

**RİJİT ÜSTYAPI TASARIMINA
YENİ BİR YAKLAŞIM**

OSMAN ÜNSAL BAYRAK

**Doktora Tezi
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Doç. Dr. Sinan HINISLIOĞLU
2007**

**Her hakkı saklıdır
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

DOKTORA TEZİ

RİJİT ÜSTYAPI TASARIMINA YENİ BİR YAKLAŞIM

Osman Ünsal BAYRAK

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ERZURUM

2007

Her hakkı saklıdır

Doç. Dr. Sinan HINISLIOĞLU danışmanlığında, **Osman Ünsal BAYRAK** tarafından hazırlanan bu çalışma .../.../2007 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından **İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı**'nda **Doktora** tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Fazıl ÇELİK *İmza* :

Üye : Doç. Dr. Sinan HINISLIOĞLU *İmza* :

Üye : Yrd. Doç. Dr. Mahir GÖKDAĞ *İmza* :

Üye : Yrd. Doç. Dr. Ömer GÜNDOĞDU *İmza* :

Üye : Yrd. Doç. Dr. M. Hamit ÖZYAZICIOĞLU *İmza* :

Yukarıdaki sonucu onaylarım

(imza)

Prof. Dr. Mehmet ERTUĞRUL
Enstitü Müdürü

ÖZET

Doktora Tezi

RIJİT ÜSTYAPI TASARIMINA YENİ BİR YAKLAŞIM

Osman Ünsal BAYRAK

Atatürk Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Sinan HINISLIOĞLU

Rijit üstyapı tasarımında amaç, üstyapıdaki tabaka kalınlıklarını ve üstyapıda kullanılan malzemelerin özelliklerini belirlemektir. Üstyapıda meydana gelen gerilmeler, en üst tabakada kullanılan betonun kopma modülünü geçmemelidir. Bu nedenle, rijit üstyapı için bir tasarım kriteri olarak betonun kopma modülü kullanılmaktadır. Beton yolların tasarımı farklı dingil tipleri ve yükleri, farklı yükleme durumları ve plak alt ve üst yüzeyinde meydana gelen sıcaklık farkları dikkate alınarak yapılmalıdır. Ancak, üstyapının davranışını etkileyen tüm faktörler dikkate alınırsa, en uygun tasarımın bulunması için gerekli süre oldukça fazla olacaktır. Hesaplama süresini azaltmak için ise birçok alternatif çözümün, çözüm uzayından çıkarılması gerekir. Bu yaklaşım, önerilen üstyapı tasarımının büyük ölçüde güvenilir ve ekonomik olmaması anlamına gelmektedir.

Bu çalışmada, farklı dingil tipi ve yükleri, farklı yükleme durumları ve beton plağın alt ve üst yüzeyleri arasında meydana gelen sıcaklık farkları için rijit üstyapı tasarımında kullanılacak en güvenilir ve en ekonomik çözümün ne olduğu sorusuna cevap aranmaktadır. Bu amaç doğrultusunda ABAQUS paket programı kullanılarak üç boyutlu (3D) sonlu elemanlar analizleri (SEA) ile Taguchi optimizasyonu beraber kullanılmıştır. En güvenilir ve en ekonomik çözümü elde edebilmek için maliyet/ gerilme farkı oranı kavramı geliştirilmiştir. Analizler, 3 farklı dingil yükü ve yükleme yeri ile plak alt ve üst yüzeyleri arasında meydana gelen 4 ayrı sıcaklık farkı için 3 beton sınıfı, 3 plak kalınlığı, 2 temel tabakası kalınlığı ve 3 plak boyu seçilerek yapılmıştır. 3D-SEA'leri için L₉ ortogonal dizisi kullanılmıştır. Her bir alternatif tasarım için maksimum asal gerilmeler (MAG) SEA ile hesaplanmıştır. Tüm alternatifler içinde en düşük maliyet/gerilme farkı oranını veren çözüm, hem en ekonomik hem de en güvenilir çözüm olarak seçilmiştir.

2007, 176 sayfa

Anahtar kelimeler: rijit üstyapılar, sonlu elemanlar metodu, Taguchi metodu, kopma modülü

ABSTRACT

Ph.D. Thesis

A NEW APPROACH TO THE DESIGN OF RIGID PAVEMENT

Osman Ünsal BAYRAK

Atatürk University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Civil Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Sinan HINISLIOĞLU

The purpose of rigid pavement design is to determine the thickness of the layers and the quality of the materials to be used in the pavement. The stresses to occur in the pavement must not exceed the modulus of rupture of the concrete used in the top layer. Therefore, the modulus of rupture is used as a design criterion for the concrete pavement. The design of concrete pavement should be performed considering the different loads and types of axle, different loading conditions and different temperature gradients. However, if all factors affecting the pavement performance take into consideration, the time to find the solution would be increased dramatically. To decrease the computing time, a host of alternative solