\tan f \quad \text{Hansen} \quad (1970) \qquad (3.85)$$

Derinlik faktörleri için Hansen (1970) tarafından yapılan öneriler aşağıda gösterilmektedir.

$$\frac{D_f}{B} \le 1 \text{ için } F_{cd} = 1 + 0{,}4\frac{D_f}{B} \qquad (3.86)$$

$$F_{qd} = 1 + 2\tan f\left(1 - \sin f\right)^2 \frac{D_f}{B} \qquad (3.87)$$

$$F_{gd} = 1 \qquad (3.88)$$

$$\frac{D_f}{B} > 1 \text{ için } F_{cd} = 1 + 0{,}4\tan^{-1}\frac{D_f}{B} \qquad (3.89)$$

$$F_{qd} = 1 + 2\tan f\left(1 - \sin f\right)^2 \tan^{-1}\left(\frac{D_f}{B}\right) \qquad (3.90)$$

$$F_{gd} = 1 \qquad (3.91)$$

Derinlik faktörleri için Meyerhof'un önerileri aşağıda verilmiştir

$$F_{cd} = 1 + 0{,}2\frac{D_f}{B} \qquad F_{gd} = F_{qd} = 1 \qquad (3.92)$$

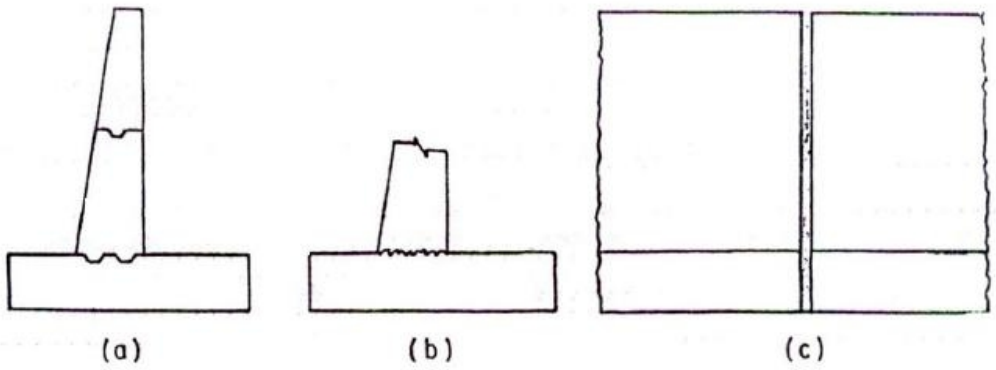
$$F_{cd} = 1 + 0{,}2\frac{D_f}{B}\tan\left(45 + f\right) \quad F_{gd} = F_{qd} = 1 + 0{,}1\frac{D_f}{B}\tan\left(45 + \frac{f}{2}\right) \phi > 10 \qquad (3.93)$$

Derinlik faktörlerinde eksantrik yük etkimesi durumunda gerçek temel genişliği B ve gerçek temel uzunluğu L kullanılacaktır.
Eğiliklik faktörleri için aşağıdaki eşitlikleri önermişlerdir.
($\phi > 0$) Hanna ve Meyerhof (1981)

$$F_{ci} = F_{qi} = \left(1 - \frac{b}{90}\right)^2 \qquad F_{gi} = \left(1 - \frac{B}{f}\right)^2 \qquad (3.94)$$

3.14. Birleşimler

İstinat duvarları inşa edilirken kalıp ve aşırı deformasyonlardan dolayı beton dökümü tek seferde yapılmaz. Bundan dolayı soğuk derz denilen birleşim yerleri oluşturulur. Bu birleşim yerlerinde kesme kuvvetinin karşılanması ve farklı zamanda dökülen betonun birbiriyle kenetlenmesi için dişler oluşturulur (Şekil 3.41a). Bunun dışında yeni betonun geleceği bölge temizlendikten sonra pürüzlendirilebilir (Şekil 3.41b).



Şekil 3.41 İstinat duvarlarında çeşitli birleşimler

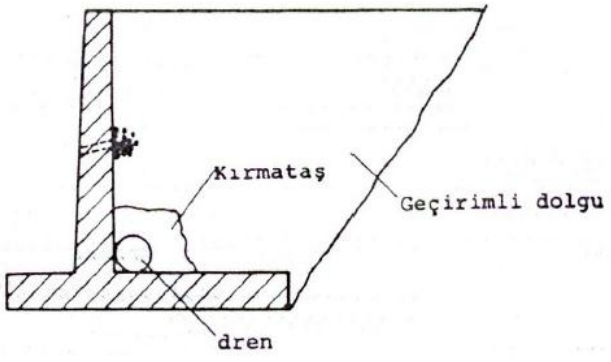
İkinci tip derzler ise ısı değişiminden ve oluşabilecek farklı oturmalardan dolayı duvar sürekliliğini bölerek oluşturulan derzlerdir (Şekil3.41c). Bu bölgelerde donatı kullanılmaz ve bu boşluklar strapor veya bitümlü sünger ile doludur (Bowles, 1974).

3.15. Drenaj Önlemleri

İstinat duvarlarında ortaya çıkan en önemli problemlerden birisi de drenajın sağlanmasıdır. Duvarın arkasında yer alan dolguya sızan yağmur suları bu bölgeden uzaklaştırılmadığında bu bölgede biriken sulardan dolayı duvarın üzerine önemli miktarda bir hidrostatik basınç etkiyebilir. Daha öncede bahsedilmiş limit durumlar için emniyetli durumdan uzaklaşılmış olunabilir. Yeraltı su seviyesinin duvarın taban seviyesinin üzerinde yer alması durumunda ise başka bir tehlike daha ortaya çıkmakta ve kapilaritenin etkisiyle taban seviyesinden daha yüksek seviyelere çıkan bosluk suyunun donması sonucu hacimde bir genişleme meydana gelmekte ve duvarın üzerine etkiyen itkide bir artış oluşturmaktadır.

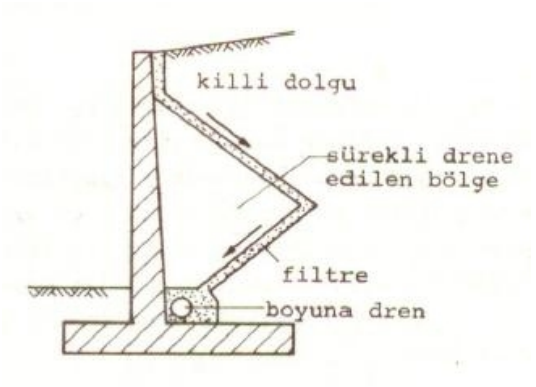
Duvarın güvenliği için uygulanacak drenaj sistemi alınacak suyun miktarına, duvar arkasında yer alan dolgu malzemesinin cinsine ve yeraltı su seviyesinin konumuna bağlıdır.

İstinat duvarları tasarlanırken yeraltı su seviyesinin duvarın taban seviyesinin altında olduğu düşünülerek tasarlanmakta, yeraltı su seviyesinin konumunun bu şekilde olmasıyla duvarın güvenliğinde yaratabileceği problemler önlenmeye çalışılmaktadır. Su perde ile arka ampatmanın birleşim yerinde duruma göre 30~40cm çapında, istinat duvarı boyunca giden gerekli eğimi sağlanmış drenaj boruları ile uzaklaştırılabilir. Ayrıca dren borusunun üstü de en az 30 cm çakıl veya kırma tas tabakasıyla kapatılmalıdır(Sekil 3.42). Nervürlü istinat duvarlarında, nervürlerde beton dökümü sırasında dren boruları kalıba konularak geçiş sağlanmalıdır.



Şekil 3.42 Su seviyesinin temel altında olması durumunda uygulanabilecek drenaj sistemi

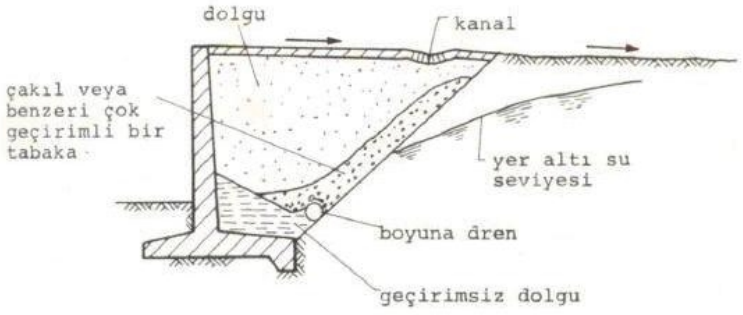
Duvar yüksekliği büyük olan duvarlarda drene edilecek suların çok olması halinde duvarda barbakan denen su sızdırma delikleri de ayrıca konulabilmektedir. Barbakanların çapı 15 cm civarındadır. Yatayda barbakanların aralıkları 3-5 m arasındadır. Bu deliklerin arkasında da 0.50 m3 kadar bir hacimde kırma tas veya çakıl bölge teşkil edilmelidir. Killi dolgularda yalnız boyuna dren kullanılır. Burada suyu duvarın üzerinden alıp duvar arkasından uzaklaştırarak aşağı indiren ve sonra boyuna drene getiren dirsek seklinde bir filtre tabakası gereklidir. Bu durum şekil 3.43'te gösterilmiştir.



Şekil 3.43 Yer altı suyunun temel üstünde olması durumunda uygulanabilecek drenaj sistemi

Mümkün olan yerlerde duvarın arkasında yer alan zemini geçirimsiz ve duvarın arkasına doğru eğimli bir tabaka ile kaplayarak yağmur sularını duvardan uzaklaştırma ve bir kanalda toplayarak uzaklara atılmasına gayret edilmelidir.

Yeraltı su seviyesinin temel seviyesi üstünde olması durumunda uygulaması başarılı sonuç vermiş bir drenaj tipi Şekil 3.45'de gösterilmiştir.



Şekil 3.44 Yer altı suyunun temel üstünde olması durumunda uygulanabilecek drenaj sistemi

3.16. Dolgu Malzemesi

İstinat duvarının arkasında yer alacak dolgu malzemesi çok mecbur kalınmadıkça iri daneli kohezyonsuz malzemelerden seçilmelidir. Bu şekilde kohezyonun belirsizliğinden kurtulunmuş ve iyi bir drenaj sağlanması olanağı temin edilmiş olunur. Dolgu aşırı derecede sıkıştırılmamalıdır. Duvar arkasındaki itki duvar boyunca üniform kalmalı ve duvarın çok ufak bir hareketiyle aktif bir etki meydana gelebilmelidir.

3.17. Taguchi Yöntemi

Bu çalışmada konsol dayanma duvarlarının tasarımını etkileyen faktörler Taguchi yöntemi ile araştırıldığından, bu yöntemin genel ilkeleri ve uygulanması aşağıda açıklanmıştır.

Bir deney tasarımı ve parametreik çalışma için çeşitli metotlar geliştirilmiştir.

Bunlar;

- Klasik istatistiksel deney tasarımı
  a. Tam faktöriyel deney tasarımı
  b. Kesirli faktöriyel deney tasarımı
- Taguchi deney tasarımı
- Her defasında bir faktörü değiştirerek deney yapma

Tam faktöriyel tasarımı özellikle parametre ve seviye sayısını fazla olduğu durumlarda uygulamak maliyet ve zaman açısından imkansız duruma gelebilir. Bu gibi durumlarda Her defasında bir faktörü değiştirerek veya kesirli deney tasarımı yapmak seçenek olabilir. Ancak bu tür tasarımlarda hangi parametre ve seviyelerin seçileceği, sonuçların güvenilirliği konusunda problemler oluşmaktadır.

Taguchi yöntemi az sayıda deney veya çalışma yaparak tam faktöriyel çalışma sonuçlarını vermeyi hedefleyen bir tekniktir. Bu teknik, optimizasyon ve parametrik analiz çalışmalarında maliyeti düşürmek, sonuçlara daha kısa sürede ulaşmak ve parametrelerin sonuç üzerindeki etkilerini belirlemek için geliştirilmiş olan güçlü bir alternatif yöntemdir.

Taguchi yöntemine göre ürün veya süreci etkileyen faktörler, kontrol edilebilen ve kontrol edilemeyen olmak üzere iki grupta toplanabilir. Kontrol edilebilen faktörlerin optimum değerlerini belirleyebilmek için ortogonal dizileri içeren yüksek kesirli deneyler kullanılır. Bunların sonunda verilerin analiziyle belirlenen optimum şartlarda doğrulama deneyleri yapılarak, beklenen sonucun elde edilip edilemeyeceği kontrol edilir. Ayrıca bu yöntem ile yapılmamış deneyler için tahminlerde de bulunulabilir. Bu çalışmada 5 parametreli ve 4 seviyeli ortogonal dizin kullanılmıştır. L_{16} ortogonal dizinin kullanılarak, 1024 analiz yerine 16 analiz yapılarak sonuca ulaşmak planlanmıştır.

	F1	**F2**	**F3**	**F4**	**F5**
1	1	1	1	1	1
2	1	2	2	2	2
3	1	3	3	3	3
4	1	4	4	4	4
5	2	1	2	3	4
6	2	2	1	4	3
7	2	3	4	1	2
8	2	4	3	2	1
9	3	1	3	4	2
10	3	2	4	3	1
11	3	3	1	2	4
12	3	4	2	1	3
13	4	1	4	2	3
14	4	2	3	1	4
15	4	3	2	4	1
16	4	4	1	3	2

Hazırlanmış olan bu ortogonal dizin tablosu L_{16} sembolü ile gösterilmektedir. Bu tablonun 16 satırı ve maksimum 5 kolonu bulunmaktadır. Kolan sayısı parametre sayısına göre değişebilmektedir. Her satır o satırdaki faktör seviyeleriyle yapılacak olan çalışma numarasını göstermektedir. Her kolonda 4 adet 1, 4 adet 2, 4 adet3 ve 4 adet 4 no'lu seviyeler bulunmaktadır. Bu kombinasyonlarda; (1,1), (1,2), (1,3),(1,4), (2,1), (2,2), (2,3), (2,4), (3,1), (3,2), (3,3), (3,4), (4,1), (4,2), (4,3), (4,4) olmak üzere 16 adet olduğundan L_{16} deney tasarımı tablosu olarak tanımlanmaktadır.

Bu yöntemin analiz çalışması ise; standart analizle S/N (signal to noise) olmak üzere iki şekilde yapılmaktadır.

S/N analizinde; değişim indexi olarak adlandırılan S/N oranı ne kadar büyükse hedef değer etrafındaki ürün değişimi o kadar küçülür. S/N oranı ise aşağıdaki bağıntı ile bulunabilir.

$$S/N = -10\log_{10}(MSD) \tag{3.95}$$

$$MSD = \left(\frac{1}{y_1^2} + \frac{1}{y_2^2} + ... + \frac{1}{y_n^2} \right) \tag{3.96}$$

Buradaki Y_1 …. Y_n değerleri deney sonuçlarıdır. n ise bir deneydeki tekrar sayısı, Y_0 değeri de bilinen belirli hedef değeridir. MSD değeri hedef değerin en büyük olması için (3,78), minimum olması için (3,79), bilinen belirli bir değeri olması için (3,80), beklenen değerin tahmini için de (3,81) kullanılmalıdır.

$$MSD = \left(\frac{Y_1^2 + Y_2^2 + ...Y_n^2}{n} \right) \tag{3.97}$$

$$MSD = \left(\frac{(Y_1 - Y_0)^2 + (Y_2 - Y_0)^2 + ... + (Y_n - Y_0)^2}{n} \right) \tag{3.98}$$

$$Y_{beklenen} = \sqrt{\frac{1}{MSD_{ort}}} \tag{3.99}$$

Sonuçta bulunan deney veya çalışma sonuçlarının güvenilirliğinin analizi yapılmalıdır. Bunun için geliştirilmiş olan (ANOVA) adlı çok değişkenli varyans analizi kullanılabilir. Bu teknikle verilerin serbestlik dereceleri, kareler toplamı varyans ve değişkenliği belirlenmektedir. Yani parametrelerin sonuç üzerindeki etki yüzdeleri ve güven düzeyleri varyantsan ölçülmektedir.

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI

Konsol dayanma duvarlarında kayma ve devrilme güvenliğini etkileyen faktörlerin güvenlik sayısı üzerindeki etkilerinin araştırıldığı çalışmada 8 farklı tasarım tablosu uygulanmıştır. Seçilen parametreler ve parametre seviyeleri Tablo 4.1'de toplu olarak gösterilmiştir.

Yapılan parametrik çalışmada, konsol istinat duvarının devrilme ve kayma güvenliğine karşı güvenlik sayıları, TS 7994'e belirtilen hesap adımlarına göre (klasik yöntem) yapılmıştır. Analizlerde yanal zemin basınçları Rankine Teorisine göre hesaplanmıştır. 1. ve 2. Tasarımlarda **"b"** (duvar üst genişliği) sabit ve b= 30 cm olarak alınarak temel derinliği (D_f), duvar yüksekliği (H), temel genişliği (B), içsel sürtünme açısı (ϕ) ve birim hacim ağırlık (γ) değişken parametre olarak dikkate alınmıştır. 1 Nolu tasarımda temel genişliği seviyeleri duvar yüksekliğinin fonksiyonu olarak 0.30H, 0.45H, 0.60H ve 0.75H olarak seçilmiştir. 3- 8. tasarımlarda ise H duvar yüksekliği sabit tutularak (3-8cm) diğer 5 parametre değişken olarak seçilmiş, bu şekilde değişik duvar yükseklikleri için parametre seviyelerindeki değişimlerin belirlenmesi hedeflenmiştir.

Klasik yöntemle kayma ve devrilme güvenliği analizlerinde duvar tasarımını etkileyen diğer parametreler, uygulamada yaygın olarak kullanılan değerleri seçilerek, sabit olarak alınmıştır. Bu parametreler;

Betonun birim hacim ağırlığı, $\gamma_{beton}=25kN/m^3$

Konsol duvar üst genişliği, b=0.30m

Duvar ön yüz eğimi, e=2/100

Konsol duvar ön genişliği B1=(1/3)H

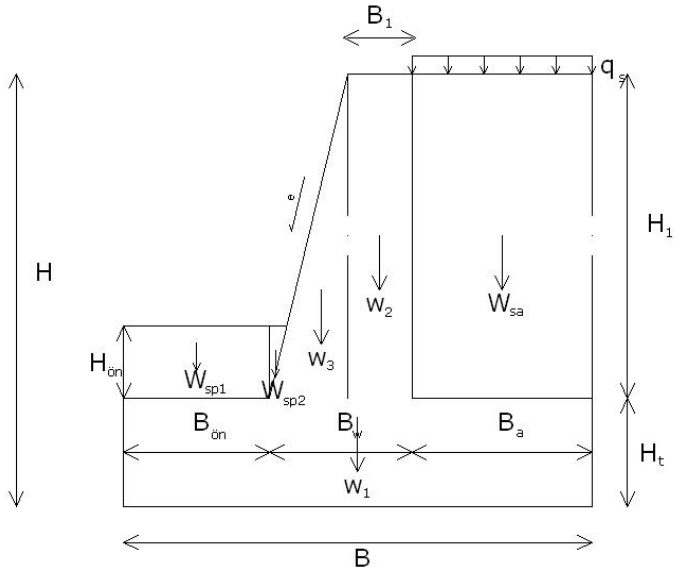
Sürşarj yükü $q_s=0$

Şevin üst eğim açısı $\alpha=0$

Temel kalınlığı d= 0.10H

Temel tabanı ile zemin arasındaki sürtünme katsayısı $\mu=0.55$

Zeminin kohezyonu c=0



Şekil 3.45 Konsol İstinat Duvarı Tip Enkesiti

Tablo 3.2 Hesap Verileri ve Yüklerin Hesabında Kullanılan Semboller

L_h	=	Hesap Genişliği
H_1	=	Duvar Yüksekliği
Df	=	Temel Derinliği
H_t	=	Temel kalınlığı
H	=	Temel altından itibaren toplam yükseklik
$H_{ön}$	=	Ön Dolgu Yüksekliği
B_1	=	Duvar üstü Genişliği
e	=	Duvar ön yüz eğimi
B_w	=	Duvar altı Genişliği
B	=	Temel Genişliği
$B_{ön}$	=	Ön Temel Genişliği
B_a	=	Arka Temel Genişliği
ϕ	=	Zemin içsel sürtünme açısı
σ_{ze}	=	Zemin emniyet gerilmesi
γ_d	=	Zemin birim hacim ağırlığı
γ_b	=	Beton birim hacim ağırlığı
q_s	=	Sürşarj yükü (yapı üzerinde yayılı)
α	=	Şev açısı
μ	=	Taban ile zemin arası sürtünme kats.(0,55)
δ	=	i = 0°
K_a	=	Aktif Toprak Basınç Katsayısı
K_p	=	Pasif Toprak Basınç Katsayısı

Tablo 4.1 Konsol istinat duvarı için seçilen parametreler

1. TASARIM (b=30cm)						2. TASARIM (b=30 cm)					
	D_f (m)	H (m)	B (m)	ϕ (°)	γ (kN/m^3)		D_f (m)	H (m)	B (m)	ϕ (°)	γ (kKN/m^3)
1	0.00	3.00	0,30H	15	16.00	1	0.00	3.00	1.20	15	16.00
2	0.50	5.00	0,45H	25	18.00	2	0.50	5.00	3.00	25	18.00
3	1.00	7.00	0,60H	35	20.00	3	1.00	7.00	4.80	35	20.00
4	1.50	9.00	0,75H	45	22.00	4	1.50	9.00	6.60	45	22.00
3. TASARIM (H = 3 m)						4. TASARIM (H = 4 m)					
	D_f (m)	B (m)	ϕ (°)	γ (kN/m^3)	b (m)		D_f (m)	B (m)	ϕ (°)	γ (kN/m^3)	b (m)
1	0	1	15	16	15	1	0.00	1.50	15.00	16	0.15
2	0.5	1.5	25	18	20	2	0.50	2.00	25.00	18	0.20
3	1	2	35	20	25	3	1.00	2.50	35.00	20	0.25
4	1.5	2.5	45	22	30	4	1.50	3.00	45.00	22	0.30
5. TASARIM (H = 5 m)						6. TASARIM (H = 6 m)					
	D_f (m)	B (m)	ϕ (°)	γ (kN/m^3)	b (m)		D_f (m)	B (m)	ϕ (°)	γ (kN/m^3)	b (m)
1	0.00	1.50	15.00	16	0.15	1	0.00	2.00	15.00	16	0.15
2	0.50	2.35	25.00	18	0.20	2	0.50	2.80	25.00	18	0.20
3	1.00	3.20	35.00	20	0.25	3	1.00	3.60	35.00	20	0.25
4	1.50	4.00	45.00	22	0.30	4	1.50	4.50	45.00	22	0.30
7. TASARIM (H = 7 m)						8. TASARIM (H = 8 m)					
	D_f (m)	B (m)	ϕ (°)	γ (kN/m^3)	b (m)		D_f (m)	B (m)	ϕ (°)	γ (kN/m^3)	b (m)
1	0.00	2.50	15.00	16	0.15	1	0.00	3.00	15.00	16	0.15
2	0.50	3.50	25.00	18	0.20	2	0.50	4.00	25.00	18	0.20
3	1.00	4.50	35.00	20	0.25	3	1.00	5.00	35.00	20	0.25
4	1.50	5.50	45.00	22	0.30	4	1.50	6.00	45.00	22	0.30

Her tasarım için belirlenen kombinasyon değerleri (parametre seviyeleri) kullanılarak hesaplanan kaymaya karşı güvenlik sayıları Tablo 4.2 de, devrilmeye karşı güvenlik sayıları ise Tablo 4.3 de verilmiştir.

Tablo 4.2 Kaymaya karşı güvenlik sayıları

No	Kaymaya Karşı Güvenlik Sayıları (Fs)							
	1. Tasarım	2. Tasarım	3. Tasarım	4. Tasarım	5. Tasarım	6. Tasarım	7. Tasarım	8. Tasarım
1	0.16	0.21	0.16	0.18	0.14	0.16	0.17	0.17
2	0.52	0.52	0.57	0.57	0.53	0.52	0.55	0.87
3	1.40	1.60	1.59	1.47	1.50	1.40	1.50	1.45
4	3.60	3.52	4.05	3.63	3.86	3.61	3.78	3.60
5	1.08	2.37	0.39	0.42	0.33	0.37	0.39	0.41
6	1.52	1.23	0.22	0.22	0.20	0.20	0.21	0.21
7	0.34	0.42	3.71	3.37	3.38	3.16	3.36	3.25
8	0.69	0.62	2.07	1.82	1.91	1.78	1.86	1.78
9	3.51	9.02	0.85	0.91	0.71	0.77	0.82	0.85
10	1.98	3.42	2.75	2.63	2.41	2.35	2.49	2.47
11	0.32	0.18	0.35	0.31	0.31	0.28	0.30	0.29
12	0.20	0.15	1.09	0.94	0.97	0.89	0.92	0.87
13	0.98	2.82	2.13	2.22	1.72	1.84	1.93	1.99
14	0.28	0.45	1.57	1.47	1.32	1.27	1.33	1.30
15	2.54	2.42	0.84	0.74	0.73	0.67	0.71	0.68
16	0.75	0.35	0.44	0.37	0.38	0.35	0.36	0.34

Tablo 4.3 Devrilmeye karşı güvenlik sayıları

No	Devrilmeye Karşı Güvenlik Sayıları (Fs)							
	1. Tasarım	2. Tasarım	3. Tasarım	4. Tasarım	5. Tasarım	6. Tasarım	7. Tasarım	8. Tasarım
1	0.52	0.88	0.58	0.71	0.46	0.56	0.63	0.70
2	1.46	1.46	1.80	1.78	1.56	1.54	1.76	1.75
3	3.72	4.85	4.66	4.06	4.24	3.72	4.26	4.02
4	8.98	8.59	11.20	9.04	10.26	9.01	9.87	8.99
5	2.17	10.34	0.84	1.01	0.64	0.78	0.89	0.97
6	1.54	1.01	1.20	1.18	1.03	1.02	1.16	1.16
7	2.73	4.30	7.95	6.83	7.05	6.17	7.04	6.64
8	2.60	2.06	7.45	5.96	6.72	5.89	6.46	5.88
9	7.64	45.16	1.67	1.67	1.03	1.19	1.33	1.45
10	6.32	19.09	5.47	4.68	3.91	3.72	4.17	4.12
11	0.63	0.22	2.39	2.01	2.05	1.79	2.03	1.91
12	0.97	0.53	5.47	4.27	4.73	4.12	4.48	4.06
13	4.88	35.70	6.32	4.29	2.50	2.45	2.51	2.60
14	1.80	4.49	4.73	3.63	2.89	2.66	2.91	2.84
15	3.90	3.57	3.92	3.05	2.99	2.56	2.88	2.70
16	1.03	0.26	3.83	2.91	3.18	2.76	2.99	2.70

4.1. S/N Analizleri

Kayma ve devrilme güvenliğine karşı parametrelerin etki derecelerini belirlemek için S/N analizleri yapılmıştır. Tablo 4.2 ve 4.3 de verilen güvenlik sayıları kullanılarak 3.95 nolu denklem ile hesaplanan S/N değerleri kayma için Tablo 4.4 de, devrilme için ise Tablo 4.5 de verilmiştir.

Tablo 4.4 Kayma güvenliği için S/N değerleri

No	Kayma Güvenliği İçin S/N Değerleri							
	1. Tasarım	2. Tasarım	3. Tasarım	4. Tasarım	5. Tasarım	6. Tasarım	7. Tasarım	8. Tasarım
1	24.08	26.44	24.08	25.11	22.92	24.08	24.61	24.60
2	34.32	34.32	35.12	35.12	34.49	34.32	34.81	38.80
3	42.92	44.08	44.03	43.35	43.52	42.92	43.52	43.20
4	51.13	50.93	52.15	51.20	51.73	51.15	51.57	51.10
5	40.67	47.49	31.82	32.46	30.37	31.36	31.82	32.30
6	43.64	41.80	26.85	26.84	26.02	26.02	26.44	26.40
7	30.63	32.46	51.39	50.55	50.58	49.99	50.53	50.20
8	36.78	35.85	46.32	45.20	45.62	45.01	45.39	45.00
9	50.91	59.10	38.59	39.18	37.03	37.73	38.28	38.60
10	45.93	50.68	48.79	48.40	47.64	47.42	47.92	47.90
11	30.10	25.11	30.88	29.83	29.83	28.94	29.54	29.20
12	26.02	23.52	40.75	39.46	39.74	38.99	39.28	38.80
13	39.82	49.00	46.57	46.93	44.71	45.30	45.71	46.00
14	28.94	33.06	43.92	43.35	42.41	42.08	42.48	42.30
15	48.10	47.68	38.49	37.38	37.27	36.52	37.03	36.70
16	37.50	30.88	32.87	31.36	31.60	30.88	31.13	30.60
Ortalama	**38.22**	**39.53**	**39.54**	**39.11**	**38.47**	**38.29**	**38.75**	**38.90**

Tablo 4.5 Devrilme güvenliği için S/N değerleri

No	Devrilme Güvenliği İçin S/N Değerleri							
	1. Tasarım	2. Tasarım	3. Tasarım	4. Tasarım	5. Tasarım	6. Tasarım	7. Tasarım	8. Tasarım
1	34.32	38.89	35.27	37.03	33.26	34.96	35.99	36.90
2	43.29	43.29	45.11	45.01	43.86	43.75	44.91	44.86
3	51.41	53.71	53.37	52.17	52.55	51.41	52.59	52.08
4	59.07	58.68	60.84	59.12	60.22	59.09	59.89	59.08
5	46.73	60.29	38.49	40.09	36.12	37.84	38.99	39.74
6	43.75	40.09	41.58	41.44	40.26	40.17	41.29	41.29
7	48.72	52.67	58.00	56.69	56.96	55.81	56.95	56.44
8	48.30	46.28	57.44	55.50	56.55	55.40	56.20	55.39
9	57.66	70.00	44.45	44.45	40.26	41.51	42.54	43.23
10	56.01	65.62	54.76	53.40	51.84	51.41	52.40	52.30
11	35.99	26.85	47.57	46.06	46.24	45.06	46.15	45.62
12	39.74	34.49	54.76	52.61	53.50	52.30	53.03	52.17
13	53.77	70.00	56.01	52.65	47.96	47.78	47.99	48.30
14	45.11	53.04	53.50	51.20	49.22	48.50	49.28	49.07
15	51.82	51.05	51.87	49.69	49.51	48.16	49.19	48.63
16	40.26	28.30	51.66	49.28	50.05	48.82	49.51	48.63
Ortalama	**47.25**	**49.58**	**50.30**	**49.15**	**48.02**	**47.62**	**48.56**	**48.36**

Kayma güvenliği için parametrelerin etki derecelerini ve parametre seviyesi ile güvenlik sayısı arasındaki değişimi belirlemek amacı ile her tasarım için belirlenen S/N oranları kullanılarak parametre seviyelerinin ortalama S/N değerleri belirlenmiş, sonuçlar Tablo 4.6 da verilmiştir.

Tablo 4.6 Parametre seviyelerinin ortalama S/N oranları (Kayma)

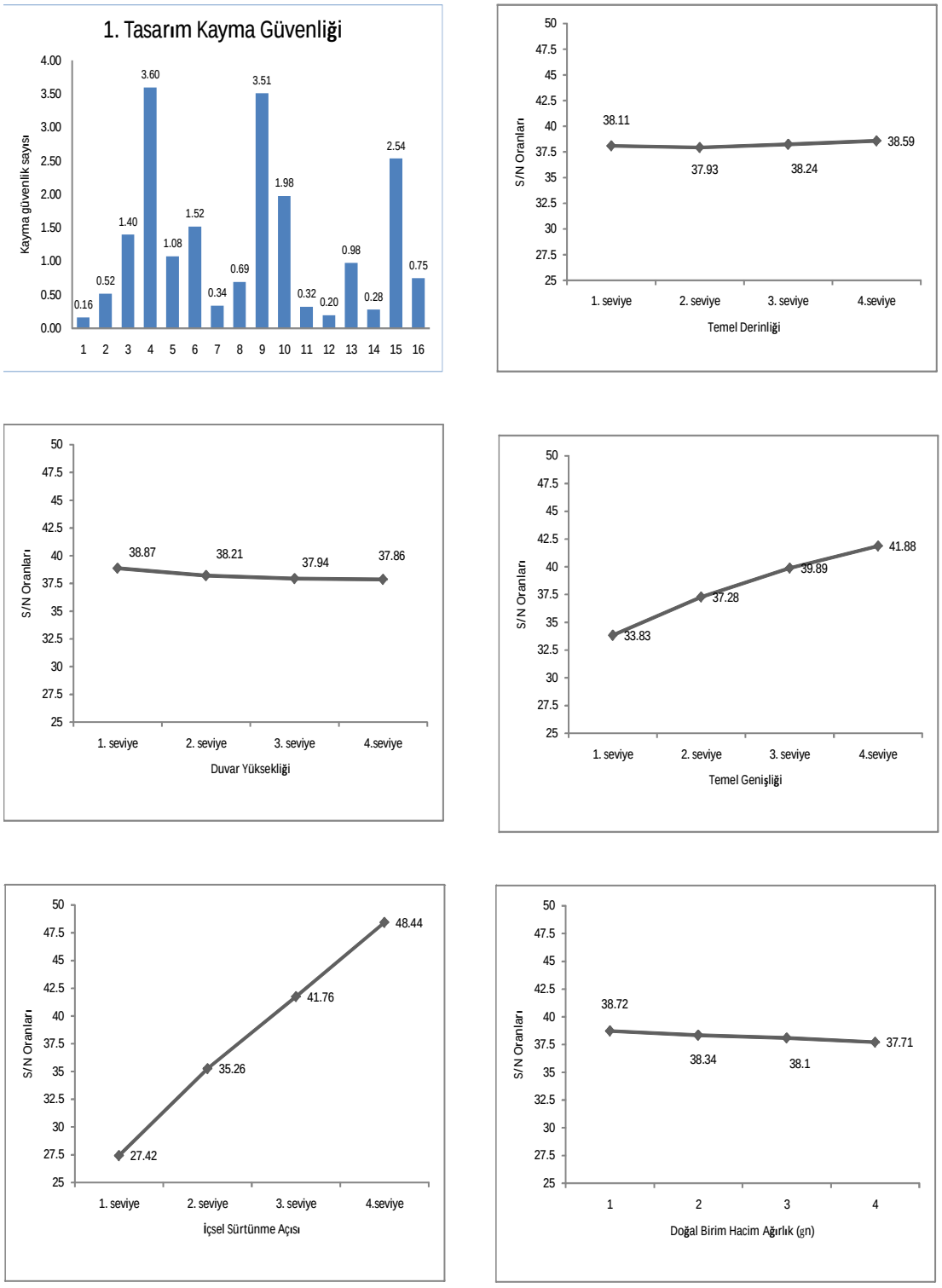
	Parametre Seviyelerinin Ortalama S/N Değerleri										
	Parametre	1. seviye	2. seviye	3. seviye	4. seviye		Parametre	1. seviye	2. seviye	3. seviye	4. seviye
1. Tasarım	D_f(m)	38.11	37.93	38.24	38.59	5. Tasarım	D_f(m)	38.17	38.15	38.56	39
	H (m)	38.87	38.21	37.94	37.86		B (m)	33.76	37.64	40.3	42.17
	B (m)	33.83	37.28	39.89	41.88		ϕ (°)	27.59	35.46	42.14	48.67
	ϕ (°)	27.42	35.26	41.76	48.44		γ (kN/m^3)	38.91	38.66	38.28	38.01
	γ (kN/m^3)	38.72	38.34	38.1	37.71		b (m)	38.36	38.42	38.5	38.59
2. Tasarım	D_f(m)	38.94	39.4	39.6	40.16	6. Tasarım	D_f(m)	38.12	38.1	38.27	38.69
	H (m)	45.51	39.97	37.33	35.3		B (m)	34.62	37.46	39.6	41.51
	B (m)	31.06	38.25	43.02	45.77		ϕ (°)	27.48	35.3	41.93	48.47
	ϕ (°)	28.87	36.07	43.28	49.88		γ (kN/m^3)	38.79	38.39	38.15	37.86
	γ (kN/m^3)	40.16	39.19	39.6	39.15		b (m)	38.26	38.23	38.31	38.38
3. Tasarım	D_f(m)	38.84	39.09	39.75	40.46	7. Tasarım	D_f(m)	38.63	38.55	38.75	39.08
	B (m)	35.26	38.67	41.2	43.02		B (m)	35.1	37.91	40.15	41.84
	ϕ (^{o})	28.67	36.54	43.21	49.72		ϕ (°)	27.93	35.73	42.42	48.93
	γ (kN/m^3)	40.03	39.72	39.38	39.02		γ (kN/m^3)	39.22	38.86	38.6	38.33
	b (m)	39.42	39.49	39.55	39.69		b (m)	38.74	38.68	38.74	38.85
4. Tasarım	D_f(m)	38.69	38.77	39.22	39.76	8. Tasarım	D_f(m)	39.44	38.49	38.62	38.83
	B (m)	35.92	38.43	40.28	41.81		B (m)	35.36	38.84	39.84	41.39
	ϕ (°)	28.29	36.11	42.77	49.27		ϕ (°)	27.73	36.62	42.78	48.8
	γ (kN/m^3)	39.62	39.27	38.89	38.65		γ (kN/m^3)	38.98	39.76	38.49	38.2
	b (m)	39.02	39.05	39.15	39.21		b (m)	38.53	39.56	38.61	38.73

Devrilme güvenliğini etkileyen parametrelerin etki derecelerini ve parametre seviyesi ile güvenlik sayısı arasındaki değişimi belirlemek amacı ile her tasarım için belirlenen S/N oranları kullanılarak parametre seviyelerinin ortalama S/N değerleri belirlenmiş, sonuçlar Tablo 4.7 de verilmiştir.

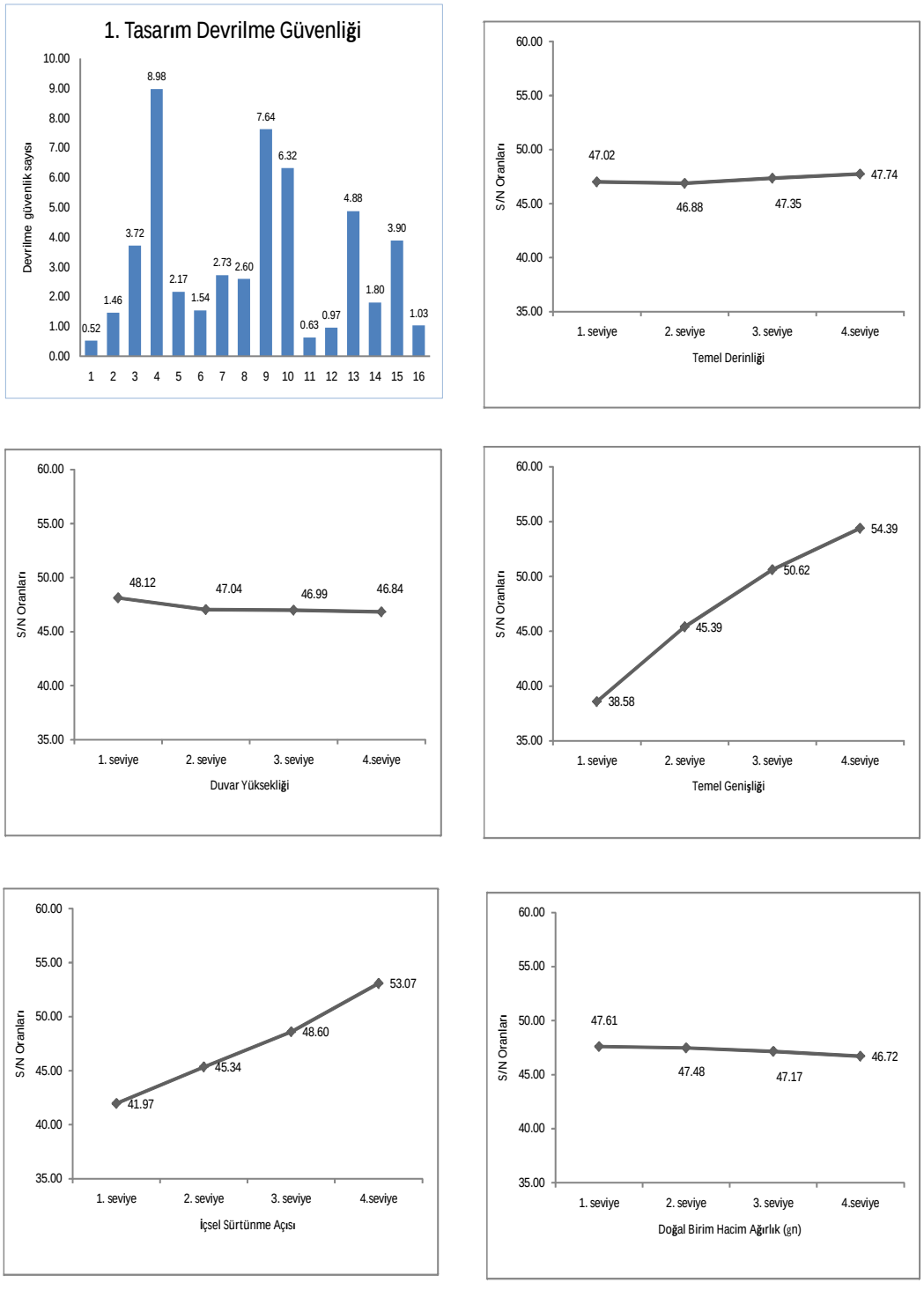
Tablo 4.7 Parametre seviyelerinin ortalama S/N oranları (Devrilme)

	Paraetre Seviyelerinin Ortalama S/N Değerleri (Devrilme)										
	Parametre	1. seviye	2. seviye	3. seviye	4. seviye		Parametre	1. seviye	2. seviye	3. seviye	4. seviye
1. Tasarım	D_f(m)	47.02	46.88	47.35	47.74	5. Tasarım	D_f(m)	47.47	47.47	47.96	49.18
	H (m)	48.12	47.04	46.99	46.84		B (m)	39.4	46.3	51.31	55.08
	B (m)	38.58	45.39	50.62	54.39		ϕ (°)	42.45	45.75	49.64	54.25
	ϕ (°)	41.97	45.34	48.60	53.07		γ (kN/m^3)	48.23	48.65	47.64	47.56
	γ (kN/m^3)	47.61	47.48	47.17	46.72		b (m)	47.79	47.78	48.57	47.95
2. Tasarım	D_f(m)	48.64	49.83	49.24	50.60	6. Tasarım	D_f(m)	47.3	47.31	47.57	48.32
	H (m)	59.80	50.51	46.07	41.94		B (m)	40.52	45.96	50.11	53.9
	B (m)	33.53	47.28	55.76	61.74		ϕ (°)	42.25	45.51	49.21	53.52
	ϕ (°)	44.77	46.60	51.98	54.95		γ (kN/m^3)	47.89	48	47.37	47.24
	γ (kN/m^3)	50.46	48.56	49.57	49.72		b (m)	47.49	47.47	47.92	47.62
3. Tasarım	D_f(m)	48.68	48.88	50.39	53.26	7. Tasarım	D_f(m)	48.34	48.36	48.53	48.99
	B (m)	43.56	48.74	52.7	56.21		B (m)	41.38	46.97	51.22	54.66
	ϕ (^{o})	44.02	47.55	52.19	57.44		ϕ (°)	43.23	46.53	50.15	54.31
	γ (kN/m^3)	50.38	51.53	49.57	49.72		γ (kN/m^3)	48.81	48.81	48.37	48.23
	b (m)	49.83	49.81	51.43	50.13		b (m)	48.45	48.48	48.72	48.58
4. Tasarım	D_f(m)	48.33	48.43	49.13	50.7	8. Tasarım	D_f(m)	48.23	48.21	48.33	48.66
	B (m)	43.55	47.76	51.15	54.13		B (m)	42.04	46.88	50.69	53.82
	ϕ (°)	43.45	46.85	50.83	55.47		ϕ (°)	43.11	46.35	49.94	54.03
	γ (kN/m^3)	49.38	49.81	48.73	48.68		γ (kN/m^3)	48.65	48.54	48.19	48.05
	b (m)	48.91	48.86	49.72	49.12		b (m)	48.3	48.29	48.46	48.37

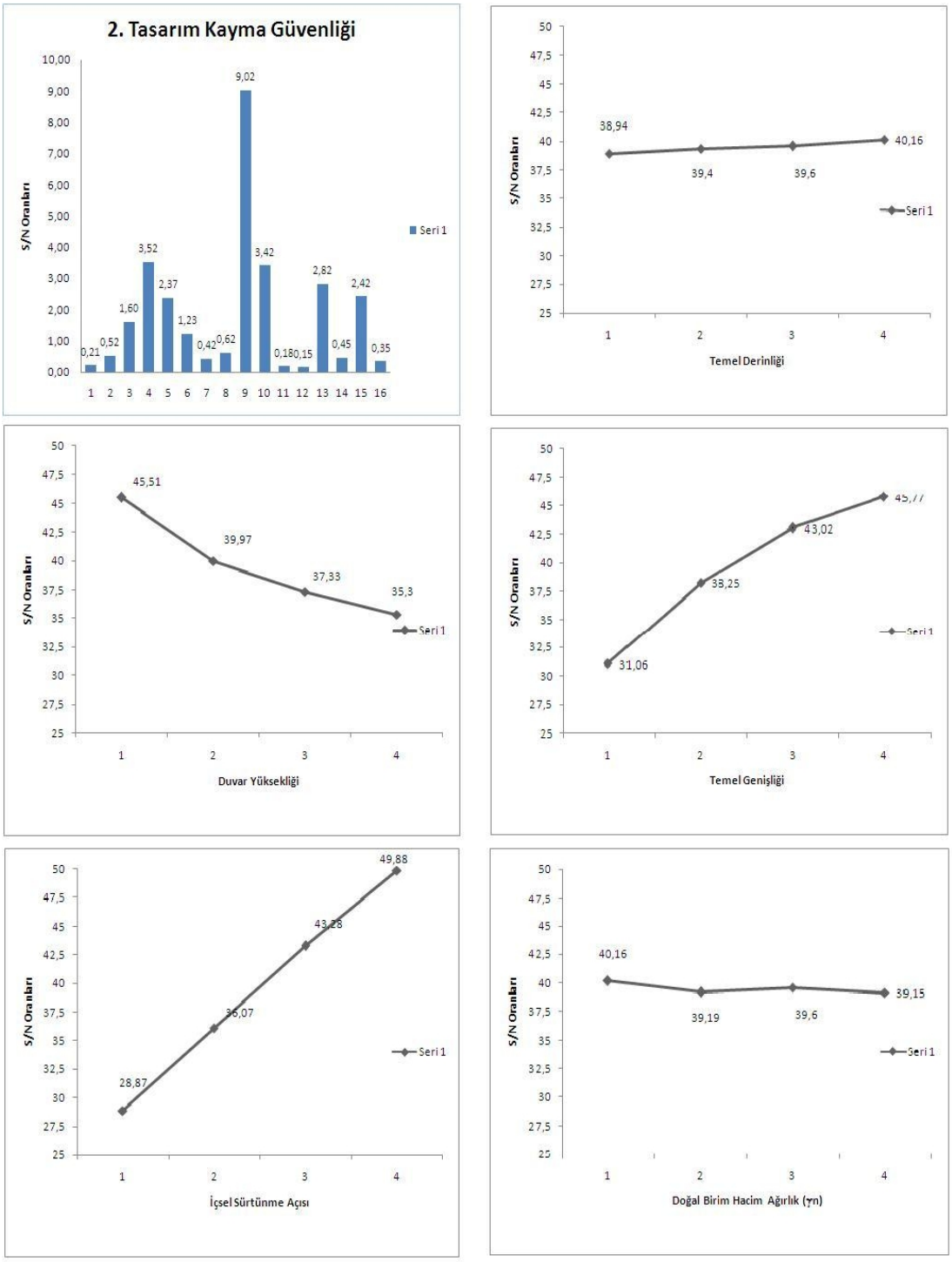
Tablo 4.6 ve Tablo 4.7 de verilen ortalama S/N oranları kullanılarak her tasarımda parametre seviyelerinin ortalama S/N oranları ile değişim grafikleri çizilerek Şekil 4.1-4.16 da verilmiştir. Bu grafikler aynı zamanda güvenlik sayısı ile parametre değeri ilişkisinin açıklanması açısından oldukça önemlidir.



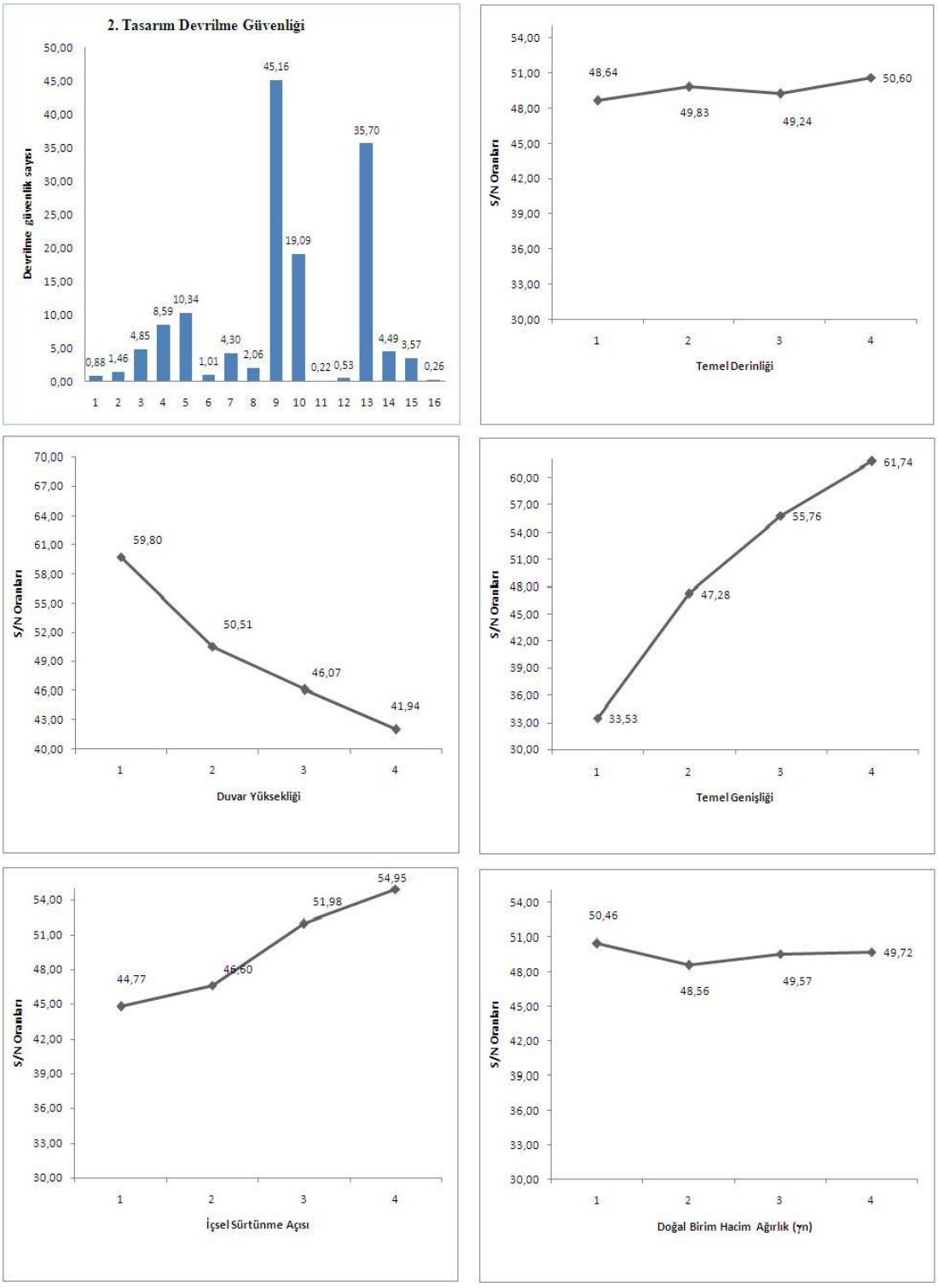
Şekil 4.1 Kayma güvenliği için parametre etki grafikleri (1. Tasarım)



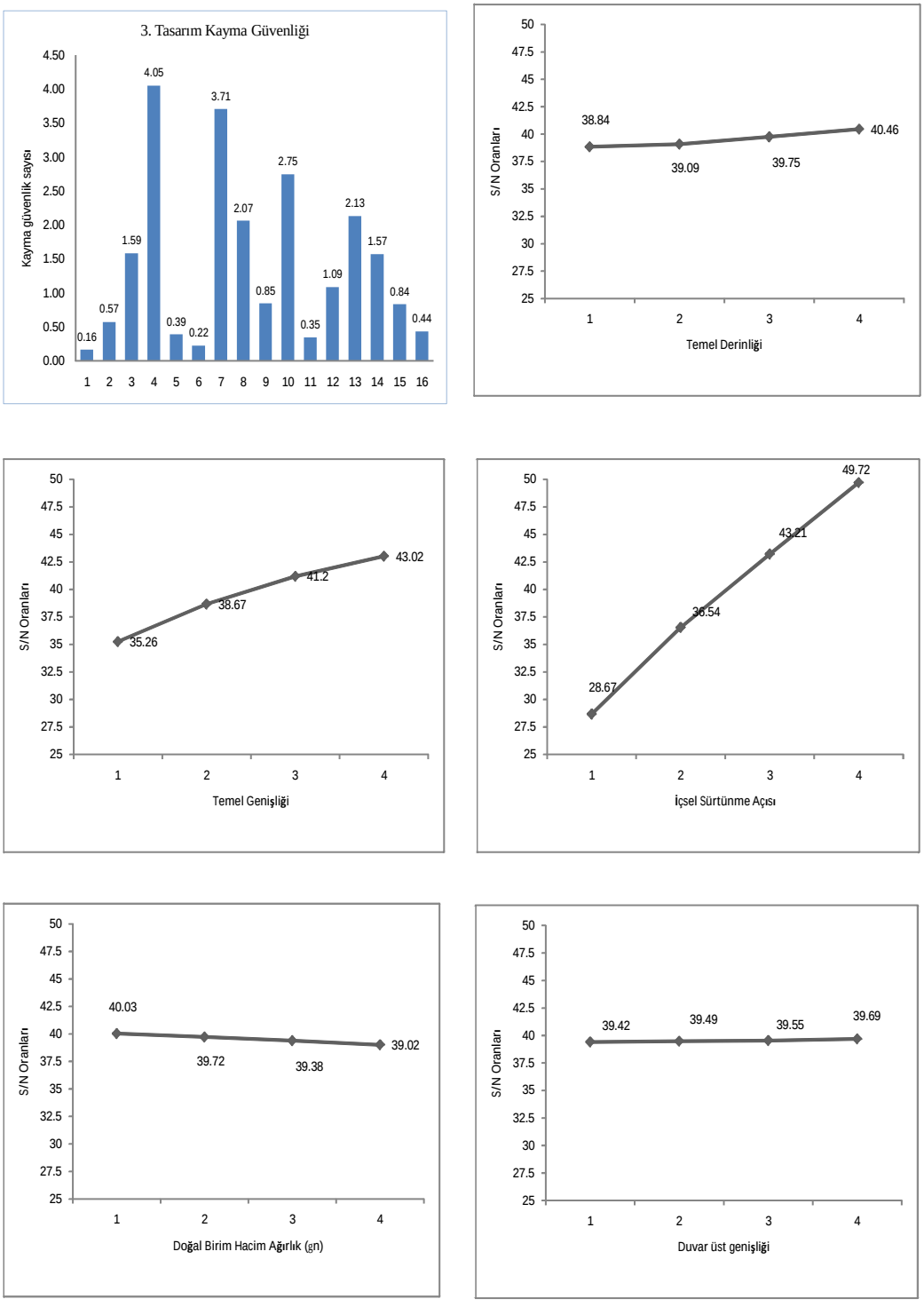
Şekil 4.2 Devrilme güvenliği için parametre etki grafikleri (1. Tasarım)



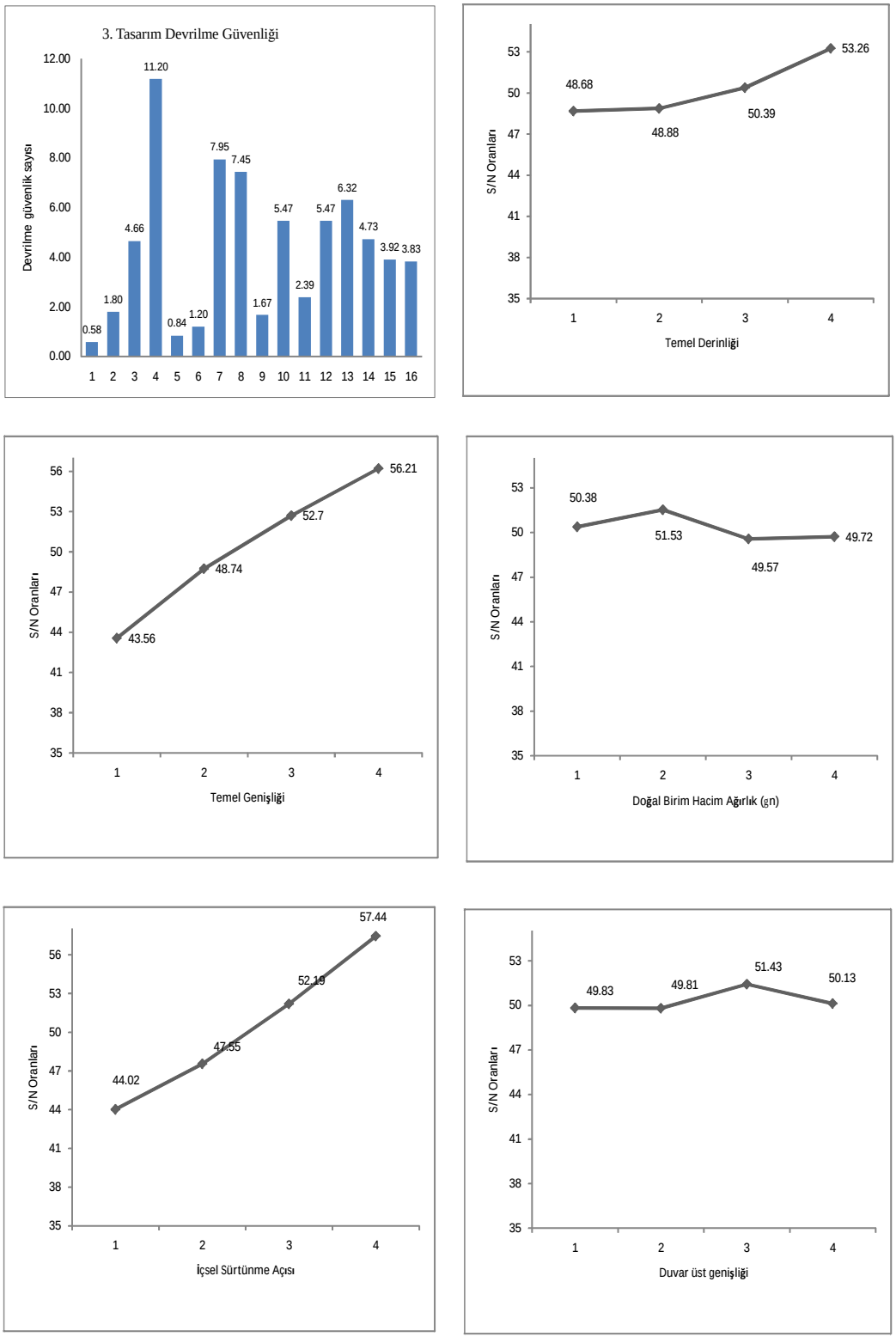
Şekil 4.3 Kayma güvenliği için parametre etki grafikleri (2. Tasarım)



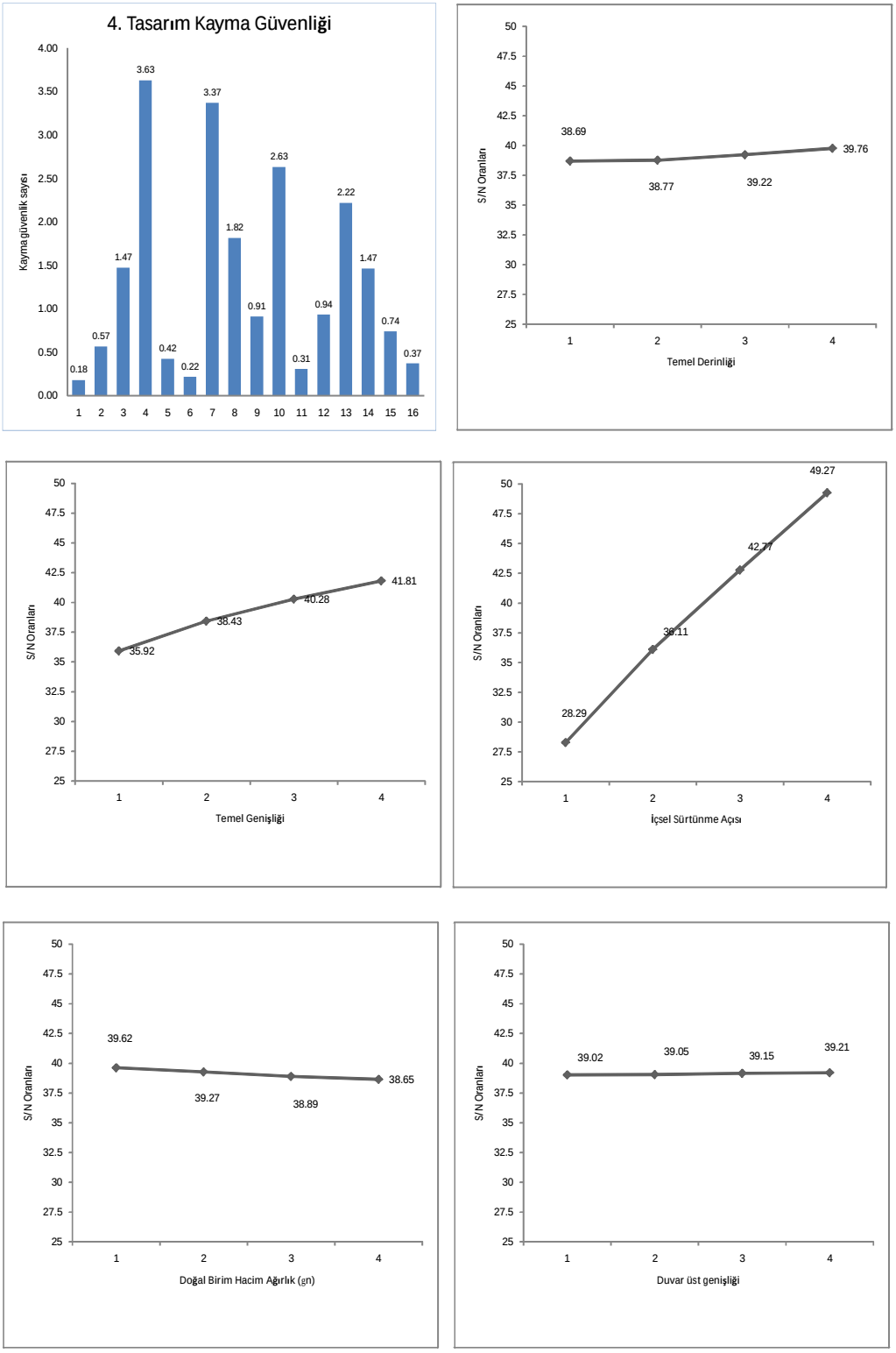
Şekil 4.4 Devrilme güvenliği için parametre etki grafikleri (2. Tasarım)



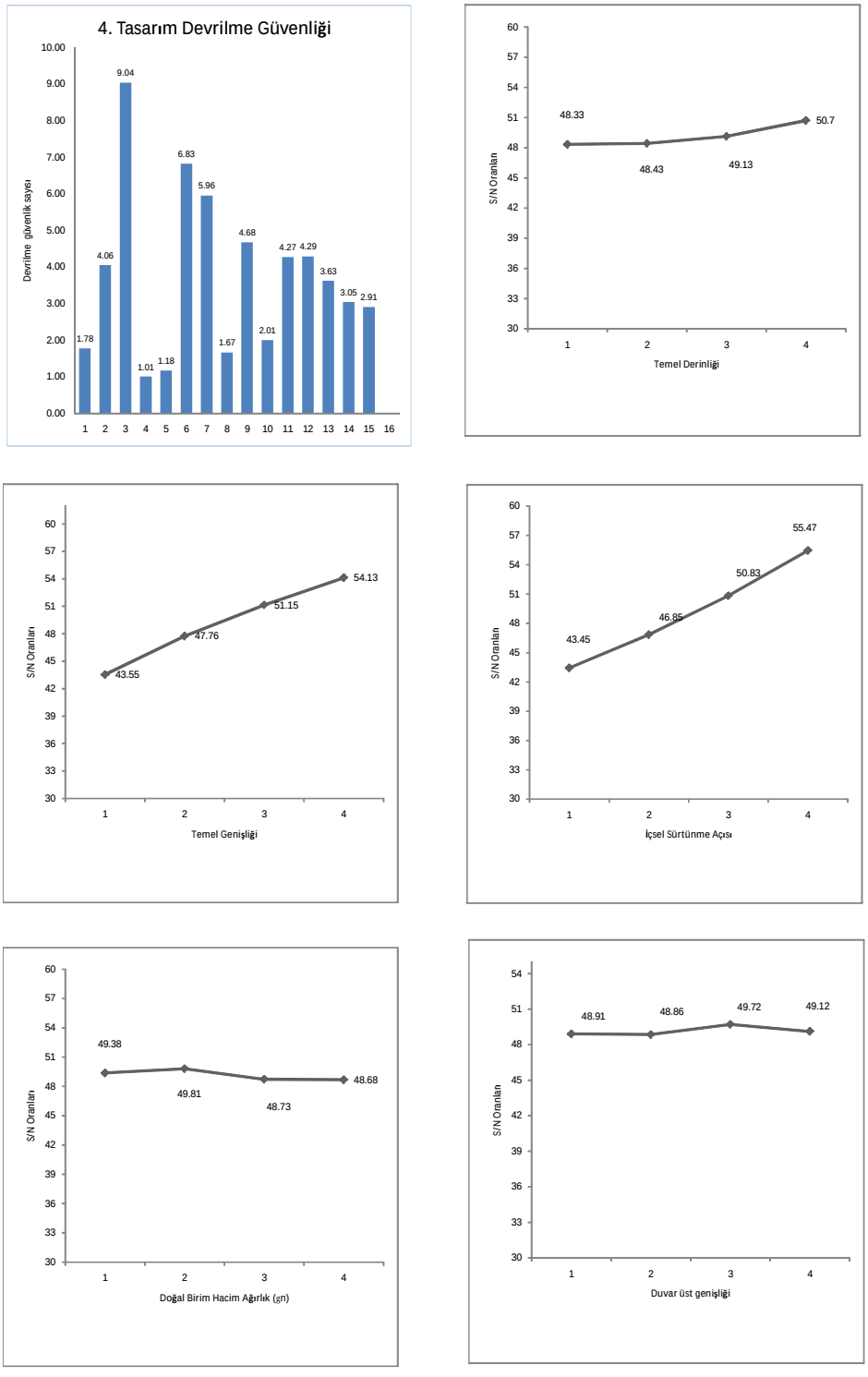
Şekil 4.5 Kayma güvenliği için parametre etki grafikleri (3. Tasarım)



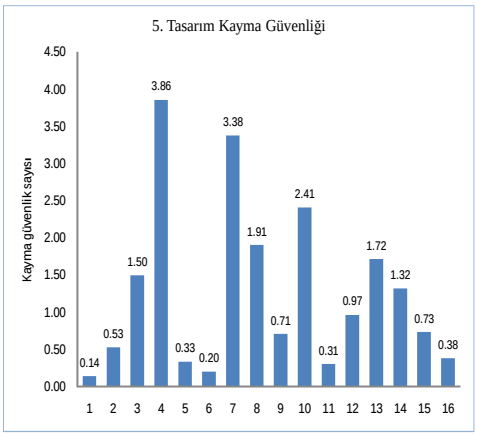
Şekil 4.6 Devrilme güvenliği için parametre etki grafikleri (3. Tasarım)

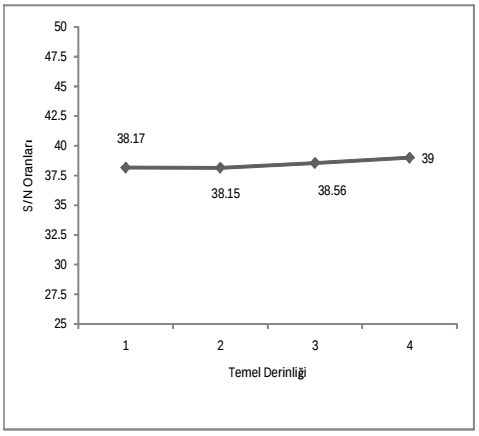


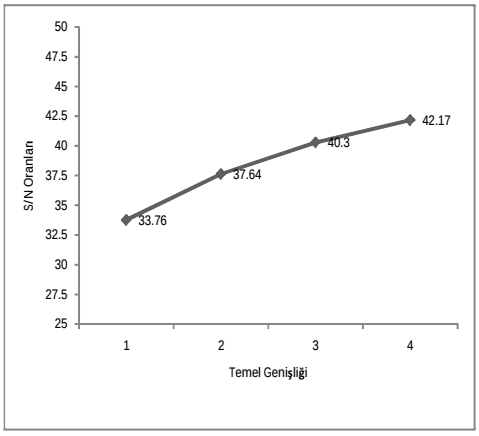
Şekil 4.7 Kayma güvenliği için parametre etki grafikleri (4. Tasarım)

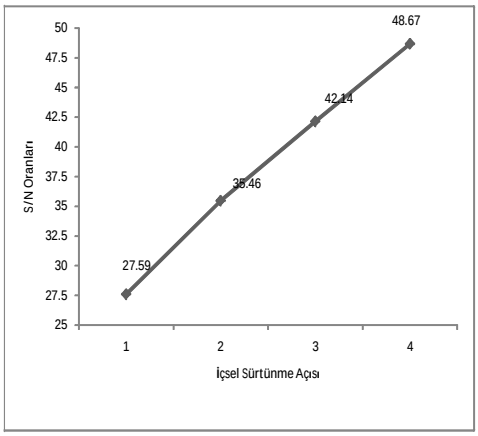


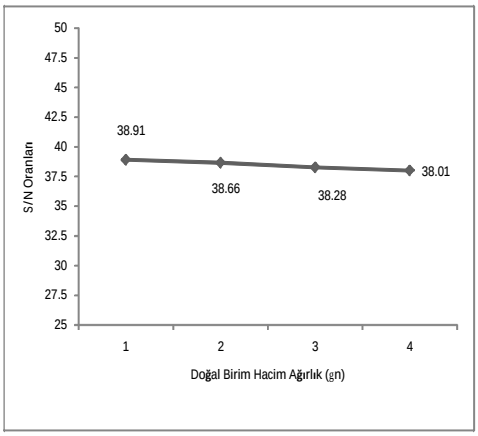
Şekil 4.8 Devrilme güvenliği için parametre etki grafikleri (4. Tasarım)

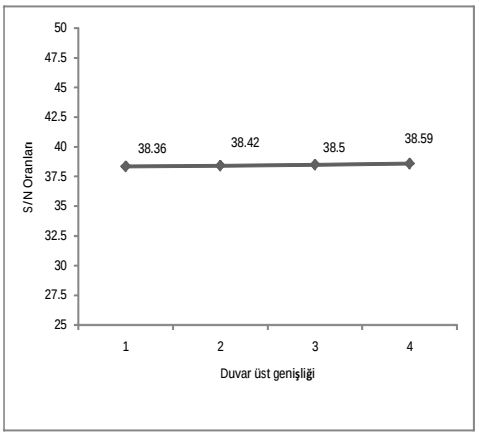




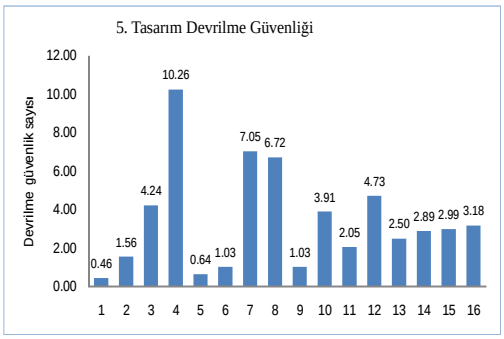


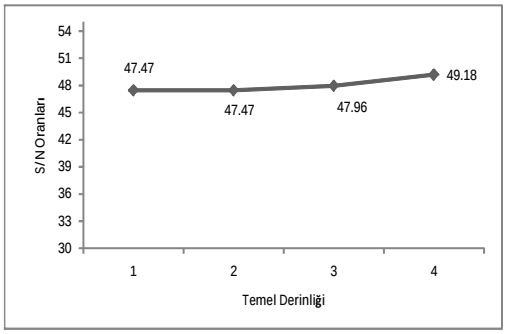


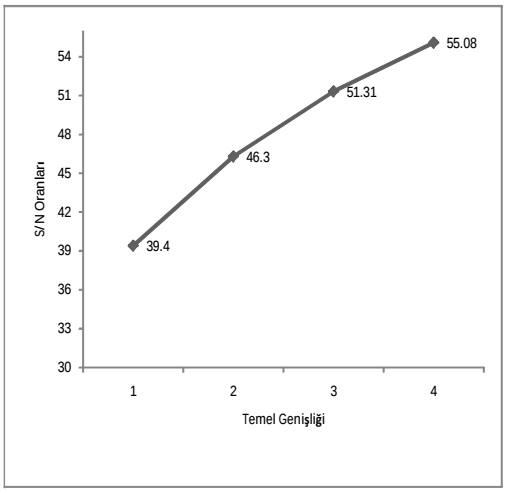


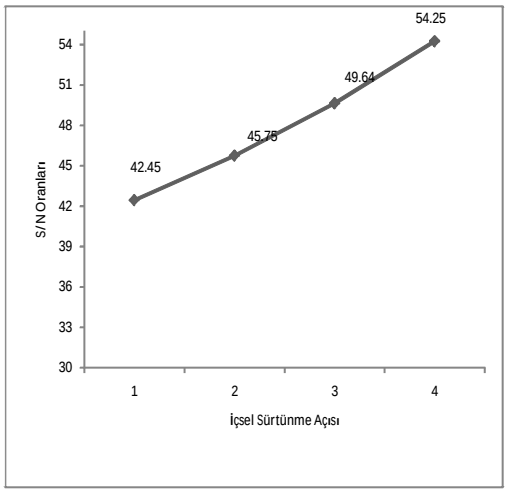


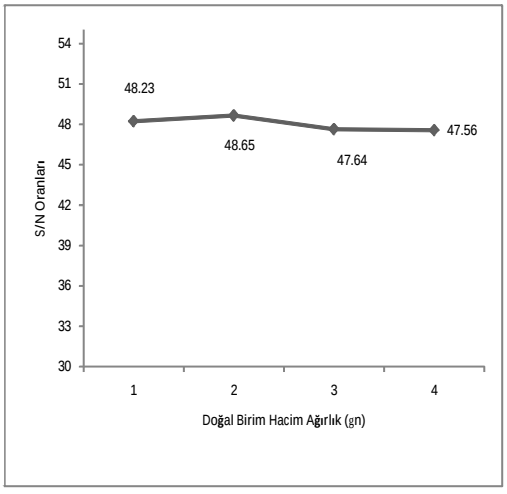
Şekil 4.9 Kayma güvenliği için parametre etki grafikleri (5. Tasarım)

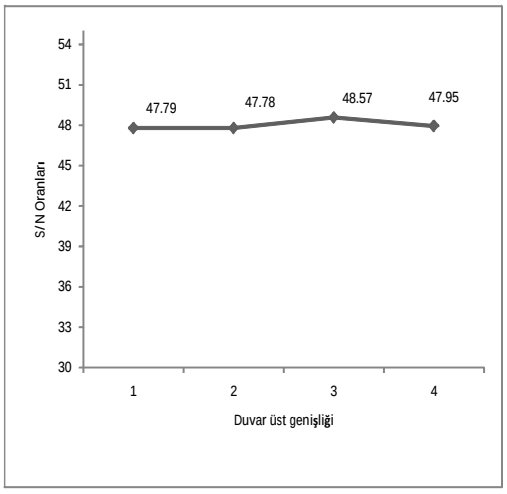




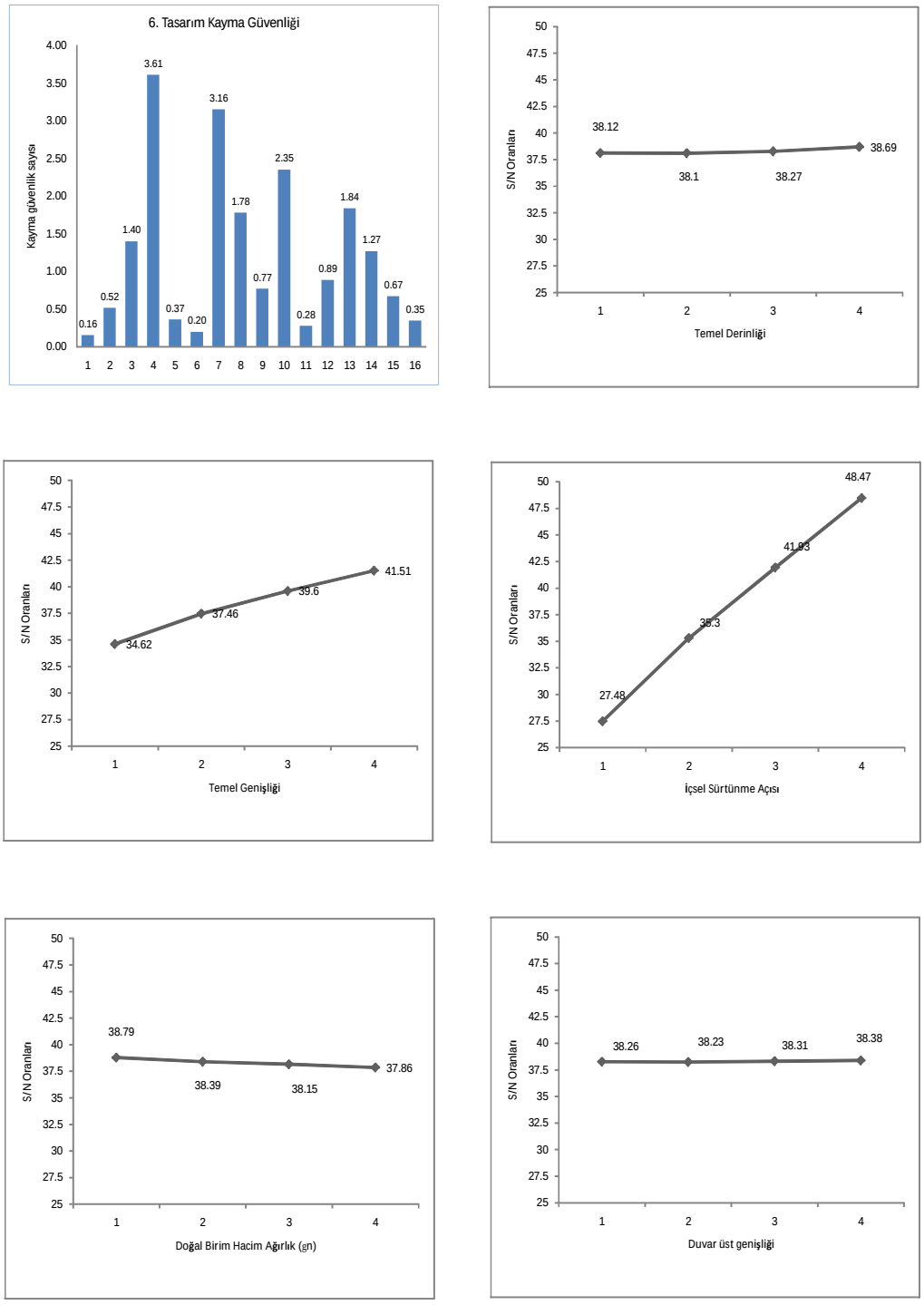




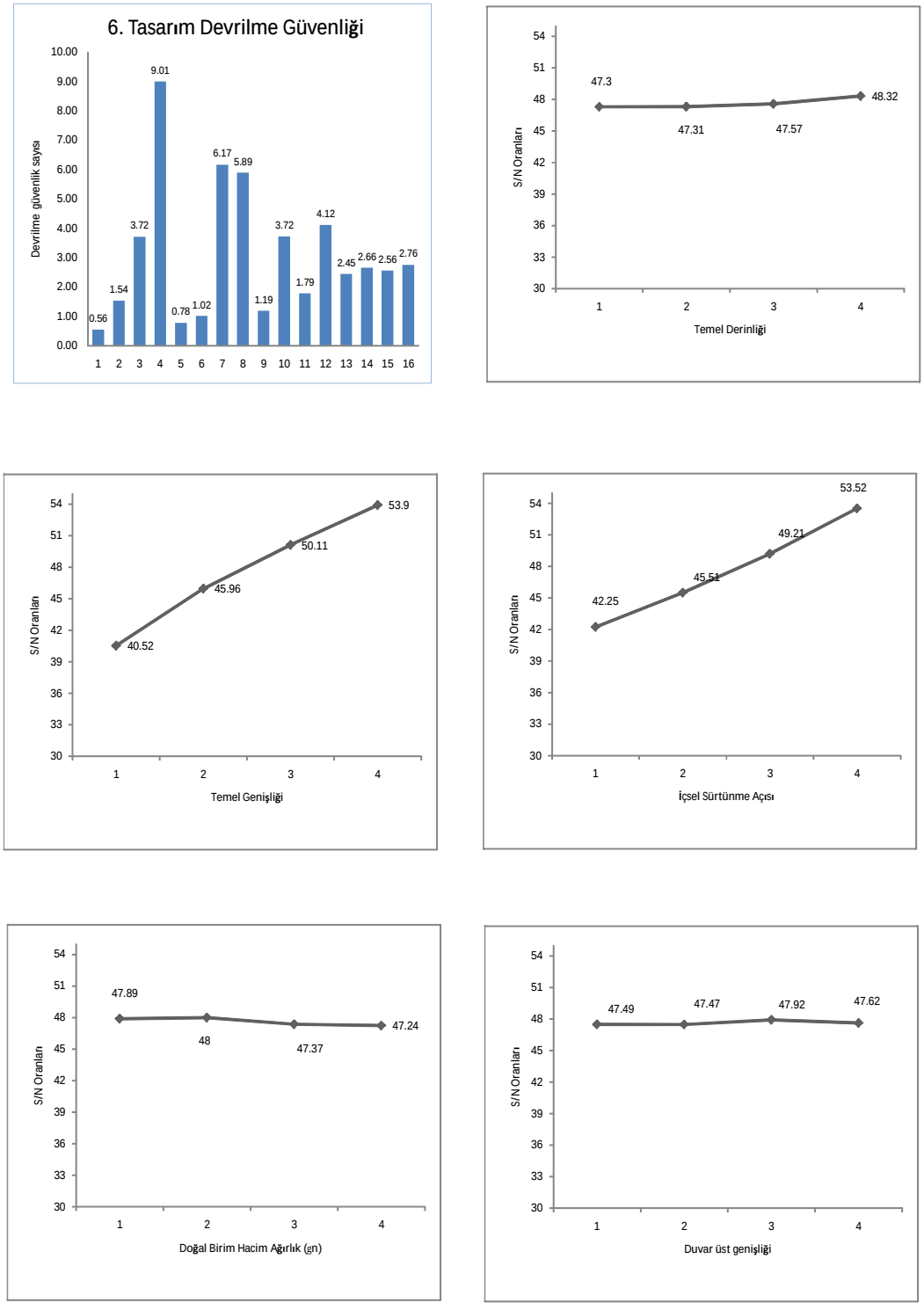




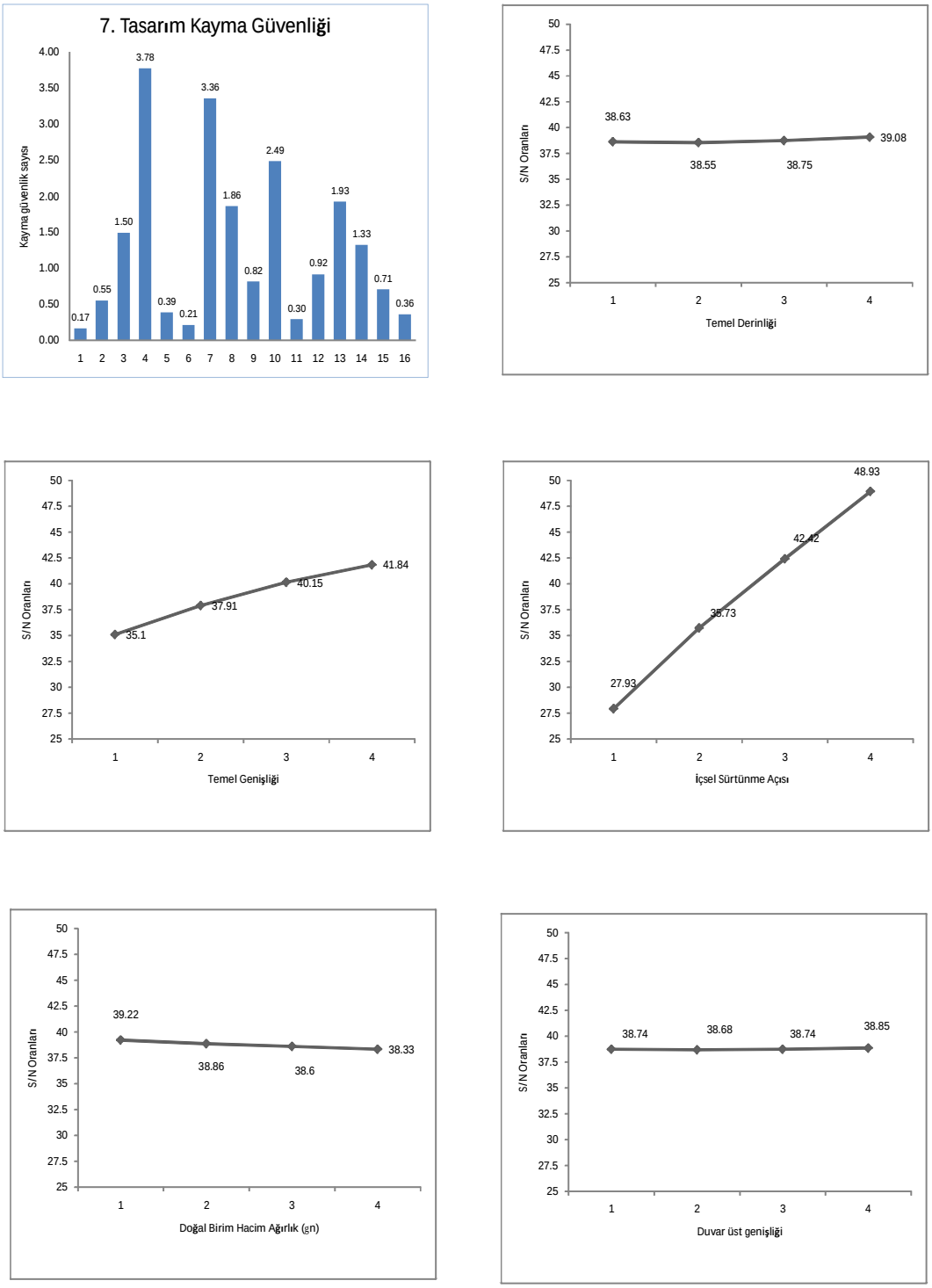
Şekil 4.10 Devrilme güvenliği için parametre etki grafikleri (5. Tasarım)



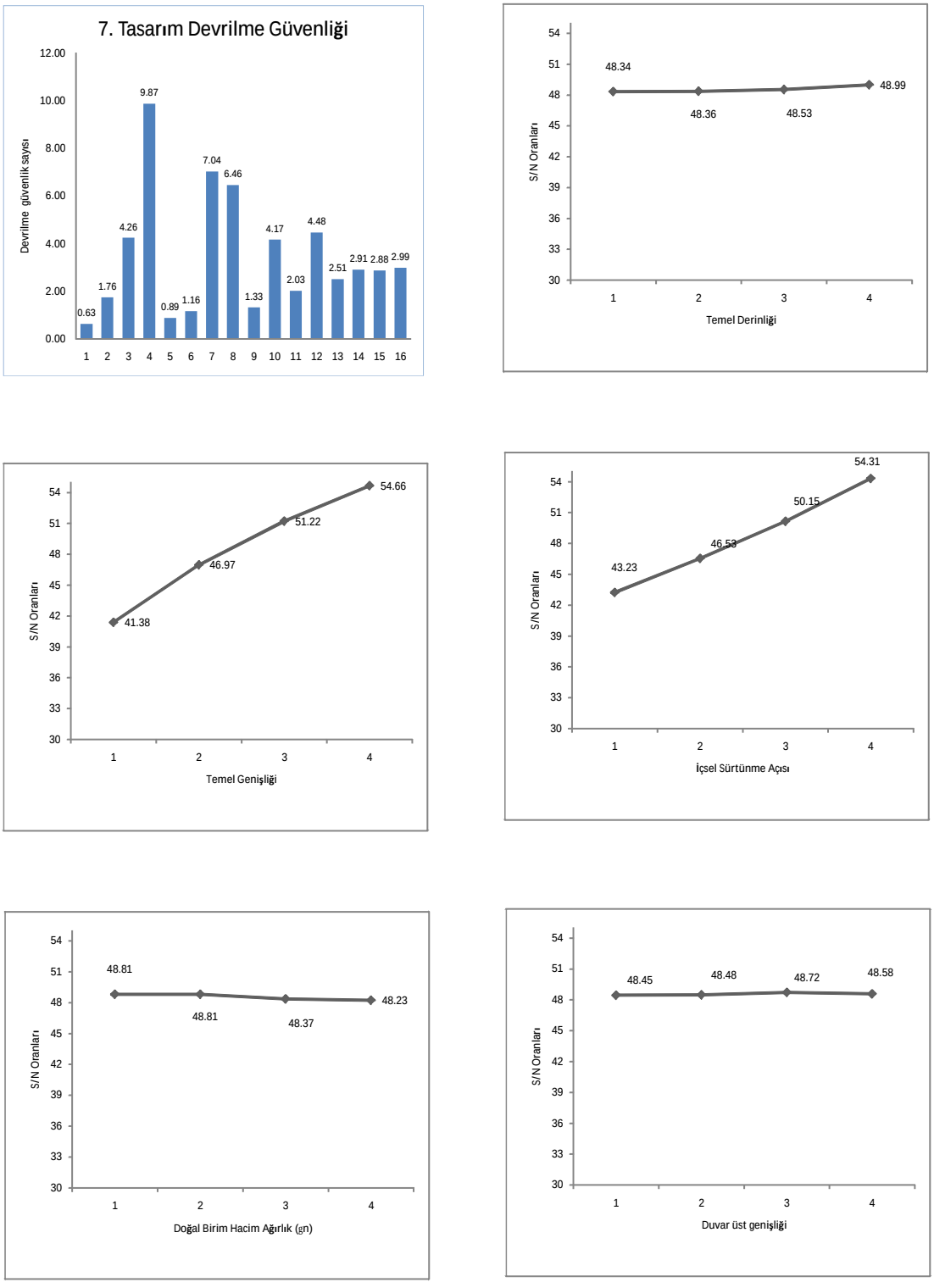
Şekil 4.11 Kayma güvenliği için parametre etki grafikleri (6. Tasarım)



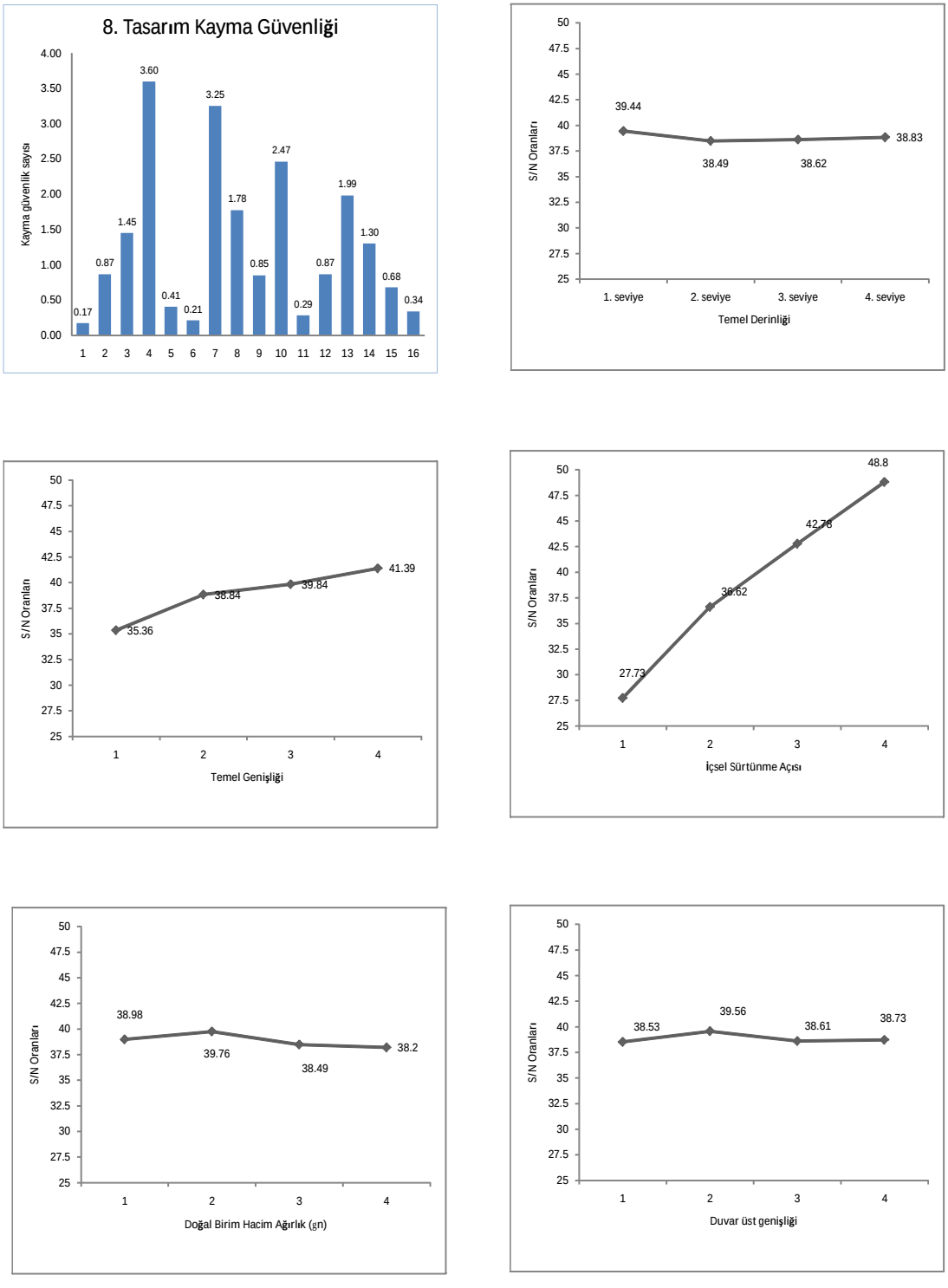
Şekil 4.12 Devrilme güvenliği için parametre etki grafikleri (6. Tasarım)



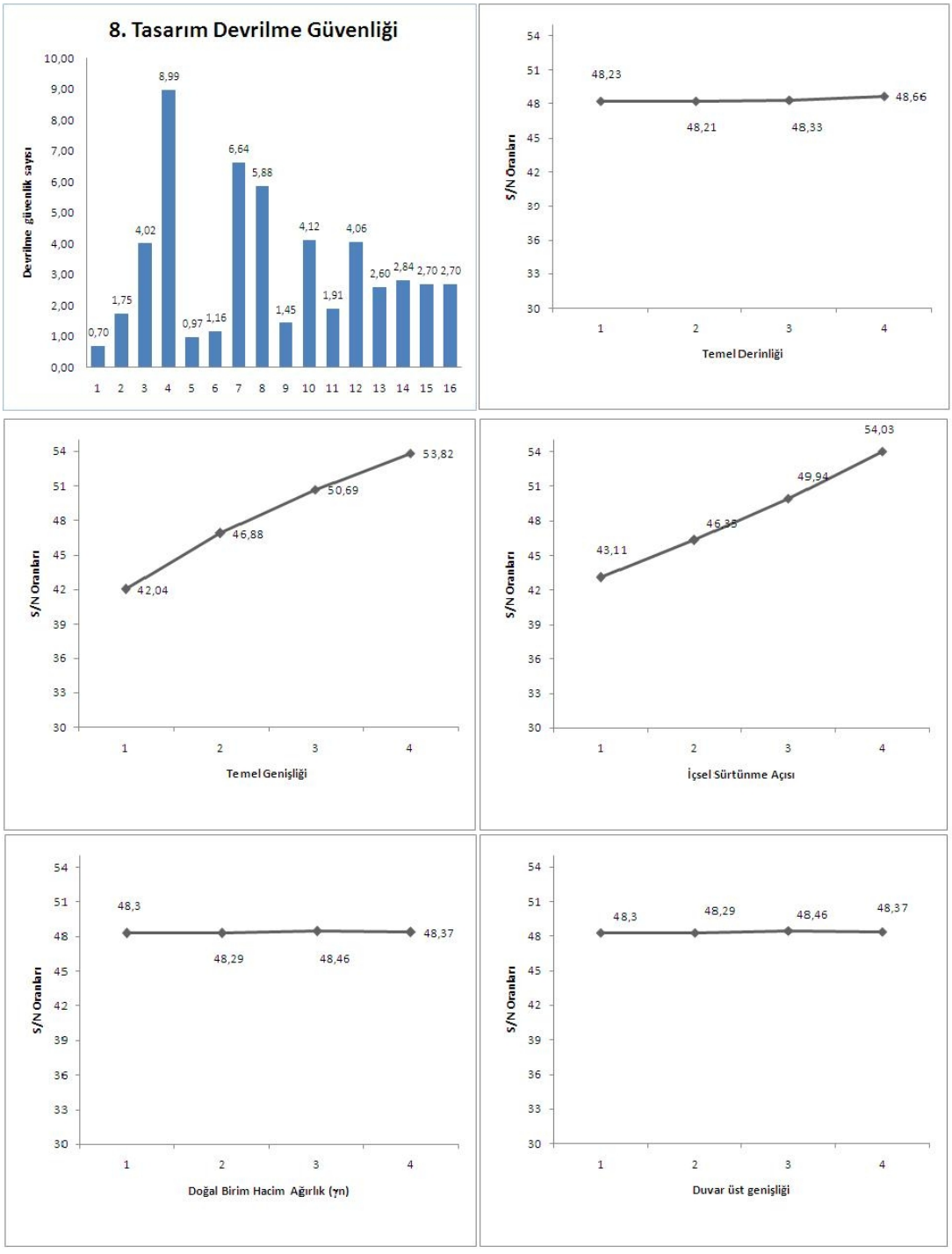
Şekil 4.13 Kayma güvenliği için parametre etki grafikleri (7. Tasarım)



Şekil 4.14 Devrilme güvenliği için parametre etki grafikleri (7. Tasarım)



Şekil 4.15 Kayma güvenliği için parametre etki grafikleri (8. Tasarım)



Şekil 4.16 Devrilme güvenliği için parametre etki grafikleri (8. Tasarım)

Yukarıda verilmiş olan grafiklerde görüldüğü gibi bütün tasarımlarda (2-8 Nolu tasarımlarda) içsel sürtünme açısı ve temel genişliği arttıkça kayma ve devrilmeye karşı güvenlik sayısı da yaklaşık doğrusal olarak hızlı bir şekilde artmakta, duvar yüksekliği arttıkça kayma ve devrilmeye karşı güvenlik sayıları ise hızlı bir şekilde azalmaktadır.

Doğal birim hacim ağırlık arttıkça kayma ve devrilmeye karşı güvenlik sayıları yavaş bir şekilde azalmakta, temel derinliği ve duvar üst genişliği arttıkça, güvenlik sayılarında az miktarda artış görülmektedir.

Temel genişliğinin duvar yüksekliğine bağlı olarak değiştiği 1 Nolu tasarımda duvar yüksekliği ile güvenlik sayısında önemli bir değişiklik görülmemektedir. Bunun nedeni temel genişliği seviyelerindeki farklılıktan kaynaklanmaktadır. Bu durum parametre seviyesinin başka bir parametreye bağlı olması durumunda iç etkileşimin olduğunu göstermekte, iç etkileşim dikkate alınmadan yapılan tasarımların doğru olmadığını göstermektedir.

4.1.2. Varyans Analizleri

Tasarımlarda seçilen parametrelerin kayma ve devrilme güvenliği üzerindeki etki derecelerini belirlemek ve optimizasyon yapabilmek amacıyla her tasarım için ayrı ayrı olmak üzere çok değişkenli varyans analizleri (ANOVA) yapılmıştır. Kayma güvenliği için ANOVA sonuçları Tablo 4.8 de, devrilme güvenliği için ANOVA sonuçları ise Tablo 4.9’da toplu olarak verilmiştir.

Tablo 4.8 Tasarımların Varyans Analizi (ANOVA) Sonuçları (Kayma Tahkiki)

		DOF	Kareler Toplamı (Ss)	Varyans (V)	Etki Oranı P (%)			DOF	Kareler Toplam (Ss)	Varyans (V)	Etki Oranı P (%)
1. Tasarım	D_f	3	0.9	0.3	0.08	5. Tasarım	D_f	3	1.92	0.64	0.17
	H	3	2.5	0.9	0.23		B	3	159.76	53.25	13.98
	B	3	145.3	48.4	12.96		ϕ	3	979.29	326.43	85.68
	ϕ	3	969.7	323.2	86.53		γ	3	1.91	0.64	0.17
	γ	3	2.2	0.7	0.19		b	3	0.11	0.04	0.009
	Top.	15	1120.6		100.00		Top.	15	1143		100
2. Tasarım	D_f	3	3.0	1.0	0.18	6. Tasarım	D_f	3	0.92	0.31	0.09
	H	3	235.0	78.3	13.61		B	3	104.9	34.97	9.73
	B	3	498.3	166.1	28.87		ϕ	3	970.34	323.45	90
	ϕ	3	986.8	328.9	57.18		γ	3	1.86	0.62	0.17
	γ	3	2.7	0.9	0.15		b	3	0.05	0.02	0.005
	Top.	15	1725.7		100		Top.	15	1078.1		100
3. Tasarım	D_f	3	6.3	2.1	0.56	7. Tasarım	D_f	3	0.68	0.23	0.06
	B	3	135.6	45.2	12.09		B	3	102.07	34.02	9.47
	ϕ	3	977.3	325.8	87.13		ϕ	3	973.27	324.42	90.3
	γ	3	2.3	0.8	0.2		γ	3	1.74	0.58	0.16
	b	3	0.2	0.1	0.014		b	3	0.06	0.02	0.005
	Top.	15	1121.6		100		Top.	15	1077.8		100
4. Tasarım	D_f	3	2.9	1.0	0.27	8. Tasarım	D_f	3	2.13	0.71	0.2
	B	3	77.1	25.7	7.32		B	3	78.5	26.2	7.5
	ϕ	3	971.1	323.7	92.19		ϕ	3	957.09	319.03	91.5
	γ	3	2.2	0.7	0.2		γ	3	5.54	1.85	0.53
	b	3	0.1	0.0	0.008		b	3	2.73	0.91	0.26
	Top.	15	1053.3		100		Top.	15	1046		100

Tablo 4.9 Tasarımların Varyans Analizi (ANOVA) Sonuçları (Devrilme)

		Serbestlik Derecesi DOF	Kareler Toplamı (Ss)	Varyans (V)	Etki Oranı P (%)			DOF	Kareler Toplamı (Ss)	Varyans (V)	Etki Oranı P (%)
1. Tasarım	D_f	3	1.76	0.59	0.21	5. Tasarım	D_f	3	7.84	2.61	0.9
	H	3	4.16	1.39	0.49		B	3	551.96	183.99	63.08
	B	3	564.06	188.02	67.07		ϕ	3	310.42	103.47	35.47
	ϕ	3	269.16	89.72	32.00		γ	3	3.19	1.06	0.36
	γ	3	1.89	0.63	0.22		b	3	1.65	0.55	0.19
	Top.	15	841.04		100.00		Top.	15	875.05		100
2. Tasarım	D_f	3	8.39	2.8	0.3	6. Tasarım	D_f	3	2.74	0.91	0.4
	H	3	703.82	234.61	25.3		B	3	395.11	131.71	57.89
	B	3	1795.8	598.59	64.55		ϕ	3	282.44	94.15	41.38
	ϕ	3	266.5	88.83	9.58		γ	3	1.71	0.57	0.25
	γ	3	7.29	2.43	0.26		b	3	0.51	0.17	0.074
	Top.	15	2781.8		100		Top.	15	682.5		100
3. Tasarım	D_f	3	53.66	17.89	6.46	7. Tasarım	D_f	3	1.11	0.37	0.17
	B	3	354.59	118.2	42.68		B	3	393.47	131.16	58.89
	ϕ	3	406	135.33	48.86		ϕ	3	272.28	90.76	40.75
	γ	3	9.58	3.19	1.15		γ	3	1.1	0.37	0.16
	b	3	7.08	2.36	0.85		b	3	0.19	0.06	0.03
	Top.	15	830.91		100		Top.	15	668.14		100
4. Tasarım	D_f	3	14.4	4.8	2.44	8. Tasarım	D_f	3	0.5	0.17	0.09
	B	3	248.16	82.72	42.06		B	3	309.3	103.1	53.72
	ϕ	3	322.02	107.34	54.58		ϕ	3	265	88.33	46.02
	γ	3	3.53	1.18	0.6		γ	3	0.95	0.32	0.17
	b	3	1.87	0.62	0.32		b	3	0.075	0.025	0.013
	Top.	15	589.98		100		Top.	15	1046		100

Tablo 4.8 ve Şekil 4.1 – 4.16 ‘ya kadar olan grafiklerden görüldüğü gibi duvar üst genişliğinin sabit (b=30cm) tutulduğu D_f, H, B, ϕ ve γ nın değişken olarak alındığı 2 No lu tasarımda kayma güvenliği üzerinde en etkili parametre %57,18 oran ile içsel sürtünme açısı, ikinci derecede etkili parametre % 29 luk etki oranı ile temel genişliği (B) ve üçüncü derecede etkili parametre ise % 14 lük oran ile duvar yüksekliği olmaktadır. Temel derinliği ve birim hacim ağırlığın etkisi çok az olup sırasıyla % 0.18 ve %0.15 olarak belirlenmiştir

Duvar yüksekliğinin her tasarımda sabit tutulduğu (3. tasarımda H=3m, 4. tasarımda H=4m, 5. tasarımda H=5m, 6. Tasarımda H=6m, 7. tasarımda H=7m ve 8. tasarımda H=8m) D_f, b, B, ϕ ve γ nın değişken olarak alındığı 3-8 No lu tasarımlarda kayma güvenliği üzerinde en etkili parametre içsel sürtünme açısı olup etki derecesi %86-92 arasında değişmektedir. İkinci derecede etkili parametre ise temel genişliği olup etki oranı % 7-14 arasında değişmektedir. Temel derinliği, b,rim hacim ağırlık ve duvar üst genişliğinin etkileri çok az olup % 0-0.60 arasında değişmektedir.

Duvar üst genişliğinin sabit (b=30cm) tutularak D_f, H, B, ϕ ve γ nın değişken olarak alındığı 2 No lu tasarımda devrilme güvenliği üzerinde en etkili parametre %65 lik oran ile duvar genişliği, ikinci derecede etkili parametre % 25 etki oranı ile duvar yüksekliği (H) ve üçüncü derecede etkili parametre ise % 9.6 lık oran ile içsel sürtünme açısıdır. Temel derinliği ve birim hacim ağırlığın etkisi çok az olup sırasıyla % 0.30 ve % 0.26 olarak belirlenmiştir

Duvar yüksekliğinin sabit tutulduğu (3. tasarımda H=3m ve 4. tasarımda H=4m) D_f, b, B, ϕ ve γ nın değişken olarak alındığı 3-4 No lu tasarımlarda devrilme güvenliği üzerinde en etkili parametre içsel sürtünme açısı olup, etki derecesi % 49-55 arasında değişmektedir. Bu tasarımlarda ikinci derecede etkili parametre ise temel genişliği olup etki oranı % 42-43 arasında değişmektedir. Temel derinliğinin etki oranı % 2.4-6.5 arasında, birim hacim ağırlığın etki oranı % 0.6-1.2 arasında duvar üst genişliğinin etkisi ise % =0.3-=.9 arasında değişmektedir.

Duvar yüksekliğinin sabit tutulduğu (H=4m, 5. tasarımda H=5m, 6. Tasarımda H=6m, 7. tasarımda H=7m ve 8. tasarımda H=8m) D_f, b, B, ϕ ve γ nın değişken olarak alındığı 5-8 No lu tasarımlarda devrilme güvenliği üzerinde en etkili parametre temel genişliği olup, etki derecesi % 54-63 arasında değişmektedir. Bu tasarımlarda ikinci derecede etkili parametre ise içsel sürtünme açısı olup etki oranı % 35-46 arasında değişmektedir.

3- 8 tasarımlar için genel olarak H=5m yüksekliğe kadar içsel sürtünme açısı, H>5m yükseklikten sonra ise temel genişliğinin devrilme güvenliği üzerinde en etkili parametreler olduğu söylenebilir. .

Taguchi yöntemi ile tasarım tablosunda bulunmayan diğer kombinasyonlar için veya hedef değerin maksimum veya minimum olacağı parametre seviyelerini belirlemek için analiz sonuçları değerlendirilerek optimizasyon yapılabilmektedir.

Her tasarım için ayrı ayrı belirlenen optimum koşullar ve performans değerleri kayma güvenliği için Tablo 4.10 da, devrilme güvenliği için ise Tablo 4.11 de verilmiştir.

Optimizasyon sonucunda 2 Nolu tasarında kaymaya ve devrilmeye karşı güvenlik sayısının maksimum olacağı parametre seviyeleri; Df=1.5m, H=3m, B=6.6m, $\phi=45^{o}$ ve $\gamma=16kN/m^{3}$ olarak belirlenmiştir. Taguchi Yöntemi ile bu seviyelerde beklenen güvenlik sayıları kayma için 14.74, devrilme için ise 91.6 olarak belirlenmiştir. Aynı seviyeler için klasik yöntemle yapılan hesaplarda ise güvenlik sayıları kayma için13.52, devrilme için 90.4 olarak belirlenmiştir.

Bu değerlerin birbirlerine oldukça yakın olması Taguchi Yöntemi ile yapılan optimizasyonun oldukça güçlü ve güvenilir olduğunu göstermesi açısından önemlidir. Benzer sonuçlar güvenlik sayısının minimum olması veya belirli bir hedef değerde olması durumları içinde elde edilmektedir.

Tablo 4.10 Optimum Koşullar ve Performans Değerleri (Kayma)

	Parametre	Max. Fs için Parametre Seviyesi	Min. Fs için Param. Seviyesi	Max. Fs için Parametre Değeri	Parametrenin Etki değeri
1. Tasarım	D_f	4	2.00	1.5m	0.37
	H	1	4.00	3.0m	0.65
	B	4	1.00	0.75H	3.66
	ϕ	4	1.00	45	10.22
	γ	1	4.00	16	0.50
	Bu seviyelerde beklenen maksimum S/N değeri				53.63
	Bu seviyelerde beklenen maksimum Fs				4.8
	Bu seviyelerde beklenen minimum S/N değeri				-21.87
	Bu seviyelerde beklenen minimum Fs				0.12
2. Tasarım	D_f	4	1.00	1.5m	0.63
	H	1	4.00	3.0m	5.99
	B	4	1.00	6.6m	6.24
	ϕ	4	1.00	45	10.35
	γ	1	4.00	16	0.64
	Bu seviyelerde beklenen maksimum S/N değeri				63.37
	Bu seviyelerde beklenen maksimum Fs				14.74
	Bu seviyelerde beklenen minimum S/N değeri				-15.22
	Bu seviyelerde beklenen minimum Fs				0.06
3. Tasarım	D_f	4	1.00		0.92
	H	4	1.00		3.84
	B	4	1.00		10.19
	ϕ	1	4.00		0.50
	γ	4	1.00		0.16
	Bu seviyelerde beklenen maksimum S/N değeri				55
	Bu seviyelerde beklenen maksimum Fs				5.48
	Bu seviyelerde beklenen minimum S/N değeri				-23.07
	Bu seviyelerde beklenen minimum Fs				0.14
4. Tasarım	D_f	4	1.00	1.5m	0.65
	B	4	1.00	3.0m	2.7
	ϕ	4	1.00	45	10.16
	γ	1	4.00	16	0.51
	b	4	1.00	0.30	0.101
	Bu seviyelerde beklenen maksimum S/N değeri				53.22
	Bu seviyelerde beklenen maksimum Fs				4.58
	Bu seviyelerde beklenen minimum S/N değeri				-24.14
	Bu seviyelerde beklenen minimum Fs				0.16

Tablo 4.10 Optimum Koşullar ve Performans Değerleri (Kayma)

	Parametre	Max. Fs için Parametre Seviyesi	Min. Fs için Param. Seviyesi	Max. Fs için Parametre Değeri	Parametrenin Etki değeri
5. Tasarım	D_f	4	2.00	1.50	0.53
	B	4	1.00	6.00	3.70
	ϕ	4	1.00	45.00	10.20
	γ	1	4.00	18.00	0.45
	b	4	1.00	0.30	0.12
	Bu seviyelerde beklenen maksimum S/N değeri				53
	Bu seviyelerde beklenen maksimum Fs				4.71
	Bu seviyelerde beklenen minimum S/N değeri				-22
	Bu seviyelerde beklenen minimum Fs				0.13
6. Tasarım	D_f	4	2.00	1.50	0.40
	B	4	1.00	6.00	3.21
	ϕ	4	1.00	45.00	10.17
	γ	1	4.00	18.00	0.49
	b	4	2.00	0.30	0.09
	Bu seviyelerde beklenen maksimum S/N değeri				53
	Bu seviyelerde beklenen maksimum Fs				4.29
	Bu seviyelerde beklenen minimum S/N değeri				-23.11
	Bu seviyelerde beklenen minimum Fs				0.14
7. Tasarım	D_f	4	2.00	1.50	0.33
	B	4	1.00	6.00	3.09
	ϕ	4	1.00	45.00	10.18
	γ	1	4.00	18.00	0.47
	b	4	2.00	0.30	0.10
	Bu seviyelerde beklenen maksimum S/N değeri				53
	Bu seviyelerde beklenen maksimum Fs				4.42
	Bu seviyelerde beklenen minimum S/N değeri				-23.58
	Bu seviyelerde beklenen minimum Fs				0.15
8. Tasarım	D_f	1	2.00	0.00	0.58
	B	4	1.00	6.00	2.53
	ϕ	4	1.00	45.00	9.94
	γ	2	4.00	18.00	0.90
	b	2	1.00	0.20	0.70
	Bu seviyelerde beklenen maksimum S/N değeri				53.51
	Bu seviyelerde beklenen maksimum Fs				4.74
	Bu seviyelerde beklenen minimum S/N değeri				-22.89
	Bu seviyelerde beklenen minimum Fs				0.14

Tablo 4.11 Optimum Koşullar ve Performas Değerleri (Devrilme)

	Parametre	Max. Fs için Parametre Seviyesi	Min. Fs için Param. Seviyesi	Max. Fs için Parametre Değeri	Parametrenin Etki değeri
1. Tasarım	D_f	4	2.00	1.5m	0.49
	H	1	4.00	3.0m	0.87
	B	4	1.00	0.75H	7.15
	ϕ	4	1.00	45	5.83
	γ	1	4.00	16	0.37
	Bu seviyelerde beklenen maksimum S/N değeri				61.95
	Bu seviyelerde beklenen maksimum Fs				12.5
	Bu seviyelerde beklenen minimum S/N değeri				-32.00
	Bu seviyelerde beklenen minimum Fs				0.40
2. Tasarım	D_f	4	2.00	1.5m	1.02
	H	1	4.00	3.0m	10.22
	B	4	1.00	6,6m	12.16
	ϕ	4	1.00	45	5.38
	γ	1	4.00	16	0.88
	Bu seviyelerde beklenen maksimum S/N değeri				79.24
	Bu seviyelerde beklenen maksimum Fs				91.58
	Bu seviyelerde beklenen minimum S/N değeri				-18.87
	Bu seviyelerde beklenen minimum Fs				0.088
3. Tasarım	D_f	4	1.00		2.96
	H	4	1.00		5.91
	B	4	1.00		7.14
	ϕ	2	3.00		1.23
	γ	3	2.00		1.13
	Bu seviyelerde beklenen maksimum S/N değeri				69
	Bu seviyelerde beklenen maksimum Fs				27.13
	Bu seviyelerde beklenen minimum S/N değeri				-34.43
	Bu seviyelerde beklenen minimum Fs				0.53
4. Tasarım	D_f	4	1.00	1.5m	1.55
	B	4	1.00	3.0m	4.98
	ϕ	4	1.00	45	6.32
	γ	2	4.00	16	0.66
	b	3	2.00	0.30	0.57
	Bu seviyelerde beklenen maksimum S/N değeri				63.22
	Bu seviyelerde beklenen maksimum Fs				14.49
	Bu seviyelerde beklenen minimum S/N değeri				-36.28
	Bu seviyelerde beklenen minimum Fs				0.65

Tablo 4.11 Optimum Koşullar ve Performas Değerleri (Devrilme)

	Parametre	Max. Fs için Parametre Seviyesi	Min. Fs için Param. Seviyesi	Max. Fs için Parametre Değeri	Parametrenin Etki değeri
5. Tasarım	D_f	4	1	1.5	1.16
	B	4	1	4	7.06
	ϕ	4	1	45	6.23
	γ	2	4	18	0.63
	b	3	2	0.25	0.54
	Bu seviyelerde beklenen maksimum S/N değeri				63.64
	Bu seviyelerde beklenen maksimum Fs				15.2
	Bu seviyelerde beklenen minimum S/N değeri				-32.58
	Bu seviyelerde beklenen minimum Fs				0.43
6. Tasarım	D_f	4	1.00	1.50	0.69
	B	4	1.00	6.00	6.28
	ϕ	4	1.00	45.00	5.90
	γ	2	4.00	18.00	0.37
	b	3	2.00	0.25	0.29
	Bu seviyelerde beklenen maksimum S/N değeri				61
	Bu seviyelerde beklenen maksimum Fs				11.42
	Bu seviyelerde beklenen minimum S/N değeri				-34.3
	Bu seviyelerde beklenen minimum Fs				0.52
7. Tasarım	D_f	4	1.00	1.50	0.44
	B	4	1.00	6.00	6.10
	ϕ	4	1.00	45.00	5.75
	γ	2	4.00	18.00	0.26
	b	3	1.00	0.25	0.17
	Bu seviyelerde beklenen maksimum S/N değeri				61
	Bu seviyelerde beklenen maksimum Fs				11.57
	Bu seviyelerde beklenen minimum S/N değeri				-35.41
	Bu seviyelerde beklenen minimum Fs				0.59
8. Tasarım	D_f	4		1.50	0.30
	B	4		6.00	5.46
	ϕ	4		45.00	5.67
	γ	1		18.00	0.29
	b	3		0.25	0.10
	Bu seviyelerde beklenen maksimum S/N değeri				60.17
	Bu seviyelerde beklenen maksimum Fs				10.20
	Bu seviyelerde beklenen minimum S/N değeri				-36.28
	Bu seviyelerde beklenen minimum Fs				0.65

4.1.3. Kayma Güvenliğinin Belirlenmesi İçin Matematiksel Model Geliştirilmesi

Taguchi yöntemi ile kaymaya karşı güvenlik sayılarının oldukça güvenilir bir şekilde tahmin edilmesi nedeniyle, kayma güvenliğini belirlemede kullanılabilecek pratik bir bağıntı geliştirmek çalışmalar yapılmıştır. Bu amaçla 2. Tasarımdaki kombinasyona ait S/N değerleri kullanılarak değişik fonksiyonlar seçilmiş, istatistiksel analizler yapılmıştır. Araştırmalar sonucunda kayma güvenliğini pratik olarak belirlemede kullanılabilecek en uygun model aşağıda verilmiştir.

$$F_s = 0.01\left[\frac{1}{10^{l}}\right]^{0.5} \tag{4.1}$$

Bu bağıntıda λ: toplam etki katsayısı olup aşağıdaki bağıntı ile belirlenmektedir.

$$\lambda = -0{,}1(\Psi_{DF} + \Psi_H + \Psi_\phi + \Psi_B + \Psi_\gamma) \tag{4.2}$$

Ψ_γ: birim hacim ağırlık etki faktörü, Ψ_B : Genişlik etki faktörü, Ψ_ϕ : içsel sürtünme açısı etki faktörü, Ψ_{DF} : derinlik etki faktörü, Ψ_H :yükseklik etki faktörü olup Tablo 4.12 da verilmiştir.

Tablo 4.12 Kayma Tahkiki İçin Güvenlik Sayıları Etki Faktörleri

Df<0.5m	Ψ_{DF} =- 0.013Df+7.59
Df>0.5m	ψ_{DF} = 0.619Df+7.274
H<5m	ψ_H = -2.393H +20.747
H>5m	ψ_H = -1.353H+15.547
B<3m	ψ_B =4.252B -5.501
B>3m	ψ_B = 1.87B+1.645
ϕ<25^o	ψ_ϕ = 38.78tanϕ -13.097
ϕ>25^o	ψ_ϕ = 24.8tanϕ -6.579
γ<20kN/m^3	ψ_γ= -0.204γ +11.772
γ<20kN/m^3	ψ_γ= -0.146γ +10.612

4.1.4. Devrilme Güvenliğinin Belirlenmesi İçin Matematiksel Model Geliştirilmesi

Taguchi yöntemi ile yapılan optimizasyon sonucunda devrilmeye karşı güvenlik sayılarının da oldukça güvenilir bir şekilde tahmin edildiği görülmüştür. Bu amaçla 2. Tasarımdaki S/N değerleri kullanılarak değişik fonksiyonlar seçilmiş, istatistiksel analizler yapılmıştır. Araştırmalar sonucunda devrilme güvenliğini pratik olarak belirlemede kullanılabilecek en uygun model aşağıda verilmiştir. Modelde güvenli tarafta kalmak amacı ile duvar önünde oluşan pasif kuvvet dikkate alınmamıştır.

$$F_s = 0.01\left[\frac{1}{10^a}\right]^{0.5} \tag{4.3}$$

Bu bağıntıda α: toplam etki katsayısı olup aşağıdaki bağıntı ile belirlenmektedir.

$$\alpha = -0,1(\lambda_{DF} + \lambda_H + \lambda_\phi + \lambda_B + \lambda_\gamma) \tag{4.4}$$

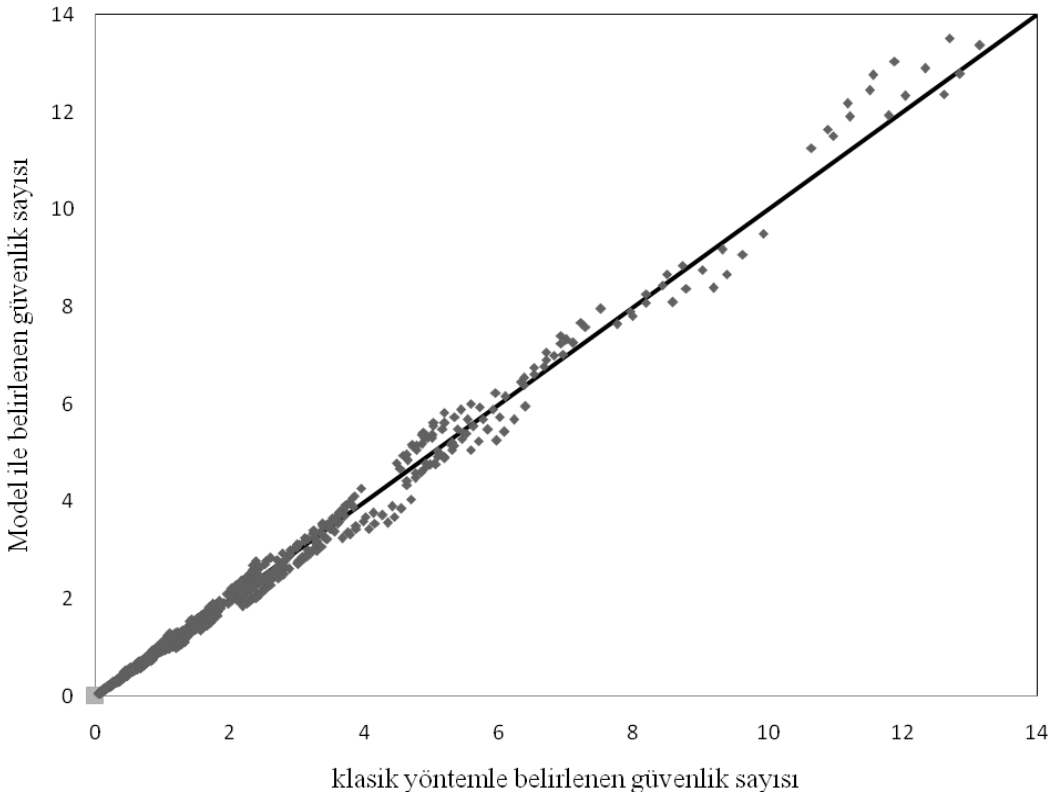
λ_γ: birim hacim ağırlık etki faktörü, λ_B: Genişlik etki faktörü, λ_ϕ: içsel sürtünme açısı etki faktörü, λ_{DF}: derinlik etki faktörü, λ_H:yükseklik etki faktörü olup Tablo 4.13'de verilmiştir.

Tablo 4.13 Devrilme Tahkiki İçin Güvenlik Sayıları Etki Faktörleri

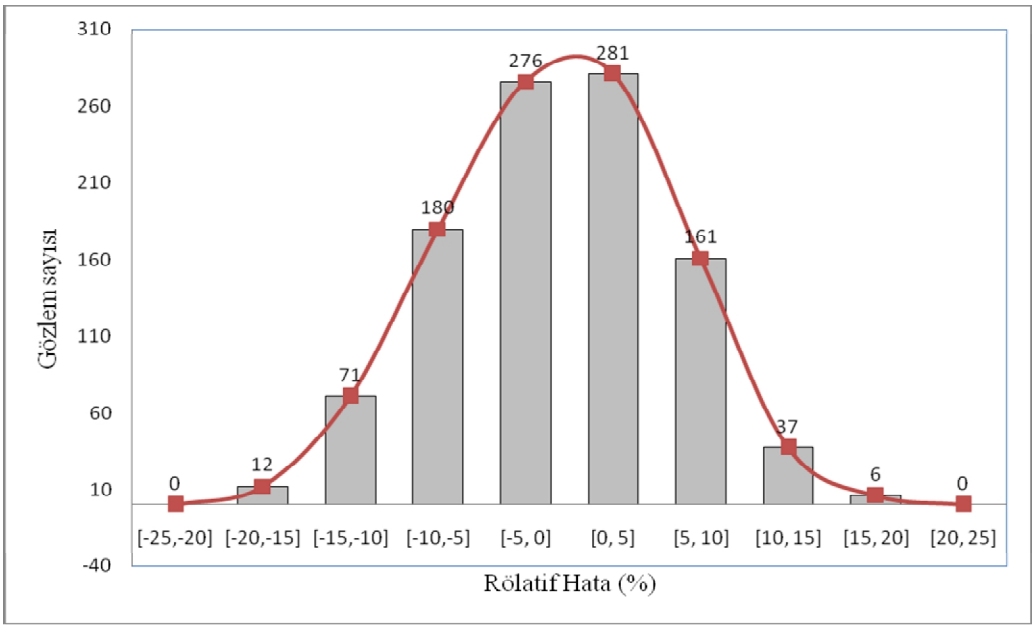
$D_f<0.5m$	$\lambda_{DF} = 0.033D_f+9.877$
$D_f>0.5m$	$\lambda_{DF} = 0.177D_f+9.805$
$H<9m$	$\lambda_H = -0.033H^3 +0.885H^2-9.945H+43.516$
$B<7m$	$\lambda_B = 0.138B^3-2.391B^2 + 16.72B-23.974$
$\phi<45^o$	$\lambda_f = 14.6\tan\phi +1.076$
$\gamma<18kN/m^3$	$\lambda_g = -0.158\gamma +12.915$
$\gamma>20kN/m^3$	$\lambda_g = -0.122\gamma +12.267$

4.1.5. Geliştirilen Modellerin Güvenilirlikleri ve İstatistiksel Analizler

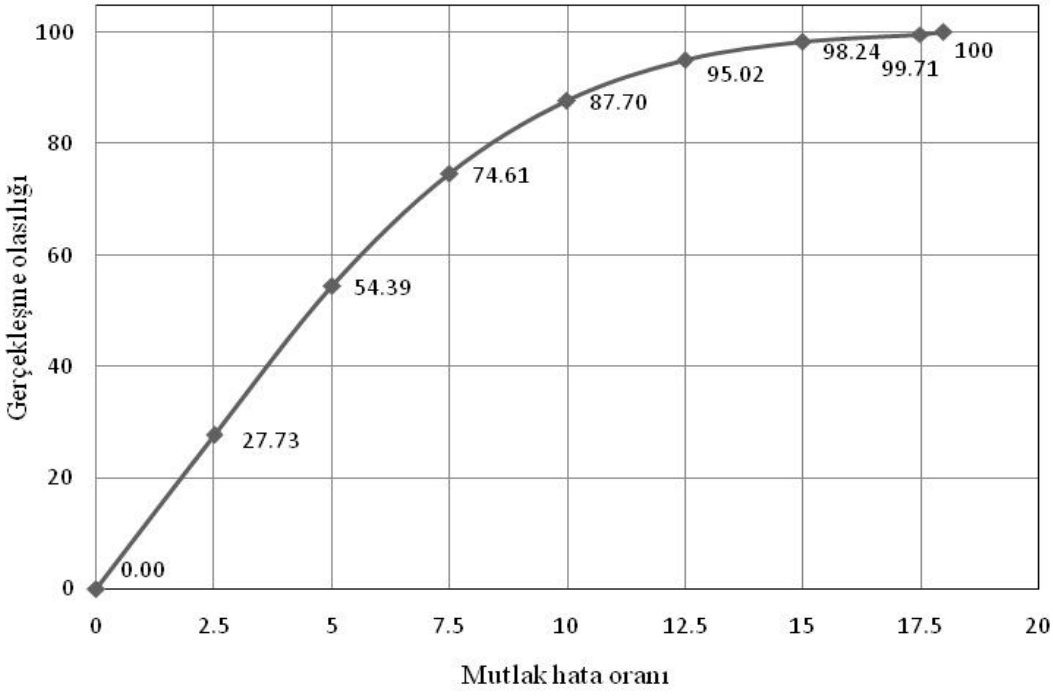
Kayma güvenliği için geliştirilen modellerin güven düzeylerini belirlemek için 2 Nolu tasarımda kullanılan parametre seviyeleri dikkate alınarak 1024 farklı durum için kaymaya karşı güvenlik sayıları klasik yöntemle ve geliştirilen matematik modelle ***(4.1 Nolu bağıntı)*** hesaplanmış ve Ek 1 de verilmiştir. Bu veriler kullanılarak çizilen model-klasik yöntem kayma güvenliği dağılımı Şekil 4.17 de, rölatif hataların histogramı Şekil 4.18 de ve mutlak hata-olasılık grafiği ise Şekil 4.19 da verilmiştir.



Şekil 4.17 Klasik Yöntem-Model kayma güvenliği sayıları arasındaki dağılım



Şekil 4.18 Kayma güvenliği modelinde rölatif hataların dağılımı

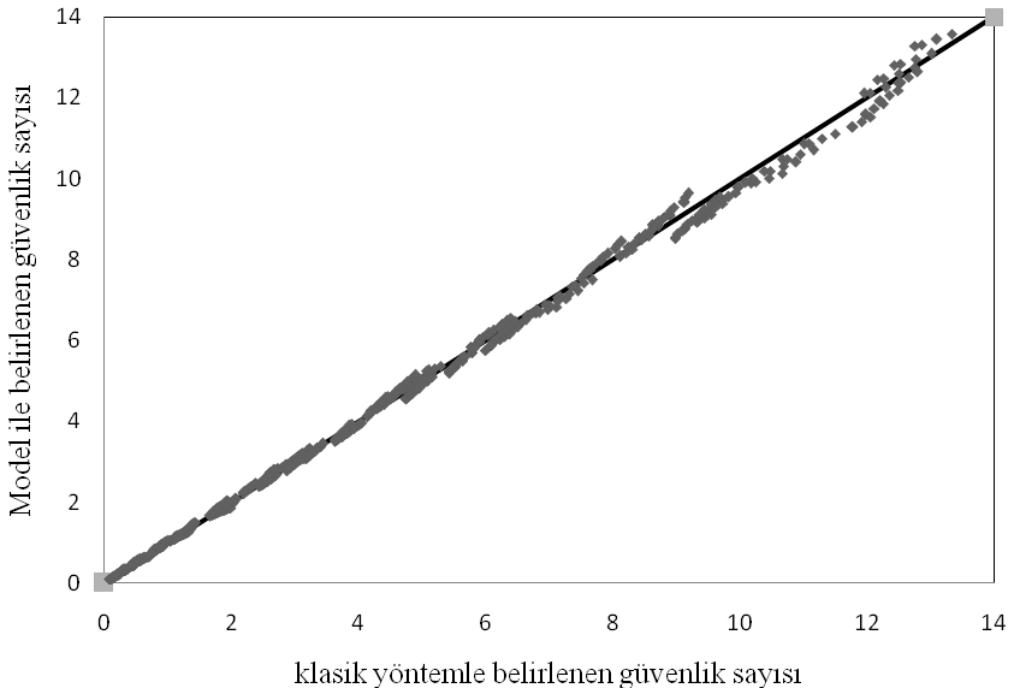


Şekil 4.19 Kayma güvenliği modelinde mutlak-olasılık grafiği

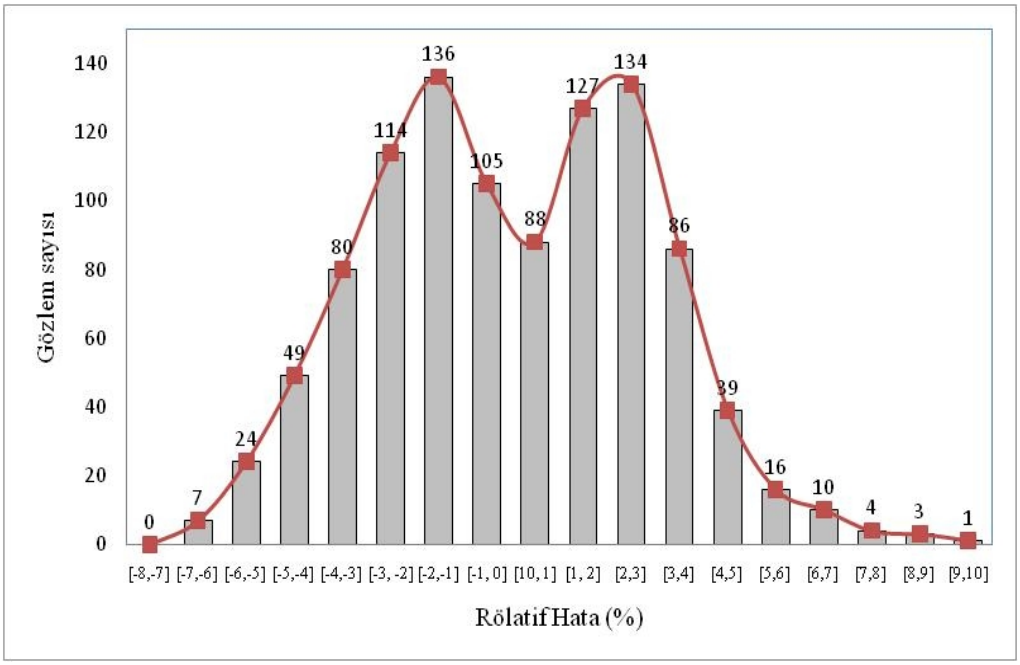
Şekil 4.17-4.19 dan görüldüğü gibi geliştirilen 4.1 Nolu bağıntı ile hesaplanan kaymaya karşı güvenlik sayıları klasik yöntemle hesaplanan güvenlik sayılarına

oldukça yakındır. Rölatif hataların normal dağılıma uygun olması modelde sistematik bir hatanın olmadığını göstermesi açısından önemlidir. Geliştirilen modelde rölatif hata oranları % +17 ile % -18 arasında değişmektedir. Ortalama mutlak hata % 5.3 olarak belirlenmiştir. Mutlak hatanın % 18 den büyük olma olasılığı 0 (sıfır), % 10 dan küçük olma olasılığı % 88, % 5 ten küçük olma olasılığı ise % 54 olarak belirlenmiştir. Bu bilgiler, geliştirilen modelin betonarme konsol duvarların ön boyutlandırılmasında kayma güvenliğini belirleme de güçlü bir alternatif olarak kullanılabileceğini göstermektedir.

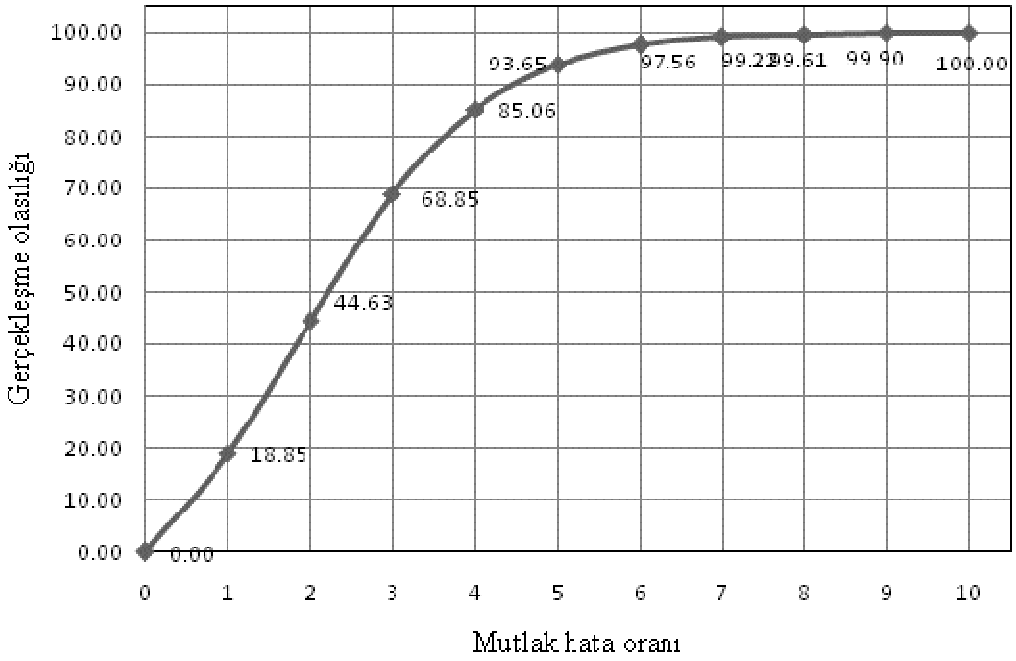
Devrilme güvenliği için geliştirilen modellerin güven düzeylerini belirlemek amacıyla 2 Nolu tasarımda kullanılan parametre seviyeleri dikkate alınarak 1024 farklı durum için devrilmeye karşı güvenlik sayıları, klasik yöntemle ve geliştirilen matematik modelle ***(4.3 Nolu bağıntı)*** hesaplanmış ve Ek 1 de verilmiştir. Bu veriler kullanılarak çizilen model-klasik yöntem devrilme güvenliği dağılımı Şekil 4.19 da, rölatif hataların histogramı Şekil 4.20 de ve mutlak hata-olasılık grafiği ise Şekil 4.21 de verilmiştir.



Şekil 4.20 Klasik Yöntem-Model güvenlik sayıları arasındaki dağılım



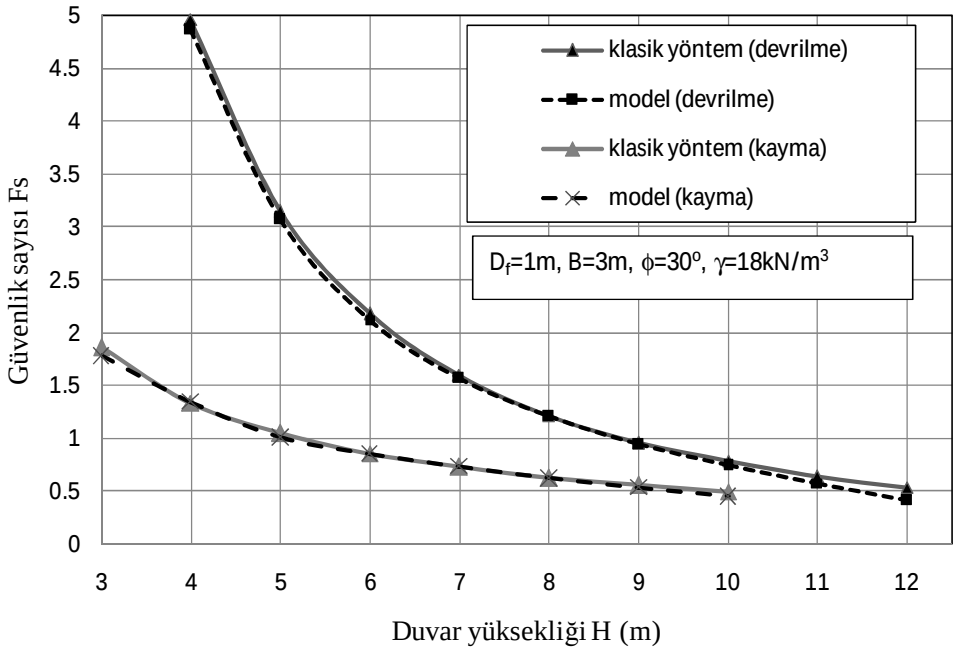
Şekil 4.21 Devrilme güvenliği modelinde rölatif hataların dağılımı



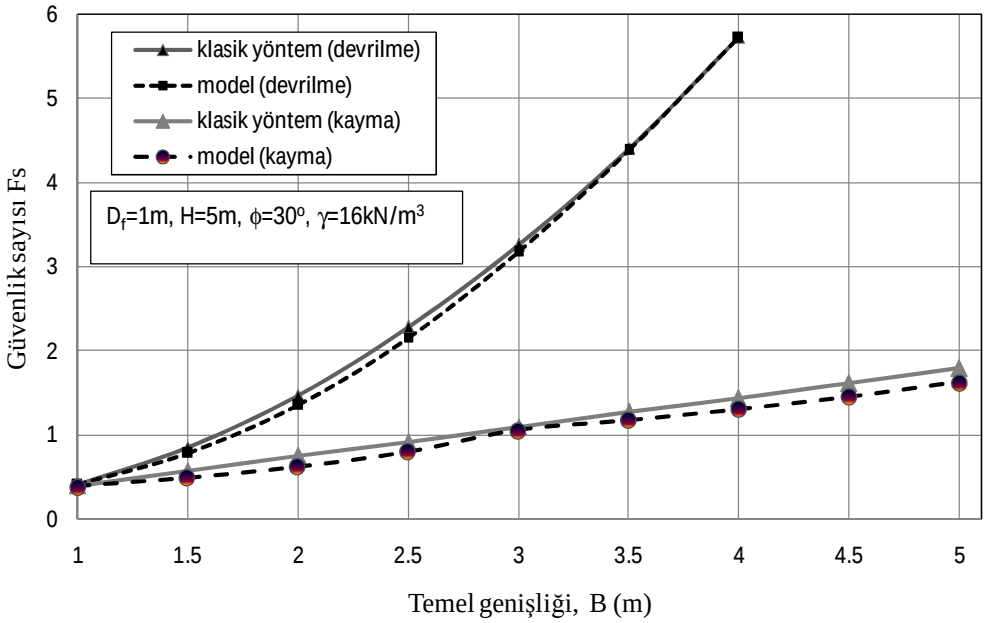
Şekil 4.22 Devrilme güvenliği modelinde mutlak-olasılık grafiği

Şekil 4.20-4.22 den görüldüğü gibi geliştirilen 4.3 Nolu bağıntı ile hesaplanan devrilmeye karşı güvenlik sayıları, klasik yöntemle hesaplanan güvenlik sayılarına oldukça yakındır. Rölatif hataların normal dağılıma uygun olması modelde sistematik bir hatanın olmadığını göstermesi açısından önemlidir. Geliştirilen modelde rölatif hata oranları % +9 ile % -7 arasında değişmektedir. Ortalama mutlak hata % 2.4 olarak belirlenmiştir. Mutlak hatanın % ±10 dan büyük olma olasılığı 0 (sıfır), % ±5 den küçük olma olasılığı % 94, % ±3 ten küçük olma olasılığı ise % 69 olarak belirlenmiştir. Bu bilgiler, geliştirilen modelin betonarme konsol duvarların ön boyutlandırılmasında devrilme güvenliğini belirleme de oldukça güçlü bir alternatif olarak kullanılabileceğini göstermektedir.

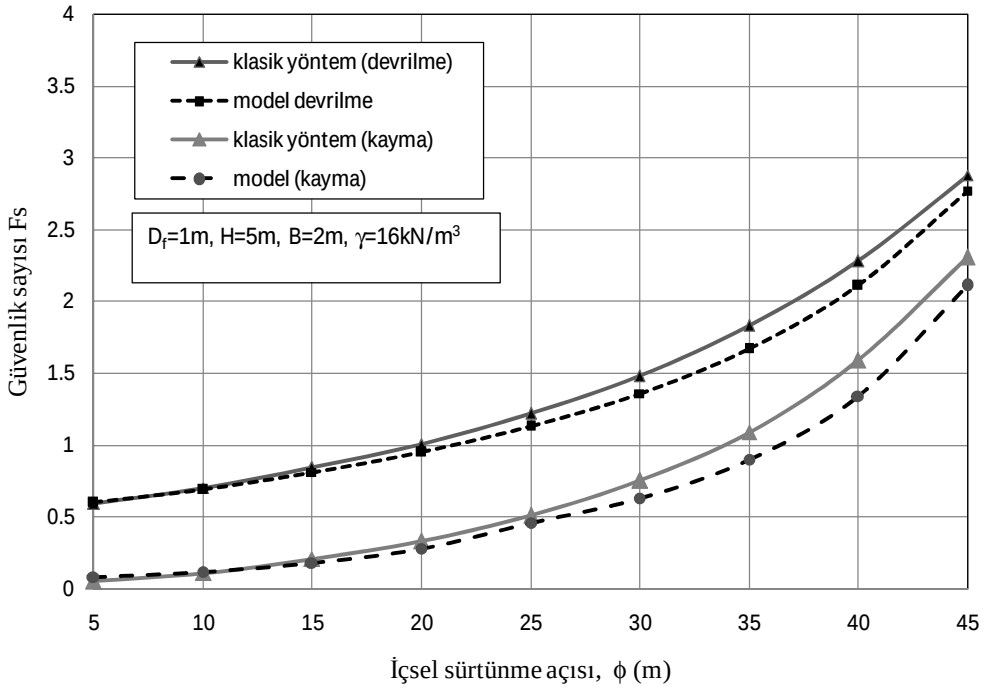
Kayma ve devrilme güvenlik sayılarının duvar yüksekliği, temel genişliği, içsel sürtünme açısı, birim hacim ağırlık ve temel derinliği ile değişimini görmek için klasik yöntem ve modellerle hesaplanan güvenlik sayıları Tablo 4.14 de, parametre değişim grafikleri ise Şekil 4.23-4.27 de verilmiştir. Bu grafiklerden de görüleceği gibi model ve klasik yöntemle belirlenen güvenlik sayıları birbirine oldukça yakındır.



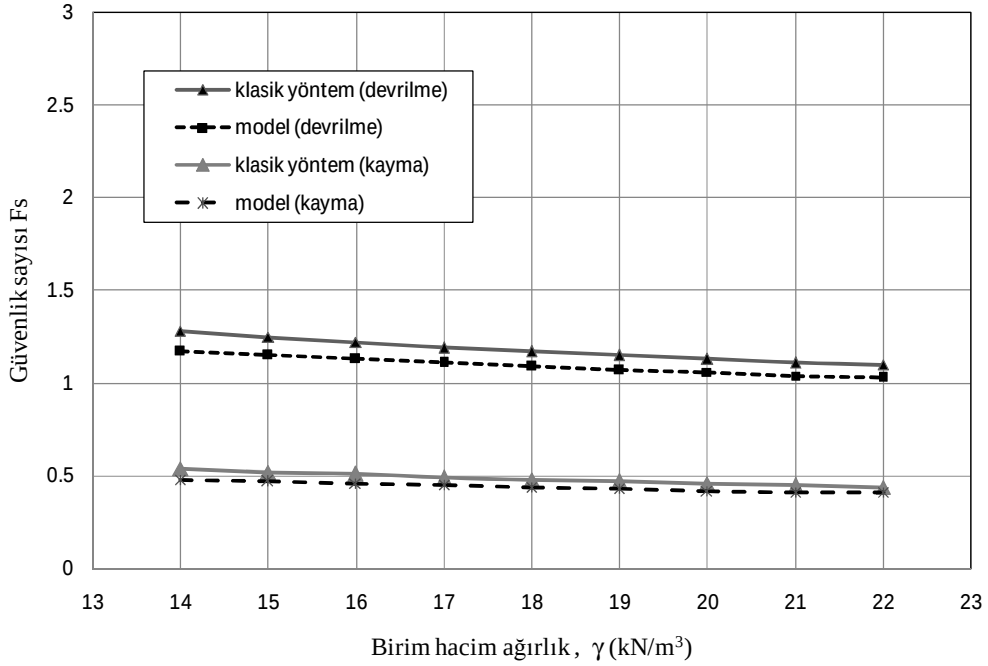
Şekil 4.23. Güvenlik sayısının duvar yüksekliği ile değişimi



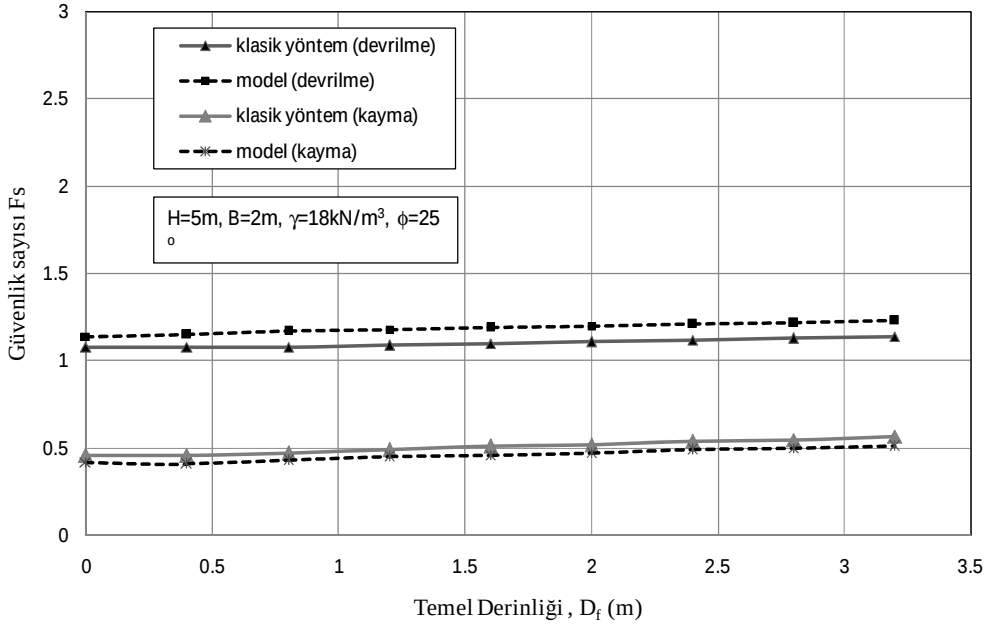
Şekil 4.24. Güvenlik sayısının temel genişliği ile değişimi



Şekil 4.25. Güvenlik sayısının içsel sürtünme açısı ile değişimi



Şekil 4.26 Güvenlik sayısının birim hacim ağırlık ile değişimi



Şekil 4.27 Güvenlik sayısının temel derinliği ile değişimi

Tablo 4.14 Farklı Parametre değerleri için güvenlik sayıları

Df (m)	H (m)	B (m)	ϕ (^{o})	γ (kN/m^3)	Fs (kayma) klasik Yöntem	Fs (kayma) model	Fs (devrilme) klasik Yöntem	Fs (kayma) model	Rölatif Hata (kayma)	Rölatif Hata (devrilme)
0.0	5.0	2.0	35.0	18	0.46	0.42	1.08	1.14	-8.70	5.56
0.4	5.0	2.0	35.0	18	0.46	0.41	1.08	1.15	-10.87	6.48
0.8	5.0	2.0	35.0	18	0.47	0.43	1.08	1.17	-8.51	8.33
1.2	5.0	2.0	35.0	18	0.49	0.45	1.09	1.18	-8.16	8.26
1.6	5.0	2.0	35.0	18	0.51	0.46	1.10	1.19	-9.80	8.18
2.0	5.0	2.0	35.0	18	0.52	0.47	1.11	1.20	-9.62	8.11
2.4	5.0	2.0	35.0	18	0.54	0.49	1.12	1.21	-9.26	8.04
2.8	5.0	2.0	35.0	18	0.55	0.50	1.13	1.22	-9.09	7.96
3.2	5.0	2.0	35.0	18	0.57	0.51	1.14	1.23	-10.53	7.89
1.0	5.0	6.0	25.0	14	0.54	0.48	1.28	1.17	-11.11	-8.59
1.0	5.0	6.0	25.0	17	0.49	0.45	1.19	1.11	-8.16	-6.72
1.0	5.0	6.0	25.0	22	0.44	0.41	1.10	1.03	-6.82	-6.36
1.0	5.0	2.0	10.0	16	0.11	0.12	0.70	0.69	9.09	-1.43
1.0	5.0	2.0	15.0	16	0.21	0.18	0.84	0.81	-14.29	-3.57
1.0	5.0	2.0	20.0	16	0.33	0.28	1.01	0.95	-15.15	-5.94
1.0	5.0	2.0	25.0	16	0.51	0.46	1.22	1.13	-9.80	-7.38
1.0	5.0	2.0	30.0	16	0.75	0.63	1.48	1.36	-16.00	-8.11
1.0	5.0	2.0	35.0	16	1.09	0.90	1.83	1.67	-17.43	-8.74
1.0	5.0	2.0	40.0	16	1.59	1.34	2.28	2.11	-15.72	-7.46
1.0	5.0	2.0	45.0	16	2.31	2.11	2.88	2.77	-8.66	-3.82
1.0	5.0	1.0	30.0	16	0.4	0.39	0.41	0.41	-2.50	0.00
1.0	5.0	1.5	30.0	16	0.58	0.5	0.86	0.78	-13.79	-9.30
1.0	5.0	2.0	30.0	16	0.75	0.63	1.48	1.36	-16.00	-8.11
1.0	5.0	2.5	30.0	16	0.92	0.81	2.28	2.16	-11.96	-5.26
1.0	5.0	3.0	30.0	16	1.1	1.06	3.26	3.18	-3.64	-2.45
1.0	5.0	3.5	30.0	16	1.27	1.18	4.41	4.38	-7.09	-0.68
1.0	5.0	4.0	30.0	16	1.44	1.31	5.73	5.72	-9.03	-0.17
1.0	3.0	3.0	30.0	18	1.86	1.78	8.91	8.62	-4.30	-3.25
1.0	4.0	3.0	30.0	18	1.34	1.35	4.96	4.86	0.75	-2.02
1.0	5.0	3.0	30.0	18	1.05	1.01	3.15	3.07	-3.81	-2.54
1.0	6.0	3.0	30.0	18	0.86	0.86	2.18	2.12	0.00	-2.75
1.0	7.0	3.0	30.0	18	0.73	0.74	1.6	1.57	1.37	-1.88
1.0	8.0	3.0	30.0	18	0.63	0.63	1.22	1.21	0.00	-0.82
1.0	9.0	3.0	30.0	18	0.56	0.54	0.96	0.95	-3.57	-1.04
1.0	10.0	3.0	30.0	18	0.5	0.46	0.79	0.75	-8.00	-5.06

5. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada, optimizasyon problemlerinde ve parametrelerin sonuç üzerindeki etkilerini belirlemede güçlü bir optimizasyon tekniği olan Taguchi yöntemi uygulanmıştır. Konsol İstinat duvarlarının ön boyutlandırılmasını etkileyen başlıca faktörler temel derinliği (D_f), duvar yüksekliği (H), temel genişliği (B), içsel sürtünme açısı (ϕ), birim hacim ağırlık (γ) ve konsol duvar üst genişliği (b) dir. Parametrelerin kayma ve devrilme güvenliği üzerindeki etkileri Taguchi yöntemine göre 5 parametreli 4 seviyeli standart L16 ortogonal dizin tabloları kullanılarak araştırılmıştır. 8 farklı tasarım tablosu seçilerek her kombinasyon için kayma ve devrilmeye karşı güvenlik sayıları ve S/N oranları ayrı ayrı hesaplanmış, S/N ve ANOVA analizleri yapılmıştır. 2 Nolu tasarımdaki parametreler (D_f, H, B, ϕ ve γ) ve seviyeleri kullanılarak kayma ve devrilme güvenliğini belirlemede kullanılacak matematik modeller geliştirilerek güvenilirlikleri belirlenmiştir. Analizlerde ve geliştirilen modellerde duvar tasarımını etkileyen bir takım parametreler uygulamada yaygın olarak kullanılan değerleri seçilerek sabit olarak alınmıştır. Bu parametreler;

Betonun birim hacim ağırlığı, $\gamma_{beton}=25kN/m^3$

Konsol duvar üst genişliği, b=0.30m (3-8 Nolu tasarımlarda değişken olarak dikkate alınmıştır.)

Duvar ön yüz eğimi, e=2/100

Konsol duvar ön genişliği, B1=(1/3)H

Sürşarj yükü, $q_s=0$

Şevin üst eğim açısı, $\alpha=0$

Temel kalınlığı, d= 0.10H

Temel tabanı ile zemin arasındaki sürtünme katsayısı, $\mu=0.55$

Zeminin kohezyonu, c=0

Yapılan çalışmaların değerlendirilmesi sonucunda elde edilen başlıca sonuçlar aşağıda maddeler halinde verilmiştir.

- İçsel sürtünme açısı ve temel genişliği arttıkça kayma ve devrilmeye karşı güvenlik sayısı da yaklaşık doğrusal olarak hızlı bir şekilde artmakta, duvar yüksekliği arttıkça kayma ve devrilmeye karşı güvenlik sayıları ise hızlı bir şekilde azalmaktadır.
- Doğal birim hacim ağırlık arttıkça kayma ve devrilmeye karşı güvenlik sayıları yavaş bir şekilde azalmakta, temel derinliği ve duvar üst genişliği arttıkça, güvenlik sayılarında az miktarda artış görülmektedir.
- Kaymaya karşı güvenlik sayısı üzerinde en etkili parametre 2. tasarımda %57 lik oran ile içsel sürtünme açısı (ϕ), ikinci derecede etkili parametre ise %29 luk oran ile temel genişliği (B)'dir.
- İçsel sürtünme açısının bütün seviyelerinde doğrusal, diğer parametrelerin ise genellikle 2.-4. seviyeleri arasında doğrusala yakın bir ilişki olduğu belirlenmiştir.
- Duvar üst genişliğinin ve D_f, H, B, ϕ ile γ nın değişken olarak alındığı durumda devrilme güvenliği üzerinde en etkili parametre %65 lik oran ile duvar genişliği, ikinci derecede etkili parametre % 25 etki oranı ile duvar yüksekliği (H) ve üçüncü derecede etkili parametre ise % 9.6 lık oran ile içsel sürtünme açısıdır. Temel derinliği ve birim hacim ağırlığın etkisi çok az olup sırasıyla % 0.30 ve % 0.26 olarak belirlenmiştir
- Duvar yüksekliğinin her tasarımda sabit ve D_f, b, B, ϕ ile γ nın değişken olarak alındığı 3-8 No lu tasarımlarda kayma güvenliği üzerinde en etkili parametre içsel sürtünme açısı olup etki derecesi %86-92 arasında değişmektedir. İkinci derecede etkili parametre ise temel genişliği olup etki oranı % 7-14 arasında değişmektedir. Temel derinliği, birim hacim ağırlık ve duvar üst genişliğinin etkileri çok az olup % 0-0.60 arasında değişmektedir.
- Duvar yüksekliğinin sabit ve H<5m, diğer parametrelerin değişken (D_f, b, B, ϕ ve γ) olması durumunda devrilme güvenliği üzerinde en etkili parametre içsel sürtünme açısı olup, etki derecesi % 49-55 arasında değişmektedir. ikinci derecede etkili parametre ise temel genişliği olup etki oranı % 42-43 arasında değişmektedir. Temel derinliğinin etki oranı % 2.4-6.5 arasında, birim hacim ağırlığın etki oranı % 0.6-1.2 arasında duvar üst genişliğinin etkisi ise % =0.3-=.9 arasında değişmektedir.

- Duvar yüksekliğinin sabit ve H>9m, diğer parametrelerin değişken (D_f, b, B, ϕ ve γ) olması durumunda devrilme güvenliği üzerinde en etkili parametre temel genişliği olup, etki derecesi % 54-63 arasında, ikinci derecede etkili parametre ise içsel sürtünme açısı olup etki oranı % 35-46 arasında değişmektedir.
- Taguchi yöntemi ile yapılan optimizasyon ve tahmin sonuçları gerçek değerlere çok yakın ve güvenilir sonuçlar vermiştir.
- Kayma güvenliğini belirlemek için geliştirilen **4.1 No lu bağıntı** ile hesaplanan güvenlik sayıları klasik yöntemle hesaplanan güvenlik sayılarına oldukça yakındır. Rölatif hataların normal dağılıma uygun olması modelde sistematik bir hatanın olmadığını göstermesi açısından önemlidir. Geliştirilen modelde rölatif hata oranları % +17 ile % -18 arasında değişmektedir. Ortalama mutlak hata % 5.3 olarak belirlenmiştir. Mutlak hatanın % 18 den büyük olma olasılığı 0 (sıfır), % 10 dan küçük olma olasılığı % 88, % 5 ten küçük olma olasılığı ise % 54 olarak belirlenmiştir.
- Devrilme güvenliği için geliştirilen 4.3 No lu bağıntı ile hesaplanan güvenlik sayıları, klasik yöntemle hesaplanan güvenlik sayılarına oldukça yakındır. Modelde rölatif hataların normal dağılıma uygun olması sistematik bir hatanın olmadığını göstermektedir. Geliştirilen modelde rölatif hata oranları % +9 ile % -7 arasında değişmektedir. Ortalama mutlak hata % 2.4 olarak belirlenmiştir. Mutlak hatanın % ±10 dan büyük olma olasılığı 0 (sıfır), % ±5 den küçük olma olasılığı % 94, % ±3 ten küçük olma olasılığı ise % 69 olarak belirlenmiştir.
- Kayma ve devrilme güvenliği için geliştirilen matematik modeller ***(4.1 ve 4.3 No lu bağıntılar)*** konsol dayanma duvarlarının ön boyutlandırmasında (sabir olarak seçilen diğer parametrelerin uygun olması durumunda) güçlü bir alternatif olarak kullanılabilecektir.
- Geliştirilen bağıntılar ile dayanma duvarının ön boyutlandırılması için bilgisayar yazılımına ihtiyaç duyulmamakta veya klasik yöntemle yapılan çok sayıda denemedeki zaman kaybını azaltmaktadır.

- Daha fazla parametre ve parametre seviyesi için benzer çalışmalar yapılarak konsol ve diğer tip dayanma yapılarının tasarımı için kullanılabilecek daha detaylı pratik bağıntılar geliştirilebilir.
- Çalışma sonuçlarının güvenirliliği, Taguchi Yönteminin Geoteknik Mühendisliğinde karşılaşılan bu tür araştırmalarda uygulanabilirliğini göstermesi açısından önemlidir.

KAYNAKLAR :

Alkaya, D.,(2008), "İstinat Duvarlarının Spread Sheet (Excel) Programı ile Çözümü ve Maliyet Analizi Uygun Duvar Tipinin Belirlenmesi" Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Yayını, Çanakkale

Das, M. B., (1998), "Principles of Foundation Engineering", PWS Publishing, USA

Seed, H.B., Whitman, R.V.(1970), "Design of Eart Retaining Structures for Dynamic Loads"
Proceedings, ASCE Specialty Conference on Lateral Stresses in the Ground and Design of
Earth Reatining Structures pp.103-107

Wood, J., (1973), " Earthquake-Induced Soil Pressures on Structures" Report EERL 73-05 California Institute of Technology, Pasedena, California, 311 pp.

Steedman,R. S., Zeng, X. (1990), "The Seismic Response of Waterfront" Proceedings, ASCE Specialty Conference on Design and Performance of Earth Retaining Structures, Special Technical Publication 25, Cornell University, Ithaca , New York , pp. 872-886

Elms, D. G., Richards, R. Jr., "Seismic Design of Retaining Walls", Design and Performance of Earth Retaining Structures, ASCE, Geotechnical Special Publication, No. 25, New York, 1990, pp. 854-871.

Richards, R. Jr., Elms, D.G., "Seismic Behavior Of Gravity Retaining Walls", ASCE Journal Of The Geotechnical Engineering Division, Vol. 105, GT4, April 1979, pp. 449-464.

Applied Technology Council, (1978), “Tentative Provisions for the development of Seismic Regulations for Buildings”, Prepared by Applied Technology Council, Associated with the structure Engineers Association of CA.

Whitman, R. V., (1990), “ Seismic Design Behavior of Gravity Retaining Walls” Proceedings, ASCE, Specialty Conference on Design and Performance of Earth Retaining Structures, Geotechnical Specialty Publication 25, ASCE, New York, pp817-842

Whitman, R. V. , Liao, S(1995), “Seismic Design of Retaining Walls” Miscellaneous Paper
GL-85-1, U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, Mississippi

Nadim, F.(1980), “Tilting and Sliding of Gravity Retaining Walls During Earthquakes”, Master’s Thesis, Department of Civil Engineering, M.I.T., Cambridge, Mass.

Nadim, F.,Whitman, R.V.,(1983), “Seismically Induced Movement of Retaining Walls”, Journal of the Geotechnical Engineering Division, ASCE, Vol.109, No.7, July, pp. 915-931

Öztürk, Z., Öztürk, T., (2005), “Deprem Bölgelerinde Prefabrike Betonarme İstinat Duvarlarının Tasarımı”, Deprem Sempozyumu, Kocaeli

Yunatcı, A.A., Çalışkan, O., Özkan, Y.M., (2003), “İstinat Yapılarının Sismik Yükler Altında Davranışı Ve Tasarım Yöntemleri”, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara

Yenidoğan, C.H., (2006), “İstinat Duvarlarının Deprem Sırasında Davranışı”, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul

Yıldırım, S., (2002), “Zemin İncelemesi ve Temel Tasarımı”, Birsen Yayınevi, İstanbul.

EKLER

Ek 1.

Ek Tablo 1. Tasarımlarda kullanılan 1024 farklı durum için klasik yöntemlerle ve matematik modellerle belirlenen kayma ve devrilme güvenliği sayıları ile rölatif hata oranları

	D_f (m)	H (m)	B (m)	ϕ (^{o})	γ (kN/m^3)	Fs (kay.) klasik Yönt.	Fs (kay.) model	Fs (dev.) klasik Yönt.	Fs (dev.) model	R. Hata (kayma)	R. Hata (devrilme)
1	0	3	1.2	15	16	0.21	0.20	0.88	0.88	-2.48	0.18
2	0	3	1.2	15	18	0.20	0.20	0.83	0.85	-0.13	2.22
3	0	3	1.2	15	20	0.18	0.19	0.79	0.83	1.46	4.24
4	0	3	1.2	15	22	0.17	0.18	0.76	0.80	3.38	5.57
5	0	3	1.2	25	16	0.52	0.52	1.27	1.23	0.06	-3.61
6	0	3	1.2	25	18	0.48	0.49	1.20	1.18	2.48	-1.65
7	0	3	1.2	25	20	0.45	0.47	1.15	1.15	4.11	0.29
8	0	3	1.2	25	22	0.43	0.46	1.10	1.12	6.08	1.57
9	0	3	1.2	35	16	1.12	1.01	1.91	1.82	-9.58	-4.65
10	0	3	1.2	35	18	1.04	0.96	1.80	1.76	-7.40	-2.71
11	0	3	1.2	35	20	0.98	0.92	1.72	1.71	-5.92	-0.78
12	0	3	1.2	35	22	0.93	0.89	1.65	1.66	-4.14	0.48
13	0	3	1.2	45	16	2.36	2.38	3.02	3.01	0.67	-0.07
14	0	3	1.2	45	18	2.20	2.27	2.85	2.91	3.10	1.96
15	0	3	1.2	45	20	2.07	2.17	2.72	2.83	4.74	3.97
16	0	3	1.2	45	22	1.96	2.10	2.61	2.75	6.73	5.30
17	0	3	3	15	16	0.48	0.51	5.07	5.25	4.95	3.57
18	0	3	3	15	18	0.46	0.48	4.91	5.06	4.60	3.07
19	0	3	3	15	20	0.45	0.46	4.78	4.92	3.73	2.85
20	0	3	3	15	22	0.43	0.45	4.68	4.78	3.43	2.20
21	0	3	3	25	16	1.19	1.28	7.35	7.32	7.69	-0.36
22	0	3	3	25	18	1.14	1.22	7.12	7.06	7.33	-0.84
23	0	3	3	25	20	1.10	1.17	6.94	6.87	6.43	-1.05
24	0	3	3	25	22	1.07	1.13	6.79	6.68	6.12	-1.68
25	0	3	3	35	16	2.57	2.50	11.01	10.85	-2.69	-1.43
26	0	3	3	35	18	2.46	2.38	10.67	10.47	-3.01	-1.90
27	0	3	3	35	20	2.37	2.28	10.39	10.18	-3.82	-2.11
28	0	3	3	35	22	2.30	2.20	10.17	9.89	-4.10	-2.73
29	0	3	3	45	16	5.43	5.88	17.39	17.96	8.35	3.30
30	0	3	3	45	18	5.20	5.61	16.85	17.32	7.98	2.80
31	0	3	3	45	20	5.01	5.36	16.42	16.84	7.08	2.58
32	0	3	3	45	22	4.86	5.19	16.06	16.38	6.77	1.94
33	0	3	4.8	15	16	0.76	0.75	12.76	13.28	-1.19	4.02
34	0	3	4.8	15	18	0.73	0.71	12.43	12.80	-2.25	2.97
35	0	3	4.8	15	20	0.71	0.68	12.17	12.45	-3.69	2.29
36	0	3	4.8	15	22	0.69	0.66	11.95	12.10	-4.50	1.25
37	0	3	4.8	25	16	1.86	1.89	18.52	18.53	1.39	0.08
38	0	3	4.8	25	18	1.80	1.80	18.04	17.87	0.29	-0.94
39	0	3	4.8	25	20	1.74	1.72	17.66	17.37	-1.18	-1.59
40	0	3	4.8	25	22	1.70	1.67	17.34	16.89	-2.01	-2.59
41	0	3	4.8	35	16	4.02	3.68	27.73	27.46	-8.38	-0.99
42	0	3	4.8	35	18	3.87	3.51	27.02	26.48	-9.37	-2.00
43	0	3	4.8	35	20	3.76	3.36	26.44	25.74	-10.70	-2.65
44	0	3	4.8	35	22	3.67	3.25	25.97	25.03	-11.45	-3.63
45	0	3	4.8	45	16	8.49	8.66	43.80	45.45	2.00	3.75
46	0	3	4.8	45	18	8.19	8.27	42.67	43.82	0.91	2.70
47	0	3	4.8	45	20	7.95	7.90	41.76	42.61	-0.57	2.02
48	0	3	4.8	45	22	7.75	7.64	41.02	41.43	-1.41	0.99
49	0	3	6.6	15	16	1.03	1.10	23.97	24.85	6.96	3.69
50	0	3	6.6	15	18	1.00	1.05	23.40	23.96	5.45	2.40
51	0	3	6.6	15	20	0.97	1.00	22.95	23.30	3.59	1.53
52	0	3	6.6	15	22	0.95	0.97	22.58	22.66	2.46	0.34
53	0	3	6.6	25	16	2.53	2.78	34.77	34.69	9.75	-0.24
54	0	3	6.6	25	18	2.45	2.65	33.95	33.45	8.20	-1.48
55	0	3	6.6	25	20	2.39	2.54	33.29	32.52	6.29	-2.32

56	0	3	6.6	25	22	2.33	2.45	32.76	31.62	5.13	-3.46
57	0	3	6.6	35	16	5.47	5.42	52.08	51.40	-0.82	-1.31
58	0	3	6.6	35	18	5.29	5.17	50.85	49.56	-2.23	-2.53
59	0	3	6.6	35	20	5.15	4.95	49.86	48.19	-3.95	-3.36
60	0	3	6.6	35	22	5.04	4.78	49.06	46.85	-5.00	-4.50
61	0	3	6.6	45	16	11.56	12.76	82.25	85.07	10.42	3.42
62	0	3	6.6	45	18	11.19	12.18	80.31	82.03	8.85	2.14
63	0	3	6.6	45	20	10.89	11.65	78.76	79.76	6.94	1.27
64	0	3	6.6	45	22	10.65	11.26	77.48	77.55	5.77	0.08
65	0	5	1.2	15	16	0.13	0.12	0.32	0.31	-7.09	-1.20
66	0	5	1.2	15	18	0.12	0.11	0.30	0.30	-4.52	1.22
67	0	5	1.2	15	20	0.11	0.11	0.28	0.29	-2.70	3.58
68	0	5	1.2	15	22	0.10	0.10	0.27	0.29	-0.57	5.24
69	0	5	1.2	25	16	0.31	0.29	0.46	0.44	-4.66	-4.94
70	0	5	1.2	25	18	0.29	0.28	0.43	0.42	-2.03	-2.62
71	0	5	1.2	25	20	0.27	0.27	0.41	0.41	-0.16	-0.34
72	0	5	1.2	25	22	0.25	0.26	0.39	0.40	2.02	1.25
73	0	5	1.2	35	16	0.67	0.57	0.69	0.65	-13.85	-5.96
74	0	5	1.2	35	18	0.62	0.55	0.65	0.63	-11.47	-3.66
75	0	5	1.2	35	20	0.58	0.52	0.62	0.61	-9.78	-1.41
76	0	5	1.2	35	22	0.55	0.51	0.59	0.59	-7.81	0.16
77	0	5	1.2	45	16	1.41	1.35	1.09	1.07	-4.08	-1.45
78	0	5	1.2	45	18	1.31	1.29	1.03	1.04	-1.44	0.96
79	0	5	1.2	45	20	1.23	1.23	0.97	1.01	0.45	3.32
80	0	5	1.2	45	22	1.16	1.19	0.93	0.98	2.64	4.97
81	0	5	3	15	16	0.29	0.29	1.82	1.87	-0.38	2.53
82	0	5	3	15	18	0.28	0.27	1.77	1.80	-0.59	2.15
83	0	5	3	15	20	0.27	0.26	1.72	1.75	-1.30	2.03
84	0	5	3	15	22	0.26	0.25	1.68	1.70	-1.49	1.47
85	0	5	3	25	16	0.71	0.73	2.65	2.61	2.21	-1.35
86	0	5	3	25	18	0.68	0.69	2.56	2.52	2.00	-1.72
87	0	5	3	25	20	0.66	0.66	2.49	2.45	1.27	-1.84
88	0	5	3	25	22	0.63	0.64	2.44	2.38	1.08	-2.38
89	0	5	3	35	16	1.54	1.42	3.96	3.87	-7.64	-2.41
90	0	5	3	35	18	1.47	1.35	3.83	3.73	-7.82	-2.77
91	0	5	3	35	20	1.41	1.29	3.73	3.63	-8.49	-2.89
92	0	5	3	35	22	1.37	1.25	3.65	3.52	-8.66	-3.42
93	0	5	3	45	16	3.25	3.34	6.26	6.40	2.83	2.27
94	0	5	3	45	18	3.10	3.19	6.06	6.17	2.63	1.89
95	0	5	3	45	20	2.99	3.05	5.90	6.00	1.89	1.77
96	0	5	3	45	22	2.90	2.95	5.76	5.83	1.70	1.21
97	0	5	4.8	15	16	0.45	0.42	4.59	4.73	-6.32	3.00
98	0	5	4.8	15	18	0.44	0.40	4.47	4.56	-7.25	2.02
99	0	5	4.8	15	20	0.42	0.39	4.37	4.44	-8.54	1.39
100	0	5	4.8	15	22	0.41	0.37	4.29	4.31	-9.26	0.41
101	0	5	4.8	25	16	1.11	1.07	6.66	6.60	-3.87	-0.90
102	0	5	4.8	25	18	1.07	1.02	6.49	6.37	-4.83	-1.85
103	0	5	4.8	25	20	1.04	0.98	6.35	6.19	-6.16	-2.45
104	0	5	4.8	25	22	1.02	0.95	6.23	6.02	-6.89	-3.40
105	0	5	4.8	35	16	2.41	2.09	9.98	9.78	-13.14	-1.97
106	0	5	4.8	35	18	2.32	1.99	9.71	9.43	-14.00	-2.90
107	0	5	4.8	35	20	2.25	1.91	9.50	9.17	-15.20	-3.49
108	0	5	4.8	35	22	2.19	1.84	9.33	8.92	-15.86	-4.43
109	0	5	4.8	45	16	5.09	4.92	15.76	16.19	-3.29	2.74
110	0	5	4.8	45	18	4.90	4.69	15.34	15.61	-4.25	1.76
111	0	5	4.8	45	20	4.75	4.49	15.01	15.18	-5.59	1.13
112	0	5	4.8	45	22	4.63	4.34	14.74	14.76	-6.32	0.15
113	0	5	6.6	15	16	0.62	0.62	8.62	8.85	1.36	2.67
114	0	5	6.6	15	18	0.60	0.60	8.42	8.54	-0.01	1.44
115	0	5	6.6	15	20	0.58	0.57	8.25	8.30	-1.72	0.61
116	0	5	6.6	15	22	0.57	0.55	8.12	8.07	-2.75	-0.54
117	0	5	6.6	25	16	1.52	1.58	12.51	12.36	4.01	-1.22
118	0	5	6.6	25	18	1.47	1.51	12.21	11.92	2.59	-2.41
119	0	5	6.6	25	20	1.43	1.44	11.97	11.59	0.84	-3.21
120	0	5	6.6	25	22	1.40	1.39	11.77	11.27	-0.22	-4.31
121	0	5	6.6	35	16	3.28	3.08	18.74	18.31	-6.01	-2.28
122	0	5	6.6	35	18	3.17	2.94	18.29	17.66	-7.29	-3.45
123	0	5	6.6	35	20	3.08	2.81	17.93	17.17	-8.87	-4.24
124	0	5	6.6	35	22	3.01	2.72	17.63	16.69	-9.83	-5.34

125	0	5	6.6	45	16	6.93	7.25	29.60	30.31	4.64	2.40
126	0	5	6.6	45	18	6.70	6.91	28.89	29.23	3.22	1.18
127	0	5	6.6	45	20	6.52	6.61	28.32	28.42	1.46	0.35
128	0	5	6.6	45	22	6.37	6.39	27.85	27.63	0.39	-0.80
129	0	7	1.2	15	16	0.09	0.09	0.16	0.16	-4.09	-1.54
130	0	7	1.2	15	18	0.08	0.08	0.15	0.15	-1.10	1.29
131	0	7	1.2	15	20	0.08	0.08	0.14	0.15	1.11	4.05
132	0	7	1.2	15	22	0.07	0.08	0.14	0.15	3.62	6.07
133	0	7	1.2	25	16	0.22	0.22	0.24	0.22	-1.59	-5.27
134	0	7	1.2	25	18	0.20	0.21	0.22	0.22	1.48	-2.55
135	0	7	1.2	25	20	0.19	0.20	0.21	0.21	3.74	0.10
136	0	7	1.2	25	22	0.18	0.19	0.20	0.20	6.32	2.04
137	0	7	1.2	35	16	0.47	0.42	0.35	0.33	-11.07	-6.28
138	0	7	1.2	35	18	0.44	0.40	0.33	0.32	-8.30	-3.59
139	0	7	1.2	35	20	0.41	0.38	0.31	0.31	-6.25	-0.97
140	0	7	1.2	35	22	0.39	0.37	0.30	0.30	-3.92	0.95
141	0	7	1.2	45	16	1.00	0.99	0.56	0.55	-0.99	-1.79
142	0	7	1.2	45	18	0.92	0.94	0.52	0.53	2.09	1.03
143	0	7	1.2	45	20	0.86	0.90	0.49	0.51	4.37	3.78
144	0	7	1.2	45	22	0.82	0.87	0.47	0.50	6.97	5.79
145	0	7	3	15	16	0.21	0.21	0.93	0.95	2.43	2.58
146	0	7	3	15	18	0.20	0.20	0.90	0.92	2.36	2.32
147	0	7	3	15	20	0.19	0.19	0.87	0.89	1.75	2.29
148	0	7	3	15	22	0.18	0.19	0.85	0.87	1.66	1.82
149	0	7	3	25	16	0.51	0.53	1.35	1.33	5.10	-1.31
150	0	7	3	25	18	0.48	0.51	1.30	1.28	5.03	-1.56
151	0	7	3	25	20	0.47	0.49	1.27	1.25	4.40	-1.58
152	0	7	3	25	22	0.45	0.47	1.24	1.21	4.31	-2.04
153	0	7	3	35	16	1.09	1.04	2.02	1.97	-5.03	-2.36
154	0	7	3	35	18	1.04	0.99	1.95	1.90	-5.09	-2.62
155	0	7	3	35	20	1.00	0.95	1.90	1.85	-5.66	-2.64
156	0	7	3	35	22	0.97	0.92	1.86	1.80	-5.74	-3.09
157	0	7	3	45	16	2.31	2.44	3.19	3.27	5.74	2.32
158	0	7	3	45	18	2.21	2.33	3.09	3.15	5.67	2.05
159	0	7	3	45	20	2.12	2.23	3.00	3.06	5.04	2.03
160	0	7	3	45	22	2.06	2.16	2.93	2.98	4.95	1.55
161	0	7	4.8	15	16	0.32	0.31	2.34	2.41	-3.77	3.07
162	0	7	4.8	15	18	0.31	0.30	2.28	2.33	-4.65	2.15
163	0	7	4.8	15	20	0.30	0.28	2.23	2.26	-5.91	1.57
164	0	7	4.8	15	22	0.29	0.27	2.19	2.20	-6.59	0.63
165	0	7	4.8	25	16	0.79	0.78	3.40	3.37	-1.26	-0.84
166	0	7	4.8	25	18	0.77	0.75	3.31	3.25	-2.16	-1.73
167	0	7	4.8	25	20	0.74	0.72	3.23	3.16	-3.46	-2.28
168	0	7	4.8	25	22	0.72	0.69	3.17	3.07	-4.15	-3.18
169	0	7	4.8	35	16	1.72	1.53	5.09	4.99	-10.78	-1.90
170	0	7	4.8	35	18	1.65	1.46	4.95	4.81	-11.59	-2.78
171	0	7	4.8	35	20	1.60	1.40	4.84	4.68	-12.76	-3.32
172	0	7	4.8	35	22	1.56	1.35	4.75	4.55	-13.39	-4.22
173	0	7	4.8	45	16	3.63	3.60	8.04	8.26	-0.66	2.80
174	0	7	4.8	45	18	3.49	3.44	7.82	7.97	-1.56	1.88
175	0	7	4.8	45	20	3.38	3.29	7.65	7.75	-2.87	1.31
176	0	7	4.8	45	22	3.30	3.18	7.50	7.53	-3.57	0.37
177	0	7	6.6	15	16	0.44	0.46	4.40	4.52	4.07	2.73
178	0	7	6.6	15	18	0.42	0.44	4.29	4.36	2.72	1.54
179	0	7	6.6	15	20	0.41	0.42	4.20	4.24	1.02	0.75
180	0	7	6.6	15	22	0.40	0.40	4.13	4.12	0.00	-0.38
181	0	7	6.6	25	16	1.08	1.16	6.38	6.31	6.78	-1.16
182	0	7	6.6	25	18	1.05	1.10	6.22	6.08	5.39	-2.31
183	0	7	6.6	25	20	1.02	1.06	6.10	5.91	3.65	-3.07
184	0	7	6.6	25	22	0.99	1.02	6.00	5.75	2.60	-4.16
185	0	7	6.6	35	16	2.34	2.25	9.56	9.34	-3.51	-2.22
186	0	7	6.6	35	18	2.26	2.15	9.32	9.01	-4.76	-3.36
187	0	7	6.6	35	20	2.20	2.06	9.14	8.76	-6.34	-4.11
188	0	7	6.6	35	22	2.15	1.99	8.98	8.52	-7.28	-5.18
189	0	7	6.6	45	16	4.94	5.31	15.09	15.47	7.43	2.47
190	0	7	6.6	45	18	4.78	5.06	14.72	14.91	6.03	1.28
191	0	7	6.6	45	20	4.64	4.84	14.43	14.50	4.28	0.49
192	0	7	6.6	45	22	4.54	4.68	14.19	14.10	3.23	-0.63
193	0	9	1.2	15	16	0.07	0.06	0.10	0.10	-9.07	-1.24

194	0	9	1.2	15	18	0.06	0.06	0.09	0.09	-5.91	2.04
195	0	9	1.2	15	20	0.06	0.06	0.09	0.09	-3.50	5.23
196	0	9	1.2	15	22	0.06	0.06	0.08	0.09	-0.80	7.65
197	0	9	1.2	25	16	0.17	0.16	0.14	0.14	-6.70	-4.98
198	0	9	1.2	25	18	0.16	0.15	0.13	0.13	-3.46	-1.83
199	0	9	1.2	25	20	0.15	0.14	0.13	0.13	-0.98	1.24
200	0	9	1.2	25	22	0.14	0.14	0.12	0.12	1.78	3.57
201	0	9	1.2	35	16	0.36	0.31	0.21	0.20	-15.69	-6.00
202	0	9	1.2	35	18	0.34	0.29	0.20	0.19	-12.76	-2.88
203	0	9	1.2	35	20	0.31	0.28	0.19	0.19	-10.52	0.15
204	0	9	1.2	35	22	0.29	0.27	0.18	0.18	-8.02	2.46
205	0	9	1.2	45	16	0.77	0.72	0.34	0.33	-6.14	-1.49
206	0	9	1.2	45	18	0.71	0.69	0.32	0.32	-2.87	1.78
207	0	9	1.2	45	20	0.66	0.66	0.30	0.31	-0.38	4.96
208	0	9	1.2	45	22	0.62	0.64	0.28	0.30	2.40	7.38
209	0	9	3	15	16	0.16	0.15	0.56	0.58	-3.27	3.30
210	0	9	3	15	18	0.15	0.15	0.54	0.56	-3.20	3.15
211	0	9	3	15	20	0.15	0.14	0.53	0.54	-3.67	3.23
212	0	9	3	15	22	0.14	0.14	0.52	0.53	-3.65	2.84
213	0	9	3	25	16	0.39	0.39	0.82	0.81	-0.75	-0.62
214	0	9	3	25	18	0.37	0.37	0.79	0.78	-0.68	-0.76
215	0	9	3	25	20	0.36	0.36	0.77	0.76	-1.16	-0.68
216	0	9	3	25	22	0.35	0.34	0.75	0.74	-1.14	-1.06
217	0	9	3	35	16	0.85	0.76	1.22	1.20	-10.31	-1.68
218	0	9	3	35	18	0.81	0.73	1.18	1.16	-10.25	-1.82
219	0	9	3	35	20	0.78	0.69	1.15	1.13	-10.68	-1.74
220	0	9	3	35	22	0.75	0.67	1.12	1.10	-10.66	-2.12
221	0	9	3	45	16	1.79	1.79	1.93	1.99	-0.14	3.03
222	0	9	3	45	18	1.71	1.71	1.86	1.92	-0.08	2.89
223	0	9	3	45	20	1.64	1.63	1.81	1.86	-0.56	2.97
224	0	9	3	45	22	1.59	1.58	1.77	1.81	-0.54	2.58
225	0	9	4.8	15	16	0.25	0.23	1.42	1.47	-9.23	3.81
226	0	9	4.8	15	18	0.24	0.22	1.38	1.42	-9.97	2.94
227	0	9	4.8	15	20	0.23	0.21	1.35	1.38	-11.10	2.42
228	0	9	4.8	15	22	0.23	0.20	1.32	1.34	-11.69	1.52
229	0	9	4.8	25	16	0.62	0.57	2.05	2.05	-6.86	-0.13
230	0	9	4.8	25	18	0.59	0.55	2.00	1.98	-7.63	-0.96
231	0	9	4.8	25	20	0.57	0.52	1.95	1.92	-8.78	-1.46
232	0	9	4.8	25	22	0.56	0.51	1.91	1.87	-9.38	-2.33
233	0	9	4.8	35	16	1.33	1.12	3.08	3.04	-15.83	-1.20
234	0	9	4.8	35	18	1.28	1.07	2.99	2.93	-16.53	-2.02
235	0	9	4.8	35	20	1.24	1.02	2.92	2.85	-17.57	-2.52
236	0	9	4.8	35	22	1.21	0.99	2.87	2.77	-18.11	-3.38
237	0	9	4.8	45	16	2.81	2.64	4.86	5.03	-6.29	3.54
238	0	9	4.8	45	18	2.71	2.52	4.73	4.85	-7.06	2.68
239	0	9	4.8	45	20	2.62	2.41	4.62	4.72	-8.23	2.16
240	0	9	4.8	45	22	2.55	2.33	4.53	4.59	-8.83	1.26
241	0	9	6.6	15	16	0.34	0.34	2.66	2.75	-1.88	3.46
242	0	9	6.6	15	18	0.33	0.32	2.59	2.65	-3.09	2.31
243	0	9	6.6	15	20	0.32	0.31	2.54	2.58	-4.65	1.54
244	0	9	6.6	15	22	0.31	0.30	2.50	2.51	-5.57	0.44
245	0	9	6.6	25	16	0.84	0.85	3.86	3.84	0.68	-0.46
246	0	9	6.6	25	18	0.81	0.81	3.76	3.70	-0.57	-1.57
247	0	9	6.6	25	20	0.79	0.77	3.69	3.60	-2.16	-2.31
248	0	9	6.6	25	22	0.77	0.75	3.62	3.50	-3.11	-3.37
249	0	9	6.6	35	16	1.81	1.65	5.78	5.69	-9.02	-1.52
250	0	9	6.6	35	18	1.75	1.58	5.63	5.49	-10.15	-2.62
251	0	9	6.6	35	20	1.70	1.51	5.52	5.33	-11.59	-3.35
252	0	9	6.6	35	22	1.66	1.46	5.43	5.19	-12.44	-4.40
253	0	9	6.6	45	16	3.84	3.89	9.13	9.42	1.29	3.20
254	0	9	6.6	45	18	3.71	3.71	8.90	9.08	0.04	2.05
255	0	9	6.6	45	20	3.60	3.55	8.72	8.83	-1.57	1.28
256	0	9	6.6	45	22	3.52	3.43	8.57	8.59	-2.52	0.18
257	0.5	3	1.2	15	16	0.22	0.21	0.88	0.88	-2.78	-0.31
258	0.5	3	1.2	15	18	0.20	0.20	0.84	0.85	-0.61	1.68
259	0.5	3	1.2	15	20	0.19	0.19	0.80	0.83	0.80	3.65
260	0.5	3	1.2	15	22	0.18	0.18	0.77	0.80	2.56	4.93
261	0.5	3	1.2	25	16	0.53	0.53	1.28	1.23	-0.24	-4.09
262	0.5	3	1.2	25	18	0.50	0.50	1.21	1.19	1.98	-2.18

263	0.5	3	1.2	25	20	0.45	0.48	1.16	1.15	6.41	-0.28
264	0.5	3	1.2	25	22	0.43	0.47	1.11	1.12	8.42	0.96
265	0.5	3	1.2	35	16	1.14	1.03	1.92	1.82	-9.86	-5.12
266	0.5	3	1.2	35	18	1.07	0.98	1.82	1.76	-7.85	-3.22
267	0.5	3	1.2	35	20	1.01	0.94	1.73	1.71	-6.53	-1.35
268	0.5	3	1.2	35	22	0.96	0.91	1.66	1.66	-4.91	-0.12
269	0.5	3	1.2	45	16	2.42	2.43	3.04	3.02	0.36	-0.57
270	0.5	3	1.2	45	18	2.26	2.32	2.87	2.91	2.60	1.42
271	0.5	3	1.2	45	20	2.13	2.22	2.74	2.83	4.06	3.38
272	0.5	3	1.2	45	22	2.02	2.14	2.63	2.75	5.87	4.67
273	0.5	3	3	15	16	0.50	0.52	5.11	5.26	4.42	3.00
274	0.5	3	3	15	18	0.48	0.49	4.95	5.07	3.94	2.48
275	0.5	3	3	15	20	0.46	0.47	4.82	4.93	2.97	2.24
276	0.5	3	3	15	22	0.45	0.46	4.72	4.79	2.58	1.57
277	0.5	3	3	25	16	1.22	1.31	7.41	7.34	7.14	-0.91
278	0.5	3	3	25	18	1.17	1.25	7.18	7.08	6.65	-1.41
279	0.5	3	3	25	20	1.10	1.19	7.00	6.88	8.78	-1.64
280	0.5	3	3	25	22	1.07	1.16	6.85	6.69	8.46	-2.28
281	0.5	3	3	35	16	2.64	2.55	11.09	10.87	-3.19	-1.97
282	0.5	3	3	35	18	2.53	2.44	10.75	10.49	-3.63	-2.47
283	0.5	3	3	35	20	2.44	2.33	10.48	10.19	-4.53	-2.69
284	0.5	3	3	35	22	2.37	2.25	10.25	9.91	-4.89	-3.32
285	0.5	3	3	45	16	5.58	6.01	17.52	18.00	7.79	2.73
286	0.5	3	3	45	18	5.34	5.73	16.98	17.36	7.30	2.21
287	0.5	3	3	45	20	5.16	5.48	16.55	16.87	6.29	1.97
288	0.5	3	3	45	22	5.01	5.30	16.19	16.41	5.89	1.31
289	0.5	3	4.8	15	16	0.78	0.76	12.86	13.30	-1.76	3.43
290	0.5	3	4.8	15	18	0.75	0.73	12.53	12.83	-2.91	2.37
291	0.5	3	4.8	15	20	0.73	0.70	12.27	12.47	-4.42	1.67
292	0.5	3	4.8	15	22	0.71	0.67	12.05	12.13	-5.29	0.63
293	0.5	3	4.8	25	16	1.91	1.93	18.66	18.57	0.81	-0.49
294	0.5	3	4.8	25	18	1.85	1.84	18.18	17.90	-0.38	-1.51
295	0.5	3	4.8	25	20	1.74	1.76	17.80	17.41	1.00	-2.18
296	0.5	3	4.8	25	22	1.70	1.70	17.48	16.93	0.15	-3.19
297	0.5	3	4.8	35	16	4.13	3.76	27.94	27.51	-8.91	-1.55
298	0.5	3	4.8	35	18	3.99	3.59	27.23	26.53	-9.98	-2.57
299	0.5	3	4.8	35	20	3.87	3.43	26.65	25.79	-11.37	-3.23
300	0.5	3	4.8	35	22	3.78	3.32	26.18	25.08	-12.19	-4.22
301	0.5	3	4.8	45	16	8.73	8.85	44.13	45.53	1.42	3.17
302	0.5	3	4.8	45	18	8.43	8.45	43.00	43.91	0.23	2.10
303	0.5	3	4.8	45	20	8.19	8.08	42.10	42.69	-1.33	1.41
304	0.5	3	4.8	45	22	7.99	7.81	41.35	41.51	-2.23	0.37
305	0.5	3	6.6	15	16	1.06	1.12	24.15	24.90	6.32	3.10
306	0.5	3	6.6	15	18	1.02	1.07	23.59	24.01	4.72	1.80
307	0.5	3	6.6	15	20	1.00	1.03	23.13	23.35	2.80	0.92
308	0.5	3	6.6	15	22	0.98	0.99	22.76	22.70	1.61	-0.27
309	0.5	3	6.6	25	16	2.61	2.84	35.04	34.75	9.10	-0.81
310	0.5	3	6.6	25	18	2.52	2.71	34.22	33.51	7.45	-2.06
311	0.5	3	6.6	25	20	2.39	2.59	33.56	32.58	8.64	-2.90
312	0.5	3	6.6	25	22	2.33	2.51	33.02	31.68	7.45	-4.05
313	0.5	3	6.6	35	16	5.62	5.54	52.47	51.49	-1.42	-1.87
314	0.5	3	6.6	35	18	5.45	5.29	51.24	49.65	-2.90	-3.10
315	0.5	3	6.6	35	20	5.31	5.06	50.26	48.28	-4.68	-3.94
316	0.5	3	6.6	35	22	5.19	4.89	49.45	46.94	-5.79	-5.08
317	0.5	3	6.6	45	16	11.88	13.04	82.88	85.23	9.76	2.84
318	0.5	3	6.6	45	18	11.51	12.45	80.94	82.19	8.10	1.54
319	0.5	3	6.6	45	20	11.22	11.90	79.38	79.91	6.12	0.66
320	0.5	3	6.6	45	22	10.97	11.51	78.11	77.70	4.89	-0.53
321	0.5	5	1.2	15	16	0.13	0.12	0.32	0.31	-5.04	-1.01
322	0.5	5	1.2	15	18	0.12	0.11	0.30	0.30	-2.42	1.41
323	0.5	5	1.2	15	20	0.11	0.11	0.28	0.29	-0.55	3.78
324	0.5	5	1.2	15	22	0.10	0.10	0.27	0.29	1.62	5.44
325	0.5	5	1.2	25	16	0.31	0.30	0.46	0.44	-2.56	-4.76
326	0.5	5	1.2	25	18	0.29	0.29	0.43	0.42	0.13	-2.44
327	0.5	5	1.2	25	20	0.27	0.27	0.41	0.41	2.04	-0.15
328	0.5	5	1.2	25	22	0.25	0.27	0.39	0.40	4.27	1.44
329	0.5	5	1.2	35	16	0.67	0.59	0.69	0.65	-11.95	-5.78
330	0.5	5	1.2	35	18	0.62	0.56	0.65	0.63	-9.52	-3.48
331	0.5	5	1.2	35	20	0.58	0.53	0.62	0.61	-7.79	-1.22

332	0.5	5	1.2	35	22	0.55	0.52	0.59	0.59	-5.78	0.35
333	0.5	5	1.2	45	16	1.41	1.38	1.09	1.08	-1.97	-1.26
334	0.5	5	1.2	45	18	1.31	1.32	1.03	1.04	0.74	1.15
335	0.5	5	1.2	45	20	1.23	1.26	0.97	1.01	2.66	3.51
336	0.5	5	1.2	45	22	1.16	1.22	0.93	0.98	4.90	5.17
337	0.5	5	3	15	16	0.29	0.29	1.82	1.87	1.81	2.73
338	0.5	5	3	15	18	0.28	0.28	1.77	1.81	1.61	2.35
339	0.5	5	3	15	20	0.27	0.27	1.72	1.76	0.88	2.23
340	0.5	5	3	15	22	0.26	0.26	1.68	1.71	0.69	1.66
341	0.5	5	3	25	16	0.71	0.74	2.65	2.61	4.47	-1.17
342	0.5	5	3	25	18	0.68	0.71	2.56	2.52	4.25	-1.53
343	0.5	5	3	25	20	0.66	0.68	2.49	2.45	3.51	-1.65
344	0.5	5	3	25	22	0.63	0.66	2.44	2.38	3.31	-2.19
345	0.5	5	3	35	16	1.54	1.45	3.96	3.87	-5.60	-2.22
346	0.5	5	3	35	18	1.47	1.38	3.83	3.74	-5.79	-2.59
347	0.5	5	3	35	20	1.41	1.32	3.73	3.63	-6.47	-2.70
348	0.5	5	3	35	22	1.37	1.28	3.65	3.53	-6.64	-3.24
349	0.5	5	3	45	16	3.25	3.41	6.26	6.41	5.10	2.47
350	0.5	5	3	45	18	3.10	3.26	6.06	6.18	4.89	2.08
351	0.5	5	3	45	20	2.99	3.11	5.90	6.01	4.14	1.96
352	0.5	5	3	45	22	2.90	3.01	5.76	5.85	3.94	1.40
353	0.5	5	4.8	15	16	0.45	0.43	4.59	4.74	-4.25	3.20
354	0.5	5	4.8	15	18	0.44	0.41	4.47	4.57	-5.20	2.21
355	0.5	5	4.8	15	20	0.42	0.40	4.37	4.44	-6.52	1.59
356	0.5	5	4.8	15	22	0.41	0.38	4.29	4.32	-7.26	0.60
357	0.5	5	4.8	25	16	1.11	1.10	6.66	6.62	-1.75	-0.72
358	0.5	5	4.8	25	18	1.07	1.05	6.49	6.38	-2.73	-1.66
359	0.5	5	4.8	25	20	1.04	1.00	6.35	6.20	-4.09	-2.26
360	0.5	5	4.8	25	22	1.02	0.97	6.23	6.03	-4.84	-3.21
361	0.5	5	4.8	35	16	2.41	2.14	9.98	9.80	-11.22	-1.78
362	0.5	5	4.8	35	18	2.32	2.04	9.71	9.45	-12.10	-2.72
363	0.5	5	4.8	35	20	2.25	1.95	9.50	9.19	-13.33	-3.31
364	0.5	5	4.8	35	22	2.19	1.88	9.33	8.93	-14.01	-4.25
365	0.5	5	4.8	45	16	5.09	5.03	15.76	16.22	-1.16	2.93
366	0.5	5	4.8	45	18	4.90	4.80	15.34	15.64	-2.14	1.95
367	0.5	5	4.8	45	20	4.75	4.59	15.01	15.21	-3.50	1.33
368	0.5	5	4.8	45	22	4.63	4.44	14.74	14.79	-4.26	0.34
369	0.5	5	6.6	15	16	0.62	0.64	8.62	8.87	3.60	2.86
370	0.5	5	6.6	15	18	0.60	0.61	8.42	8.55	2.19	1.63
371	0.5	5	6.6	15	20	0.58	0.58	8.25	8.32	0.45	0.80
372	0.5	5	6.6	15	22	0.57	0.56	8.12	8.09	-0.61	-0.35
373	0.5	5	6.6	25	16	1.52	1.61	12.51	12.38	6.30	-1.04
374	0.5	5	6.6	25	18	1.47	1.54	12.21	11.94	4.86	-2.22
375	0.5	5	6.6	25	20	1.43	1.47	11.97	11.61	3.07	-3.02
376	0.5	5	6.6	25	22	1.40	1.42	11.77	11.29	1.98	-4.13
377	0.5	5	6.6	35	16	3.28	3.15	18.74	18.35	-3.94	-2.10
378	0.5	5	6.6	35	18	3.17	3.00	18.29	17.69	-5.25	-3.27
379	0.5	5	6.6	35	20	3.08	2.87	17.93	17.20	-6.86	-4.06
380	0.5	5	6.6	35	22	3.01	2.78	17.63	16.72	-7.84	-5.16
381	0.5	5	6.6	45	16	6.93	7.41	29.60	30.37	6.95	2.60
382	0.5	5	6.6	45	18	6.70	7.07	28.89	29.28	5.49	1.37
383	0.5	5	6.6	45	20	6.52	6.76	28.32	28.47	3.69	0.54
384	0.5	5	6.6	45	22	6.37	6.53	27.85	27.68	2.60	-0.61
385	0.5	7	1.2	15	16	0.09	0.09	0.16	0.16	-0.90	-1.35
386	0.5	7	1.2	15	18	0.08	0.08	0.15	0.15	2.28	1.48
387	0.5	7	1.2	15	20	0.08	0.08	0.14	0.15	4.65	4.24
388	0.5	7	1.2	15	22	0.07	0.08	0.14	0.15	7.33	6.27
389	0.5	7	1.2	25	16	0.22	0.22	0.24	0.22	1.68	-5.09
390	0.5	7	1.2	25	18	0.20	0.21	0.22	0.22	4.94	-2.36
391	0.5	7	1.2	25	20	0.19	0.20	0.21	0.21	6.03	0.29
392	0.5	7	1.2	25	22	0.18	0.19	0.20	0.20	8.66	2.24
393	0.5	7	1.2	35	16	0.47	0.43	0.35	0.33	-8.11	-6.10
394	0.5	7	1.2	35	18	0.43	0.41	0.33	0.32	-5.17	-3.41
395	0.5	7	1.2	35	20	0.40	0.39	0.31	0.31	-2.97	-0.78
396	0.5	7	1.2	35	22	0.38	0.38	0.30	0.30	-0.48	1.14
397	0.5	7	1.2	45	16	0.99	1.01	0.56	0.55	2.30	-1.60
398	0.5	7	1.2	45	18	0.91	0.96	0.52	0.53	5.58	1.22
399	0.5	7	1.2	45	20	0.85	0.92	0.49	0.51	8.03	3.98
400	0.5	7	1.2	45	22	0.80	0.89	0.47	0.50	10.80	5.99

401	0.5	7	3	15	16	0.20	0.22	0.93	0.96	5.93	2.78
402	0.5	7	3	15	18	0.19	0.21	0.90	0.92	5.92	2.51
403	0.5	7	3	15	20	0.19	0.20	0.87	0.90	5.34	2.49
404	0.5	7	3	15	22	0.18	0.19	0.85	0.87	5.29	2.01
405	0.5	7	3	25	16	0.50	0.54	1.35	1.33	8.70	-1.12
406	0.5	7	3	25	18	0.48	0.52	1.30	1.29	8.68	-1.38
407	0.5	7	3	25	20	0.47	0.50	1.27	1.25	6.70	-1.40
408	0.5	7	3	25	22	0.45	0.48	1.24	1.22	6.61	-1.86
409	0.5	7	3	35	16	1.08	1.06	2.02	1.98	-1.78	-2.18
410	0.5	7	3	35	18	1.03	1.01	1.95	1.91	-1.79	-2.43
411	0.5	7	3	35	20	0.99	0.97	1.90	1.85	-2.33	-2.45
412	0.5	7	3	35	22	0.96	0.94	1.86	1.80	-2.37	-2.91
413	0.5	7	3	45	16	2.28	2.50	3.19	3.27	9.36	2.51
414	0.5	7	3	45	18	2.18	2.38	3.09	3.16	9.35	2.25
415	0.5	7	3	45	20	2.10	2.28	3.00	3.07	8.74	2.23
416	0.5	7	3	45	22	2.03	2.20	2.93	2.98	8.70	1.75
417	0.5	7	4.8	15	16	0.32	0.32	2.34	2.42	-0.46	3.26
418	0.5	7	4.8	15	18	0.31	0.30	2.28	2.33	-1.31	2.34
419	0.5	7	4.8	15	20	0.30	0.29	2.23	2.27	-2.58	1.77
420	0.5	7	4.8	15	22	0.29	0.28	2.19	2.20	-3.25	0.82
421	0.5	7	4.8	25	16	0.79	0.80	3.40	3.38	2.14	-0.65
422	0.5	7	4.8	25	18	0.76	0.77	3.31	3.25	1.26	-1.54
423	0.5	7	4.8	25	20	0.74	0.73	3.23	3.16	-1.33	-2.09
424	0.5	7	4.8	25	22	0.72	0.71	3.17	3.08	-2.04	-3.00
425	0.5	7	4.8	35	16	1.69	1.56	5.09	5.00	-7.70	-1.72
426	0.5	7	4.8	35	18	1.63	1.49	4.95	4.82	-8.50	-2.59
427	0.5	7	4.8	35	20	1.58	1.43	4.84	4.69	-9.67	-3.14
428	0.5	7	4.8	35	22	1.54	1.38	4.75	4.56	-10.29	-4.04
429	0.5	7	4.8	45	16	3.58	3.68	8.04	8.28	2.76	3.00
430	0.5	7	4.8	45	18	3.45	3.51	7.82	7.98	1.87	2.08
431	0.5	7	4.8	45	20	3.34	3.36	7.65	7.76	0.57	1.51
432	0.5	7	4.8	45	22	3.25	3.25	7.50	7.55	-0.12	0.57
433	0.5	7	6.6	15	16	0.43	0.47	4.40	4.53	7.66	2.92
434	0.5	7	6.6	15	18	0.42	0.45	4.29	4.37	6.31	1.73
435	0.5	7	6.6	15	20	0.41	0.43	4.20	4.24	4.59	0.94
436	0.5	7	6.6	15	22	0.40	0.41	4.13	4.13	3.57	-0.19
437	0.5	7	6.6	25	16	1.07	1.18	6.38	6.32	10.47	-0.98
438	0.5	7	6.6	25	18	1.03	1.13	6.22	6.09	9.08	-2.12
439	0.5	7	6.6	25	20	1.02	1.08	6.10	5.92	5.93	-2.89
440	0.5	7	6.6	25	22	0.99	1.04	6.00	5.76	4.87	-3.97
441	0.5	7	6.6	35	16	2.31	2.30	9.56	9.36	-0.17	-2.04
442	0.5	7	6.6	35	18	2.23	2.20	9.32	9.03	-1.43	-3.17
443	0.5	7	6.6	35	20	2.17	2.10	9.14	8.78	-3.02	-3.93
444	0.5	7	6.6	35	22	2.12	2.03	8.98	8.53	-3.97	-5.00
445	0.5	7	6.6	45	16	4.88	5.42	15.09	15.50	11.14	2.66
446	0.5	7	6.6	45	18	4.72	5.18	14.72	14.94	9.75	1.47
447	0.5	7	6.6	45	20	4.58	4.95	14.43	14.53	7.97	0.68
448	0.5	7	6.6	45	22	4.48	4.79	14.19	14.13	6.91	-0.45
449	0.5	9	1.2	15	16	0.07	0.06	0.10	0.10	-5.47	-1.05
450	0.5	9	1.2	15	18	0.06	0.06	0.09	0.09	-2.04	2.23
451	0.5	9	1.2	15	20	0.06	0.06	0.09	0.09	0.61	5.43
452	0.5	9	1.2	15	22	0.05	0.06	0.08	0.09	3.55	7.86
453	0.5	9	1.2	25	16	0.17	0.16	0.14	0.14	-3.01	-4.80
454	0.5	9	1.2	25	18	0.15	0.15	0.13	0.13	0.51	-1.64
455	0.5	9	1.2	25	20	0.15	0.15	0.13	0.13	1.20	1.43
456	0.5	9	1.2	25	22	0.14	0.14	0.12	0.12	4.03	3.77
457	0.5	9	1.2	35	16	0.36	0.31	0.21	0.20	-12.35	-5.82
458	0.5	9	1.2	35	18	0.33	0.30	0.20	0.19	-9.17	-2.70
459	0.5	9	1.2	35	20	0.31	0.29	0.19	0.19	-6.72	0.35
460	0.5	9	1.2	35	22	0.29	0.28	0.18	0.18	-3.99	2.66
461	0.5	9	1.2	45	16	0.76	0.74	0.34	0.33	-2.42	-1.30
462	0.5	9	1.2	45	18	0.70	0.71	0.32	0.32	1.12	1.97
463	0.5	9	1.2	45	20	0.65	0.67	0.30	0.31	3.86	5.16
464	0.5	9	1.2	45	22	0.61	0.65	0.28	0.30	6.90	7.58
465	0.5	9	3	15	16	0.16	0.16	0.56	0.58	0.70	3.50
466	0.5	9	3	15	18	0.15	0.15	0.54	0.56	0.87	3.35
467	0.5	9	3	15	20	0.14	0.14	0.53	0.55	0.46	3.43
468	0.5	9	3	15	22	0.14	0.14	0.52	0.53	0.55	3.04
469	0.5	9	3	25	16	0.39	0.40	0.82	0.81	3.33	-0.43

470	0.5	9	3	25	18	0.37	0.38	0.79	0.78	3.49	-0.57
471	0.5	9	3	25	20	0.36	0.36	0.77	0.76	1.02	-0.49
472	0.5	9	3	25	22	0.35	0.35	0.75	0.74	1.04	-0.87
473	0.5	9	3	35	16	0.83	0.78	1.22	1.20	-6.63	-1.49
474	0.5	9	3	35	18	0.79	0.74	1.18	1.16	-6.48	-1.63
475	0.5	9	3	35	20	0.76	0.71	1.15	1.13	-6.85	-1.56
476	0.5	9	3	35	22	0.74	0.69	1.12	1.10	-6.77	-1.93
477	0.5	9	3	45	16	1.76	1.83	1.93	1.99	3.96	3.23
478	0.5	9	3	45	18	1.68	1.75	1.86	1.92	4.12	3.08
479	0.5	9	3	45	20	1.61	1.67	1.81	1.87	3.71	3.17
480	0.5	9	3	45	22	1.56	1.61	1.77	1.82	3.80	2.77
481	0.5	9	4.8	15	16	0.25	0.23	1.42	1.47	-5.46	4.00
482	0.5	9	4.8	15	18	0.24	0.22	1.38	1.42	-6.17	3.14
483	0.5	9	4.8	15	20	0.23	0.21	1.35	1.38	-7.28	2.62
484	0.5	9	4.8	15	22	0.22	0.21	1.32	1.34	-7.84	1.71
485	0.5	9	4.8	25	16	0.61	0.59	2.05	2.06	-2.99	0.06
486	0.5	9	4.8	25	18	0.58	0.56	2.00	1.98	-3.72	-0.77
487	0.5	9	4.8	25	20	0.57	0.54	1.95	1.93	-6.77	-1.27
488	0.5	9	4.8	25	22	0.56	0.52	1.91	1.87	-7.38	-2.14
489	0.5	9	4.8	35	16	1.31	1.15	3.08	3.05	-12.34	-1.01
490	0.5	9	4.8	35	18	1.26	1.09	2.99	2.94	-13.00	-1.83
491	0.5	9	4.8	35	20	1.22	1.05	2.92	2.86	-14.03	-2.33
492	0.5	9	4.8	35	22	1.18	1.01	2.87	2.78	-14.55	-3.19
493	0.5	9	4.8	45	16	2.76	2.70	4.86	5.04	-2.40	3.74
494	0.5	9	4.8	45	18	2.66	2.57	4.73	4.86	-3.14	2.88
495	0.5	9	4.8	45	20	2.57	2.46	4.62	4.73	-4.29	2.35
496	0.5	9	4.8	45	22	2.50	2.38	4.53	4.60	-4.86	1.45
497	0.5	9	6.6	15	16	0.34	0.34	2.66	2.76	2.21	3.66
498	0.5	9	6.6	15	18	0.32	0.33	2.59	2.66	1.01	2.50
499	0.5	9	6.6	15	20	0.31	0.31	2.54	2.58	-0.55	1.74
500	0.5	9	6.6	15	22	0.31	0.30	2.50	2.51	-1.46	0.63
501	0.5	9	6.6	25	16	0.83	0.87	3.86	3.85	4.87	-0.27
502	0.5	9	6.6	25	18	0.80	0.83	3.76	3.71	3.64	-1.38
503	0.5	9	6.6	25	20	0.79	0.79	3.69	3.61	-0.01	-2.12
504	0.5	9	6.6	25	22	0.77	0.76	3.62	3.51	-0.97	-3.18
505	0.5	9	6.6	35	16	1.78	1.69	5.78	5.70	-5.23	-1.34
506	0.5	9	6.6	35	18	1.72	1.61	5.63	5.50	-6.34	-2.44
507	0.5	9	6.6	35	20	1.67	1.54	5.52	5.35	-7.79	-3.17
508	0.5	9	6.6	35	22	1.63	1.49	5.43	5.20	-8.63	-4.22
509	0.5	9	6.6	45	16	3.76	3.97	9.13	9.44	5.51	3.39
510	0.5	9	6.6	45	18	3.63	3.79	8.90	9.10	4.28	2.24
511	0.5	9	6.6	45	20	3.53	3.62	8.72	8.85	2.66	1.48
512	0.5	9	6.6	45	22	3.45	3.50	8.57	8.60	1.72	0.37
513	1	3	1.2	15	16	0.23	0.22	0.90	0.89	-5.18	-0.98
514	1	3	1.2	15	18	0.21	0.21	0.85	0.86	-3.48	0.90
515	1	3	1.2	15	20	0.20	0.20	0.81	0.84	-2.47	2.77
516	1	3	1.2	15	22	0.19	0.19	0.78	0.81	-1.12	3.96
517	1	3	1.2	25	16	0.56	0.55	1.31	1.24	-2.71	-4.73
518	1	3	1.2	25	18	0.53	0.52	1.24	1.20	-0.96	-2.93
519	1	3	1.2	25	20	0.45	0.50	1.18	1.17	10.27	-1.13
520	1	3	1.2	25	22	0.43	0.48	1.13	1.13	12.35	0.02
521	1	3	1.2	35	16	1.22	1.07	1.96	1.84	-12.09	-5.75
522	1	3	1.2	35	18	1.14	1.02	1.85	1.78	-10.51	-3.97
523	1	3	1.2	35	20	1.08	0.98	1.77	1.73	-9.57	-2.19
524	1	3	1.2	35	22	1.03	0.94	1.70	1.68	-8.32	-1.05
525	1	3	1.2	45	16	2.57	2.52	3.09	3.05	-2.12	-1.23
526	1	3	1.2	45	18	2.41	2.40	2.92	2.94	-0.36	0.64
527	1	3	1.2	45	20	2.28	2.30	2.79	2.86	0.68	2.50
528	1	3	1.2	45	22	2.18	2.22	2.68	2.78	2.08	3.69
529	1	3	3	15	16	0.53	0.54	5.20	5.31	1.41	2.16
530	1	3	3	15	18	0.51	0.51	5.04	5.12	0.67	1.59
531	1	3	3	15	20	0.49	0.49	4.92	4.98	-0.50	1.30
532	1	3	3	15	22	0.48	0.47	4.81	4.84	-1.08	0.60
533	1	3	3	25	16	1.30	1.36	7.54	7.41	4.05	-1.71
534	1	3	3	25	18	1.25	1.29	7.31	7.15	3.30	-2.26
535	1	3	3	25	20	1.10	1.24	7.13	6.95	12.73	-2.54
536	1	3	3	25	22	1.07	1.20	6.98	6.76	12.40	-3.21
537	1	3	3	35	16	2.81	2.65	11.30	10.99	-5.97	-2.76
538	1	3	3	35	18	2.70	2.52	10.96	10.59	-6.66	-3.31

539	1	3	3	35	20	2.62	2.41	10.68	10.30	-7.75	-3.58
540	1	3	3	35	22	2.55	2.33	10.46	10.01	-8.28	-4.25
541	1	3	3	45	16	5.95	6.23	17.84	18.18	4.69	1.90
542	1	3	3	45	18	5.72	5.94	17.30	17.53	3.93	1.33
543	1	3	3	45	20	5.53	5.68	16.87	17.05	2.71	1.04
544	1	3	3	45	22	5.38	5.49	16.52	16.57	2.11	0.34
545	1	3	4.8	15	16	0.83	0.79	13.10	13.44	-4.69	2.57
546	1	3	4.8	15	18	0.80	0.75	12.77	12.96	-6.03	1.46
547	1	3	4.8	15	20	0.78	0.72	12.51	12.60	-7.67	0.73
548	1	3	4.8	15	22	0.76	0.70	12.29	12.25	-8.66	-0.34
549	1	3	4.8	25	16	2.04	2.00	19.01	18.76	-2.21	-1.32
550	1	3	4.8	25	18	1.98	1.91	18.53	18.09	-3.58	-2.39
551	1	3	4.8	25	20	1.74	1.82	18.15	17.59	4.67	-3.09
552	1	3	4.8	25	22	1.70	1.76	17.83	17.10	3.78	-4.12
553	1	3	4.8	35	16	4.41	3.90	28.47	27.79	-11.63	-2.38
554	1	3	4.8	35	18	4.27	3.72	27.75	26.80	-12.87	-3.43
555	1	3	4.8	35	20	4.15	3.56	27.18	26.06	-14.39	-4.13
556	1	3	4.8	35	22	4.06	3.44	26.71	25.33	-15.31	-5.14
557	1	3	4.8	45	16	9.33	9.17	44.96	46.00	-1.61	2.30
558	1	3	4.8	45	18	9.02	8.75	43.83	44.36	-2.99	1.20
559	1	3	4.8	45	20	8.78	8.37	42.92	43.13	-4.68	0.47
560	1	3	4.8	45	22	8.59	8.09	42.18	41.93	-5.71	-0.59
561	1	3	6.6	15	16	1.13	1.17	24.61	25.16	3.09	2.22
562	1	3	6.6	15	18	1.10	1.11	24.04	24.26	1.32	0.89
563	1	3	6.6	15	20	1.07	1.06	23.59	23.58	-0.71	-0.02
564	1	3	6.6	15	22	1.05	1.03	23.22	22.93	-2.01	-1.23
565	1	3	6.6	25	16	2.78	2.95	35.70	35.11	5.78	-1.65
566	1	3	6.6	25	18	2.70	2.81	34.88	33.86	3.96	-2.93
567	1	3	6.6	25	20	2.39	2.69	34.22	32.92	12.58	-3.81
568	1	3	6.6	25	22	2.33	2.60	33.68	32.01	11.34	-4.98
569	1	3	6.6	35	16	6.01	5.74	53.47	52.02	-4.42	-2.71
570	1	3	6.6	35	18	5.83	5.48	52.24	50.16	-6.05	-3.97
571	1	3	6.6	35	20	5.69	5.24	51.25	48.77	-7.94	-4.84
572	1	3	6.6	35	22	5.58	5.07	50.45	47.42	-9.14	-6.00
573	1	3	6.6	45	16	12.70	13.52	84.45	86.10	6.42	1.96
574	1	3	6.6	45	18	12.33	12.90	82.50	83.03	4.60	0.63
575	1	3	6.6	45	20	12.03	12.33	80.95	80.73	2.50	-0.27
576	1	3	6.6	45	22	11.79	11.93	79.68	78.49	1.16	-1.49
577	1	5	1.2	15	16	0.13	0.12	0.32	0.32	-5.23	-1.01
578	1	5	1.2	15	18	0.12	0.12	0.30	0.31	-2.89	1.34
579	1	5	1.2	15	20	0.11	0.11	0.29	0.30	-1.29	3.65
580	1	5	1.2	15	22	0.11	0.11	0.27	0.29	0.62	5.25
581	1	5	1.2	25	16	0.32	0.31	0.47	0.44	-2.76	-4.77
582	1	5	1.2	25	18	0.30	0.30	0.44	0.43	-0.36	-2.50
583	1	5	1.2	25	20	0.27	0.28	0.42	0.42	5.74	-0.28
584	1	5	1.2	25	22	0.25	0.27	0.40	0.40	8.05	1.26
585	1	5	1.2	35	16	0.69	0.61	0.70	0.66	-12.13	-5.78
586	1	5	1.2	35	18	0.64	0.58	0.66	0.63	-9.96	-3.54
587	1	5	1.2	35	20	0.61	0.55	0.62	0.62	-8.48	-1.34
588	1	5	1.2	35	22	0.57	0.54	0.60	0.60	-6.70	0.18
589	1	5	1.2	45	16	1.46	1.43	1.10	1.09	-2.16	-1.27
590	1	5	1.2	45	18	1.36	1.36	1.04	1.05	0.25	1.08
591	1	5	1.2	45	20	1.28	1.30	0.99	1.02	1.90	3.39
592	1	5	1.2	45	22	1.21	1.26	0.94	0.99	3.87	4.98
593	1	5	3	15	16	0.30	0.30	1.84	1.89	1.33	2.63
594	1	5	3	15	18	0.29	0.29	1.79	1.82	0.94	2.21
595	1	5	3	15	20	0.28	0.28	1.74	1.77	0.05	2.06
596	1	5	3	15	22	0.27	0.27	1.70	1.73	-0.27	1.47
597	1	5	3	25	16	0.74	0.77	2.68	2.64	3.97	-1.26
598	1	5	3	25	18	0.71	0.74	2.59	2.55	3.57	-1.66
599	1	5	3	25	20	0.66	0.70	2.52	2.48	7.26	-1.81
600	1	5	3	25	22	0.63	0.68	2.47	2.41	7.06	-2.37
601	1	5	3	35	16	1.60	1.50	4.01	3.91	-6.05	-2.31
602	1	5	3	35	18	1.53	1.43	3.88	3.77	-6.41	-2.71
603	1	5	3	35	20	1.48	1.37	3.78	3.67	-7.23	-2.86
604	1	5	3	35	22	1.43	1.33	3.69	3.57	-7.53	-3.42
605	1	5	3	45	16	3.38	3.54	6.33	6.48	4.60	2.37
606	1	5	3	45	18	3.24	3.37	6.13	6.25	4.20	1.95
607	1	5	3	45	20	3.12	3.23	5.97	6.07	3.29	1.80

608	1	5	3	45	22	3.03	3.12	5.83	5.91	2.95	1.21
609	1	5	4.8	15	16	0.47	0.45	4.64	4.79	-4.78	3.08
610	1	5	4.8	15	18	0.46	0.43	4.52	4.62	-5.87	2.07
611	1	5	4.8	15	20	0.44	0.41	4.43	4.49	-7.30	1.42
612	1	5	4.8	15	22	0.43	0.40	4.35	4.36	-8.13	0.41
613	1	5	4.8	25	16	1.16	1.14	6.74	6.68	-2.30	-0.83
614	1	5	4.8	25	18	1.12	1.08	6.56	6.44	-3.42	-1.80
615	1	5	4.8	25	20	1.04	1.04	6.42	6.27	-0.61	-2.43
616	1	5	4.8	25	22	1.02	1.00	6.31	6.09	-1.39	-3.39
617	1	5	4.8	35	16	2.51	2.21	10.09	9.90	-11.71	-1.89
618	1	5	4.8	35	18	2.42	2.11	9.83	9.55	-12.72	-2.85
619	1	5	4.8	35	20	2.35	2.02	9.62	9.28	-14.05	-3.47
620	1	5	4.8	35	22	2.29	1.95	9.44	9.03	-14.82	-4.43
621	1	5	4.8	45	16	5.30	5.21	15.94	16.39	-1.70	2.82
622	1	5	4.8	45	18	5.12	4.97	15.52	15.80	-2.83	1.81
623	1	5	4.8	45	20	4.97	4.75	15.19	15.37	-4.31	1.16
624	1	5	4.8	45	22	4.85	4.60	14.92	14.94	-5.16	0.15
625	1	5	6.6	15	16	0.64	0.66	8.72	8.96	2.99	2.74
626	1	5	6.6	15	18	0.62	0.63	8.52	8.64	1.45	1.48
627	1	5	6.6	15	20	0.61	0.60	8.35	8.40	-0.40	0.63
628	1	5	6.6	15	22	0.59	0.58	8.21	8.17	-1.55	-0.54
629	1	5	6.6	25	16	1.58	1.67	12.66	12.51	5.67	-1.15
630	1	5	6.6	25	18	1.53	1.60	12.35	12.06	4.09	-2.37
631	1	5	6.6	25	20	1.43	1.53	12.11	11.73	6.81	-3.19
632	1	5	6.6	25	22	1.40	1.48	11.92	11.40	5.68	-4.31
633	1	5	6.6	35	16	3.42	3.26	18.95	18.53	-4.51	-2.21
634	1	5	6.6	35	18	3.31	3.11	18.50	17.87	-5.94	-3.41
635	1	5	6.6	35	20	3.22	2.98	18.14	17.38	-7.65	-4.22
636	1	5	6.6	35	22	3.15	2.88	17.85	16.90	-8.71	-5.34
637	1	5	6.6	45	16	7.22	7.68	29.94	30.68	6.32	2.48
638	1	5	6.6	45	18	6.99	7.32	29.22	29.58	4.73	1.22
639	1	5	6.6	45	20	6.81	7.00	28.66	28.76	2.82	0.37
640	1	5	6.6	45	22	6.66	6.77	28.19	27.97	1.64	-0.80
641	1	7	1.2	15	16	0.09	0.09	0.16	0.16	-0.06	-0.77
642	1	7	1.2	15	18	0.08	0.09	0.15	0.16	2.91	2.04
643	1	7	1.2	15	20	0.08	0.08	0.14	0.15	5.09	4.79
644	1	7	1.2	15	22	0.07	0.08	0.14	0.15	7.57	6.80
645	1	7	1.2	25	16	0.22	0.23	0.24	0.23	2.54	-4.54
646	1	7	1.2	25	18	0.21	0.22	0.22	0.22	5.60	-1.82
647	1	7	1.2	25	20	0.19	0.21	0.21	0.21	9.88	0.82
648	1	7	1.2	25	22	0.18	0.20	0.20	0.21	12.61	2.75
649	1	7	1.2	35	16	0.48	0.44	0.35	0.33	-7.34	-5.56
650	1	7	1.2	35	18	0.44	0.42	0.33	0.32	-4.58	-2.87
651	1	7	1.2	35	20	0.42	0.41	0.31	0.31	-2.56	-0.26
652	1	7	1.2	35	22	0.39	0.39	0.30	0.31	-0.26	1.65
653	1	7	1.2	45	16	1.01	1.05	0.56	0.55	3.17	-1.03
654	1	7	1.2	45	18	0.94	1.00	0.53	0.53	6.24	1.78
655	1	7	1.2	45	20	0.88	0.96	0.50	0.52	8.48	4.53
656	1	7	1.2	45	22	0.83	0.92	0.47	0.51	11.05	6.53
657	1	7	3	15	16	0.21	0.22	0.93	0.97	6.60	3.33
658	1	7	3	15	18	0.20	0.21	0.90	0.93	6.44	3.05
659	1	7	3	15	20	0.19	0.20	0.88	0.91	5.73	3.01
660	1	7	3	15	22	0.19	0.20	0.86	0.88	5.57	2.52
661	1	7	3	25	16	0.52	0.56	1.36	1.35	9.38	-0.58
662	1	7	3	25	18	0.49	0.54	1.31	1.30	9.22	-0.86
663	1	7	3	25	20	0.47	0.51	1.28	1.26	10.57	-0.89
664	1	7	3	25	22	0.45	0.50	1.25	1.23	10.48	-1.37
665	1	7	3	35	16	1.11	1.10	2.03	2.00	-1.16	-1.65
666	1	7	3	35	18	1.06	1.05	1.96	1.93	-1.31	-1.92
667	1	7	3	35	20	1.02	1.00	1.91	1.87	-1.97	-1.95
668	1	7	3	35	22	0.99	0.97	1.87	1.82	-2.11	-2.42
669	1	7	3	45	16	2.35	2.59	3.21	3.31	10.05	3.07
670	1	7	3	45	18	2.25	2.47	3.10	3.19	9.88	2.79
671	1	7	3	45	20	2.16	2.36	3.02	3.10	9.14	2.75
672	1	7	3	45	22	2.10	2.28	2.95	3.01	8.98	2.26
673	1	7	4.8	15	16	0.33	0.33	2.35	2.44	0.11	3.81
674	1	7	4.8	15	18	0.32	0.31	2.29	2.36	-0.86	2.87
675	1	7	4.8	15	20	0.31	0.30	2.24	2.29	-2.23	2.29
676	1	7	4.8	15	22	0.30	0.29	2.20	2.23	-2.99	1.33

677	1	7	4.8	25	16	0.81	0.83	3.41	3.41	2.72	-0.12
678	1	7	4.8	25	18	0.78	0.79	3.32	3.29	1.72	-1.03
679	1	7	4.8	25	20	0.74	0.76	3.25	3.20	2.25	-1.59
680	1	7	4.8	25	22	0.72	0.73	3.19	3.11	1.52	-2.51
681	1	7	4.8	35	16	1.75	1.62	5.11	5.05	-7.17	-1.19
682	1	7	4.8	35	18	1.68	1.55	4.98	4.87	-8.08	-2.09
683	1	7	4.8	35	20	1.63	1.48	4.87	4.74	-9.35	-2.65
684	1	7	4.8	35	22	1.59	1.43	4.78	4.61	-10.05	-3.56
685	1	7	4.8	45	16	3.69	3.82	8.08	8.36	3.35	3.55
686	1	7	4.8	45	18	3.56	3.64	7.86	8.06	2.34	2.61
687	1	7	4.8	45	20	3.45	3.48	7.69	7.84	0.93	2.02
688	1	7	4.8	45	22	3.36	3.37	7.54	7.62	0.15	1.07
689	1	7	6.6	15	16	0.45	0.48	4.42	4.57	8.25	3.47
690	1	7	6.6	15	18	0.43	0.46	4.31	4.41	6.78	2.26
691	1	7	6.6	15	20	0.42	0.44	4.23	4.29	4.96	1.45
692	1	7	6.6	15	22	0.41	0.43	4.16	4.17	3.85	0.31
693	1	7	6.6	25	16	1.10	1.22	6.41	6.38	11.07	-0.45
694	1	7	6.6	25	18	1.07	1.17	6.26	6.16	9.56	-1.62
695	1	7	6.6	25	20	1.02	1.12	6.13	5.98	9.78	-2.40
696	1	7	6.6	25	22	0.99	1.08	6.03	5.82	8.67	-3.49
697	1	7	6.6	35	16	2.38	2.39	9.60	9.46	0.37	-1.52
698	1	7	6.6	35	18	2.30	2.28	9.37	9.12	-0.99	-2.67
699	1	7	6.6	35	20	2.24	2.18	9.18	8.87	-2.68	-3.44
700	1	7	6.6	35	22	2.19	2.11	9.03	8.62	-3.71	-4.53
701	1	7	6.6	45	16	5.03	5.62	15.17	15.65	11.75	3.21
702	1	7	6.6	45	18	4.87	5.36	14.80	15.09	10.23	2.00
703	1	7	6.6	45	20	4.73	5.13	14.50	14.68	8.35	1.19
704	1	7	6.6	45	22	4.63	4.96	14.26	14.27	7.21	0.05
705	1	9	1.2	15	16	0.07	0.07	0.10	0.10	-4.11	-0.15
706	1	9	1.2	15	18	0.06	0.06	0.09	0.10	-0.81	3.16
707	1	9	1.2	15	20	0.06	0.06	0.09	0.09	1.70	6.37
708	1	9	1.2	15	22	0.06	0.06	0.08	0.09	4.51	8.81
709	1	9	1.2	25	16	0.17	0.17	0.14	0.14	-1.61	-3.93
710	1	9	1.2	25	18	0.16	0.16	0.13	0.13	1.78	-0.76
711	1	9	1.2	25	20	0.15	0.15	0.13	0.13	4.87	2.34
712	1	9	1.2	25	22	0.14	0.15	0.12	0.13	7.80	4.69
713	1	9	1.2	35	16	0.37	0.33	0.21	0.20	-11.09	-4.96
714	1	9	1.2	35	18	0.34	0.31	0.20	0.20	-8.03	-1.82
715	1	9	1.2	35	20	0.32	0.30	0.19	0.19	-5.70	1.24
716	1	9	1.2	35	22	0.30	0.29	0.18	0.19	-3.10	3.57
717	1	9	1.2	45	16	0.77	0.77	0.34	0.34	-1.01	-0.40
718	1	9	1.2	45	18	0.71	0.73	0.32	0.33	2.40	2.89
719	1	9	1.2	45	20	0.67	0.70	0.30	0.32	4.99	6.10
720	1	9	1.2	45	22	0.63	0.68	0.28	0.31	7.89	8.54
721	1	9	3	15	16	0.16	0.16	0.56	0.59	1.98	4.43
722	1	9	3	15	18	0.15	0.16	0.54	0.57	2.03	4.27
723	1	9	3	15	20	0.15	0.15	0.53	0.55	1.52	4.35
724	1	9	3	15	22	0.14	0.14	0.52	0.54	1.52	3.95
725	1	9	3	25	16	0.39	0.41	0.82	0.82	4.64	0.47
726	1	9	3	25	18	0.38	0.39	0.79	0.79	4.69	0.32
727	1	9	3	25	20	0.36	0.38	0.77	0.77	4.69	0.40
728	1	9	3	25	22	0.35	0.36	0.75	0.75	4.71	0.01
729	1	9	3	35	16	0.85	0.81	1.22	1.22	-5.44	-0.61
730	1	9	3	35	18	0.81	0.77	1.18	1.17	-5.40	-0.75
731	1	9	3	35	20	0.78	0.74	1.15	1.14	-5.87	-0.68
732	1	9	3	35	22	0.76	0.71	1.12	1.11	-5.87	-1.06
733	1	9	3	45	16	1.80	1.90	1.93	2.01	5.28	4.16
734	1	9	3	45	18	1.72	1.81	1.87	1.94	5.33	4.01
735	1	9	3	45	20	1.65	1.73	1.81	1.89	4.80	4.08
736	1	9	3	45	22	1.60	1.67	1.77	1.84	4.80	3.68
737	1	9	4.8	15	16	0.25	0.24	1.42	1.49	-4.31	4.94
738	1	9	4.8	15	18	0.24	0.23	1.38	1.43	-5.11	4.06
739	1	9	4.8	15	20	0.23	0.22	1.35	1.39	-6.32	3.53
740	1	9	4.8	15	22	0.23	0.21	1.32	1.36	-6.94	2.61
741	1	9	4.8	25	16	0.62	0.61	2.06	2.08	-1.81	0.96
742	1	9	4.8	25	18	0.60	0.58	2.00	2.00	-2.64	0.12
743	1	9	4.8	25	20	0.57	0.56	1.95	1.95	-3.39	-0.39
744	1	9	4.8	25	22	0.56	0.54	1.92	1.89	-4.02	-1.28
745	1	9	4.8	35	16	1.34	1.19	3.08	3.08	-11.27	-0.12

746	1	9	4.8	35	18	1.29	1.13	3.00	2.97	-12.02	-0.96
747	1	9	4.8	35	20	1.25	1.08	2.93	2.88	-13.13	-1.46
748	1	9	4.8	35	22	1.21	1.05	2.87	2.80	-13.72	-2.33
749	1	9	4.8	45	16	2.83	2.79	4.87	5.09	-1.21	4.67
750	1	9	4.8	45	18	2.72	2.67	4.73	4.91	-2.05	3.79
751	1	9	4.8	45	20	2.64	2.55	4.62	4.77	-3.29	3.26
752	1	9	4.8	45	22	2.57	2.46	4.54	4.64	-3.94	2.35
753	1	9	6.6	15	16	0.34	0.35	2.66	2.79	3.43	4.59
754	1	9	6.6	15	18	0.33	0.34	2.60	2.69	2.14	3.42
755	1	9	6.6	15	20	0.32	0.32	2.54	2.61	0.48	2.64
756	1	9	6.6	15	22	0.31	0.31	2.50	2.54	-0.50	1.52
757	1	9	6.6	25	16	0.85	0.90	3.86	3.89	6.13	0.62
758	1	9	6.6	25	18	0.82	0.86	3.77	3.75	4.80	-0.50
759	1	9	6.6	25	20	0.79	0.82	3.69	3.64	3.62	-1.25
760	1	9	6.6	25	22	0.77	0.79	3.63	3.54	2.62	-2.32
761	1	9	6.6	35	16	1.82	1.75	5.79	5.76	-4.10	-0.45
762	1	9	6.6	35	18	1.76	1.67	5.64	5.55	-5.30	-1.57
763	1	9	6.6	35	20	1.71	1.60	5.53	5.40	-6.83	-2.31
764	1	9	6.6	35	22	1.67	1.54	5.43	5.25	-7.74	-3.37
765	1	9	6.6	45	16	3.86	4.12	9.14	9.53	6.78	4.32
766	1	9	6.6	45	18	3.72	3.93	8.91	9.19	5.44	3.15
767	1	9	6.6	45	20	3.62	3.76	8.73	8.94	3.73	2.38
768	1	9	6.6	45	22	3.54	3.63	8.58	8.69	2.72	1.26
769	1.5	3	1.2	15	16	0.24	0.22	0.91	0.90	-7.34	-1.62
770	1.5	3	1.2	15	18	0.23	0.21	0.87	0.87	-6.03	0.15
771	1.5	3	1.2	15	20	0.22	0.21	0.83	0.84	-5.37	1.92
772	1.5	3	1.2	15	22	0.21	0.20	0.80	0.82	-4.35	3.03
773	1.5	3	1.2	25	16	0.60	0.57	1.33	1.26	-4.92	-5.35
774	1.5	3	1.2	25	18	0.56	0.54	1.26	1.21	-3.58	-3.64
775	1.5	3	1.2	25	20	0.45	0.52	1.20	1.18	14.27	-1.94
776	1.5	3	1.2	25	22	0.43	0.50	1.16	1.15	16.43	-0.87
777	1.5	3	1.2	35	16	1.29	1.11	1.99	1.86	-14.08	-6.36
778	1.5	3	1.2	35	18	1.21	1.06	1.88	1.79	-12.87	-4.67
779	1.5	3	1.2	35	20	1.15	1.01	1.80	1.75	-12.26	-2.99
780	1.5	3	1.2	35	22	1.10	0.98	1.73	1.70	-11.32	-1.93
781	1.5	3	1.2	45	16	2.73	2.61	3.14	3.08	-4.34	-1.87
782	1.5	3	1.2	45	18	2.57	2.49	2.97	2.97	-2.99	-0.10
783	1.5	3	1.2	45	20	2.44	2.38	2.84	2.89	-2.31	1.66
784	1.5	3	1.2	45	22	2.33	2.30	2.73	2.81	-1.26	2.77
785	1.5	3	3	15	16	0.56	0.56	5.29	5.37	-1.18	1.37
786	1.5	3	3	15	18	0.54	0.53	5.14	5.17	-2.13	0.74
787	1.5	3	3	15	20	0.53	0.51	5.01	5.03	-3.48	0.41
788	1.5	3	3	15	22	0.51	0.49	4.91	4.89	-4.21	-0.32
789	1.5	3	3	25	16	1.39	1.41	7.68	7.49	1.40	-2.47
790	1.5	3	3	25	18	1.34	1.34	7.45	7.22	0.42	-3.08
791	1.5	3	3	25	20	1.10	1.28	7.27	7.02	16.81	-3.39
792	1.5	3	3	25	22	1.07	1.24	7.12	6.83	16.47	-4.10
793	1.5	3	3	35	16	2.99	2.74	11.50	11.10	-8.37	-3.52
794	1.5	3	3	35	18	2.88	2.62	11.16	10.70	-9.26	-4.11
795	1.5	3	3	35	20	2.80	2.50	10.89	10.40	-10.50	-4.43
796	1.5	3	3	35	22	2.72	2.42	10.66	10.12	-11.18	-5.13
797	1.5	3	3	45	16	6.33	6.45	18.17	18.37	2.01	1.11
798	1.5	3	3	45	18	6.09	6.16	17.63	17.71	1.03	0.48
799	1.5	3	3	45	20	5.91	5.89	17.20	17.22	-0.36	0.15
800	1.5	3	3	45	22	5.76	5.69	16.84	16.74	-1.12	-0.58
801	1.5	3	4.8	15	16	0.88	0.82	13.34	13.58	-7.20	1.74
802	1.5	3	4.8	15	18	0.86	0.78	13.01	13.09	-8.68	0.60
803	1.5	3	4.8	15	20	0.83	0.75	12.75	12.73	-10.43	-0.17
804	1.5	3	4.8	15	22	0.82	0.72	12.53	12.38	-11.53	-1.26
805	1.5	3	4.8	25	16	2.18	2.07	19.36	18.95	-4.78	-2.11
806	1.5	3	4.8	25	18	2.11	1.98	18.88	18.27	-6.30	-3.22
807	1.5	3	4.8	25	20	1.74	1.89	18.50	17.77	8.46	-3.95
808	1.5	3	4.8	25	22	1.70	1.83	18.18	17.27	7.55	-5.00
809	1.5	3	4.8	35	16	4.69	4.04	28.99	28.08	-13.96	-3.16
810	1.5	3	4.8	35	18	4.55	3.85	28.28	27.07	-15.33	-4.25
811	1.5	3	4.8	35	20	4.44	3.69	27.70	26.32	-16.95	-4.98
812	1.5	3	4.8	35	22	4.34	3.56	27.23	25.59	-17.97	-6.02
813	1.5	3	4.8	45	16	9.92	9.51	45.79	46.47	-4.20	1.48
814	1.5	3	4.8	45	18	9.62	9.07	44.66	44.81	-5.73	0.34

815	1.5	3	4.8	45	20	9.38	8.68	43.75	43.57	-7.53	-0.42
816	1.5	3	4.8	45	22	9.18	8.39	43.01	42.36	-8.67	-1.51
817	1.5	3	6.6	15	16	1.20	1.21	25.06	25.41	0.34	1.39
818	1.5	3	6.6	15	18	1.17	1.15	24.50	24.50	-1.56	0.03
819	1.5	3	6.6	15	20	1.14	1.10	24.05	23.83	-3.68	-0.91
820	1.5	3	6.6	15	22	1.12	1.07	23.67	23.17	-5.07	-2.15
821	1.5	3	6.6	25	16	2.96	3.05	36.36	35.47	2.95	-2.46
822	1.5	3	6.6	25	18	2.88	2.91	35.54	34.20	1.01	-3.77
823	1.5	3	6.6	25	20	2.39	2.78	34.88	33.25	16.66	-4.67
824	1.5	3	6.6	25	22	2.33	2.69	34.35	32.33	15.38	-5.86
825	1.5	3	6.6	35	16	6.40	5.95	54.46	52.55	-6.97	-3.50
826	1.5	3	6.6	35	18	6.22	5.68	53.23	50.68	-8.73	-4.80
827	1.5	3	6.6	35	20	6.08	5.43	52.24	49.27	-10.69	-5.69
828	1.5	3	6.6	35	22	5.97	5.25	51.44	47.91	-11.98	-6.87
829	1.5	3	6.6	45	16	13.52	14.01	86.02	86.99	3.58	1.13
830	1.5	3	6.6	45	18	13.15	13.37	84.07	83.88	1.62	-0.23
831	1.5	3	6.6	45	20	12.85	12.78	82.52	81.55	-0.57	-1.17
832	1.5	3	6.6	45	22	12.61	12.36	81.24	79.30	-2.00	-2.40
833	1.5	5	1.2	15	16	0.13	0.13	0.32	0.32	-5.37	-1.01
834	1.5	5	1.2	15	18	0.13	0.12	0.31	0.31	-3.30	1.29
835	1.5	5	1.2	15	20	0.12	0.12	0.29	0.30	-1.95	3.54
836	1.5	5	1.2	15	22	0.11	0.11	0.28	0.29	-0.27	5.09
837	1.5	5	1.2	25	16	0.33	0.32	0.47	0.45	-2.91	-4.76
838	1.5	5	1.2	25	18	0.31	0.31	0.44	0.43	-0.78	-2.55
839	1.5	5	1.2	25	20	0.27	0.29	0.42	0.42	9.58	-0.39
840	1.5	5	1.2	25	22	0.25	0.28	0.40	0.41	11.97	1.10
841	1.5	5	1.2	35	16	0.72	0.63	0.70	0.66	-12.26	-5.78
842	1.5	5	1.2	35	18	0.67	0.60	0.66	0.64	-10.34	-3.60
843	1.5	5	1.2	35	20	0.63	0.57	0.63	0.62	-9.09	-1.45
844	1.5	5	1.2	35	22	0.60	0.56	0.60	0.60	-7.53	0.02
845	1.5	5	1.2	45	16	1.52	1.48	1.11	1.10	-2.31	-1.26
846	1.5	5	1.2	45	18	1.42	1.41	1.05	1.06	-0.17	1.03
847	1.5	5	1.2	45	20	1.34	1.35	1.00	1.03	1.22	3.27
848	1.5	5	1.2	45	22	1.27	1.31	0.95	1.00	2.95	4.82
849	1.5	5	3	15	16	0.31	0.32	1.86	1.91	0.96	2.55
850	1.5	5	3	15	18	0.30	0.30	1.81	1.84	0.40	2.10
851	1.5	5	3	15	20	0.29	0.29	1.76	1.79	-0.62	1.91
852	1.5	5	3	15	22	0.28	0.28	1.72	1.74	-1.07	1.30
853	1.5	5	3	25	16	0.77	0.80	2.70	2.67	3.59	-1.34
854	1.5	5	3	25	18	0.74	0.76	2.62	2.57	3.02	-1.78
855	1.5	5	3	25	20	0.66	0.73	2.55	2.50	11.15	-1.95
856	1.5	5	3	25	22	0.63	0.70	2.50	2.43	10.94	-2.54
857	1.5	5	3	35	16	1.66	1.56	4.05	3.95	-6.39	-2.39
858	1.5	5	3	35	18	1.60	1.49	3.92	3.81	-6.91	-2.83
859	1.5	5	3	35	20	1.54	1.42	3.82	3.71	-7.86	-3.00
860	1.5	5	3	35	22	1.50	1.37	3.74	3.60	-8.27	-3.59
861	1.5	5	3	45	16	3.52	3.66	6.40	6.54	4.22	2.29
862	1.5	5	3	45	18	3.37	3.50	6.20	6.31	3.65	1.83
863	1.5	5	3	45	20	3.26	3.34	6.04	6.14	2.59	1.65
864	1.5	5	3	45	22	3.17	3.23	5.90	5.97	2.13	1.04
865	1.5	5	4.8	15	16	0.49	0.47	4.70	4.84	-5.18	2.98
866	1.5	5	4.8	15	18	0.47	0.44	4.58	4.66	-6.39	1.94
867	1.5	5	4.8	15	20	0.46	0.42	4.48	4.54	-7.93	1.26
868	1.5	5	4.8	15	22	0.45	0.41	4.40	4.41	-8.85	0.24
869	1.5	5	4.8	25	16	1.21	1.18	6.81	6.75	-2.71	-0.92
870	1.5	5	4.8	25	18	1.17	1.12	6.64	6.51	-3.95	-1.93
871	1.5	5	4.8	25	20	1.04	1.07	6.50	6.33	3.00	-2.58
872	1.5	5	4.8	25	22	1.02	1.04	6.38	6.15	2.19	-3.56
873	1.5	5	4.8	35	16	2.61	2.29	10.21	10.00	-12.08	-1.98
874	1.5	5	4.8	35	18	2.52	2.19	9.94	9.65	-13.21	-2.98
875	1.5	5	4.8	35	20	2.45	2.09	9.73	9.38	-14.63	-3.62
876	1.5	5	4.8	35	22	2.39	2.02	9.56	9.12	-15.48	-4.60
877	1.5	5	4.8	45	16	5.52	5.40	16.12	16.56	-2.11	2.72
878	1.5	5	4.8	45	18	5.33	5.15	15.70	15.97	-3.37	1.68
879	1.5	5	4.8	45	20	5.18	4.93	15.37	15.52	-4.96	1.00
880	1.5	5	4.8	45	22	5.06	4.76	15.10	15.09	-5.90	-0.02
881	1.5	5	6.6	15	16	0.67	0.69	8.82	9.05	2.53	2.63
882	1.5	5	6.6	15	18	0.65	0.65	8.61	8.73	0.87	1.35
883	1.5	5	6.6	15	20	0.63	0.63	8.45	8.49	-1.07	0.47

884	1.5	5	6.6	15	22	0.62	0.60	8.31	8.25	-2.30	-0.72
885	1.5	5	6.6	25	16	1.65	1.73	12.80	12.64	5.20	-1.26
886	1.5	5	6.6	25	18	1.60	1.65	12.50	12.19	3.50	-2.50
887	1.5	5	6.6	25	20	1.43	1.58	12.26	11.85	10.68	-3.34
888	1.5	5	6.6	25	22	1.40	1.53	12.06	11.52	9.52	-4.48
889	1.5	5	6.6	35	16	3.55	3.38	19.17	18.72	-4.93	-2.31
890	1.5	5	6.6	35	18	3.45	3.22	18.72	18.06	-6.47	-3.54
891	1.5	5	6.6	35	20	3.36	3.08	18.36	17.56	-8.27	-4.37
892	1.5	5	6.6	35	22	3.29	2.98	18.06	17.07	-9.41	-5.50
893	1.5	5	6.6	45	16	7.51	7.95	30.27	30.99	5.85	2.37
894	1.5	5	6.6	45	18	7.29	7.59	29.56	29.88	4.13	1.09
895	1.5	5	6.6	45	20	7.11	7.26	28.99	29.06	2.12	0.22
896	1.5	5	6.6	45	22	6.96	7.02	28.53	28.25	0.86	-0.97
897	1.5	7	1.2	15	16	0.09	0.09	0.16	0.16	0.78	-0.48
898	1.5	7	1.2	15	18	0.09	0.09	0.15	0.16	3.57	2.30
899	1.5	7	1.2	15	20	0.08	0.09	0.15	0.15	5.55	5.01
900	1.5	7	1.2	15	22	0.08	0.08	0.14	0.15	7.85	6.98
901	1.5	7	1.2	25	16	0.23	0.24	0.24	0.23	3.41	-4.25
902	1.5	7	1.2	25	18	0.21	0.23	0.22	0.22	6.27	-1.58
903	1.5	7	1.2	25	20	0.19	0.22	0.21	0.21	13.86	1.03
904	1.5	7	1.2	25	22	0.18	0.21	0.20	0.21	16.69	2.92
905	1.5	7	1.2	35	16	0.49	0.46	0.36	0.34	-6.55	-5.28
906	1.5	7	1.2	35	18	0.46	0.44	0.34	0.33	-3.97	-2.64
907	1.5	7	1.2	35	20	0.43	0.42	0.32	0.32	-2.14	-0.06
908	1.5	7	1.2	35	22	0.41	0.41	0.30	0.31	0.00	1.82
909	1.5	7	1.2	45	16	1.04	1.08	0.56	0.56	4.04	-0.74
910	1.5	7	1.2	45	18	0.97	1.03	0.53	0.54	6.91	2.03
911	1.5	7	1.2	45	20	0.91	0.99	0.50	0.53	8.96	4.74
912	1.5	7	1.2	45	22	0.86	0.96	0.48	0.51	11.34	6.70
913	1.5	7	3	15	16	0.22	0.23	0.94	0.98	7.33	3.57
914	1.5	7	3	15	18	0.21	0.22	0.91	0.94	7.03	3.26
915	1.5	7	3	15	20	0.20	0.21	0.89	0.91	6.19	3.20
916	1.5	7	3	15	22	0.19	0.20	0.87	0.89	5.93	2.68
917	1.5	7	3	25	16	0.53	0.58	1.37	1.36	10.13	-0.36
918	1.5	7	3	25	18	0.51	0.56	1.32	1.31	9.82	-0.66
919	1.5	7	3	25	20	0.47	0.53	1.29	1.28	14.58	-0.72
920	1.5	7	3	25	22	0.45	0.52	1.26	1.24	14.49	-1.21
921	1.5	7	3	35	16	1.15	1.14	2.05	2.02	-0.48	-1.42
922	1.5	7	3	35	18	1.10	1.09	1.98	1.95	-0.76	-1.72
923	1.5	7	3	35	20	1.06	1.04	1.93	1.89	-1.54	-1.78
924	1.5	7	3	35	22	1.02	1.01	1.88	1.84	-1.78	-2.27
925	1.5	7	3	45	16	2.42	2.68	3.23	3.34	10.80	3.30
926	1.5	7	3	45	18	2.32	2.56	3.13	3.22	10.49	2.99
927	1.5	7	3	45	20	2.23	2.45	3.04	3.13	9.62	2.93
928	1.5	7	3	45	22	2.16	2.37	2.97	3.04	9.35	2.42
929	1.5	7	4.8	15	16	0.34	0.34	2.37	2.47	0.76	4.04
930	1.5	7	4.8	15	18	0.33	0.33	2.31	2.38	-0.34	3.07
931	1.5	7	4.8	15	20	0.32	0.31	2.26	2.31	-1.81	2.46
932	1.5	7	4.8	15	22	0.31	0.30	2.22	2.25	-2.64	1.49
933	1.5	7	4.8	25	16	0.83	0.86	3.44	3.44	3.38	0.09
934	1.5	7	4.8	25	18	0.80	0.82	3.35	3.32	2.26	-0.84
935	1.5	7	4.8	25	20	0.74	0.79	3.28	3.23	5.96	-1.42
936	1.5	7	4.8	25	22	0.72	0.76	3.22	3.14	5.20	-2.36
937	1.5	7	4.8	35	16	1.80	1.68	5.15	5.10	-6.58	-0.98
938	1.5	7	4.8	35	18	1.73	1.60	5.02	4.92	-7.59	-1.90
939	1.5	7	4.8	35	20	1.68	1.53	4.91	4.79	-8.95	-2.48
940	1.5	7	4.8	35	22	1.64	1.48	4.82	4.65	-9.73	-3.40
941	1.5	7	4.8	45	16	3.80	3.95	8.14	8.45	4.01	3.77
942	1.5	7	4.8	45	18	3.67	3.77	7.92	8.15	2.88	2.81
943	1.5	7	4.8	45	20	3.56	3.61	7.75	7.92	1.37	2.20
944	1.5	7	4.8	45	22	3.47	3.49	7.61	7.70	0.50	1.23
945	1.5	7	6.6	15	16	0.46	0.50	4.46	4.62	8.92	3.69
946	1.5	7	6.6	15	18	0.45	0.48	4.35	4.46	7.34	2.45
947	1.5	7	6.6	15	20	0.43	0.46	4.26	4.33	5.42	1.62
948	1.5	7	6.6	15	22	0.43	0.44	4.19	4.21	4.23	0.47
949	1.5	7	6.6	25	16	1.14	1.27	6.46	6.45	11.76	-0.24
950	1.5	7	6.6	25	18	1.10	1.21	6.31	6.22	10.13	-1.43
951	1.5	7	6.6	25	20	1.02	1.16	6.18	6.05	13.76	-2.23
952	1.5	7	6.6	25	22	0.99	1.12	6.08	5.88	12.61	-3.34

953	1.5	7	6.6	35	16	2.45	2.47	9.68	9.55	0.99	-1.31
954	1.5	7	6.6	35	18	2.37	2.36	9.45	9.21	-0.48	-2.49
955	1.5	7	6.6	35	20	2.31	2.26	9.26	8.96	-2.26	-3.27
956	1.5	7	6.6	35	22	2.26	2.18	9.11	8.71	-3.35	-4.38
957	1.5	7	6.6	45	16	5.18	5.82	15.29	15.81	12.44	3.42
958	1.5	7	6.6	45	18	5.02	5.56	14.92	15.25	10.81	2.19
959	1.5	7	6.6	45	20	4.88	5.31	14.63	14.83	8.82	1.36
960	1.5	7	6.6	45	22	4.78	5.14	14.39	14.42	7.60	0.21
961	1.5	9	1.2	15	16	0.07	0.07	0.10	0.10	-2.73	0.31
962	1.5	9	1.2	15	18	0.07	0.07	0.09	0.10	0.43	3.58
963	1.5	9	1.2	15	20	0.06	0.06	0.09	0.09	2.81	6.77
964	1.5	9	1.2	15	22	0.06	0.06	0.08	0.09	5.48	9.19
965	1.5	9	1.2	25	16	0.17	0.17	0.14	0.14	-0.20	-3.50
966	1.5	9	1.2	25	18	0.16	0.17	0.13	0.13	3.05	-0.34
967	1.5	9	1.2	25	20	0.15	0.16	0.13	0.13	8.68	2.73
968	1.5	9	1.2	25	22	0.14	0.15	0.12	0.13	11.71	5.05
969	1.5	9	1.2	35	16	0.37	0.34	0.22	0.21	-9.81	-4.53
970	1.5	9	1.2	35	18	0.35	0.32	0.20	0.20	-6.88	-1.41
971	1.5	9	1.2	35	20	0.32	0.31	0.19	0.19	-4.68	1.63
972	1.5	9	1.2	35	22	0.30	0.30	0.18	0.19	-2.19	3.93
973	1.5	9	1.2	45	16	0.79	0.79	0.34	0.34	0.41	0.05
974	1.5	9	1.2	45	18	0.73	0.76	0.32	0.33	3.68	3.32
975	1.5	9	1.2	45	20	0.68	0.72	0.30	0.32	6.13	6.50
976	1.5	9	1.2	45	22	0.64	0.70	0.29	0.31	8.89	8.91
977	1.5	9	3	15	16	0.16	0.17	0.57	0.59	3.30	4.84
978	1.5	9	3	15	18	0.16	0.16	0.55	0.57	3.24	4.67
979	1.5	9	3	15	20	0.15	0.15	0.53	0.56	2.63	4.73
980	1.5	9	3	15	22	0.15	0.15	0.52	0.54	2.54	4.31
981	1.5	9	3	25	16	0.40	0.43	0.82	0.83	6.00	0.87
982	1.5	9	3	25	18	0.39	0.41	0.79	0.80	5.93	0.70
983	1.5	9	3	25	20	0.36	0.39	0.77	0.78	8.48	0.76
984	1.5	9	3	25	22	0.35	0.38	0.75	0.76	8.51	0.35
985	1.5	9	3	35	16	0.87	0.83	1.23	1.23	-4.22	-0.21
986	1.5	9	3	35	18	0.83	0.80	1.19	1.18	-4.27	-0.38
987	1.5	9	3	35	20	0.80	0.76	1.16	1.15	-4.84	-0.32
988	1.5	9	3	35	22	0.77	0.74	1.13	1.12	-4.92	-0.72
989	1.5	9	3	45	16	1.84	1.97	1.94	2.03	6.64	4.58
990	1.5	9	3	45	18	1.76	1.87	1.88	1.96	6.58	4.40
991	1.5	9	3	45	20	1.69	1.79	1.83	1.91	5.94	4.46
992	1.5	9	3	45	22	1.64	1.73	1.78	1.85	5.86	4.04
993	1.5	9	4.8	15	16	0.26	0.25	1.43	1.50	-3.10	5.35
994	1.5	9	4.8	15	18	0.25	0.24	1.39	1.45	-4.00	4.45
995	1.5	9	4.8	15	20	0.24	0.23	1.36	1.41	-5.29	3.90
996	1.5	9	4.8	15	22	0.23	0.22	1.33	1.37	-5.99	2.97
997	1.5	9	4.8	25	16	0.63	0.63	2.07	2.10	-0.57	1.35
998	1.5	9	4.8	25	18	0.61	0.60	2.01	2.02	-1.50	0.49
999	1.5	9	4.8	25	20	0.57	0.58	1.97	1.97	0.11	-0.04
1000	1.5	9	4.8	25	22	0.56	0.56	1.93	1.91	-0.54	-0.94
1001	1.5	9	4.8	35	16	1.37	1.23	3.10	3.11	-10.15	0.27
1002	1.5	9	4.8	35	18	1.32	1.17	3.01	3.00	-10.99	-0.59
1003	1.5	9	4.8	35	20	1.28	1.12	2.95	2.91	-12.19	-1.11
1004	1.5	9	4.8	35	22	1.25	1.09	2.89	2.83	-12.83	-2.00
1005	1.5	9	4.8	45	16	2.89	2.90	4.90	5.14	0.03	5.08
1006	1.5	9	4.8	45	18	2.79	2.76	4.76	4.96	-0.90	4.18
1007	1.5	9	4.8	45	20	2.70	2.64	4.65	4.82	-2.23	3.63
1008	1.5	9	4.8	45	22	2.63	2.55	4.57	4.69	-2.95	2.70
1009	1.5	9	6.6	15	16	0.35	0.37	2.68	2.81	4.72	4.99
1010	1.5	9	6.6	15	18	0.34	0.35	2.61	2.71	3.32	3.80
1011	1.5	9	6.6	15	20	0.33	0.34	2.56	2.64	1.58	3.01
1012	1.5	9	6.6	15	22	0.32	0.32	2.52	2.56	0.53	1.88
1013	1.5	9	6.6	25	16	0.86	0.93	3.89	3.93	7.45	1.01
1014	1.5	9	6.6	25	18	0.84	0.89	3.79	3.79	6.02	-0.13
1015	1.5	9	6.6	25	20	0.79	0.85	3.72	3.68	7.38	-0.90
1016	1.5	9	6.6	25	22	0.77	0.82	3.65	3.58	6.35	-1.99
1017	1.5	9	6.6	35	16	1.87	1.81	5.82	5.82	-2.90	-0.07
1018	1.5	9	6.6	35	18	1.80	1.73	5.68	5.61	-4.20	-1.20
1019	1.5	9	6.6	35	20	1.76	1.65	5.56	5.46	-5.81	-1.96
1020	1.5	9	6.6	35	22	1.72	1.60	5.47	5.30	-6.79	-3.04
1021	1.5	9	6.6	45	16	3.95	4.27	9.20	9.63	8.10	4.72

1022	1.5	9	6.6	45	18	3.82	4.07	8.97	9.29	6.66	3.53
1023	1.5	9	6.6	45	20	3.71	3.89	8.79	9.03	4.87	2.74
1024	1.5	9	6.6	45	22	3.63	3.76	8.64	8.78	3.78	1.61
									Maksimum hata	16.81	9.19
									Minimum hata	-18.11	-6.87
									Ortalama Mutlak hata	5.3	2.4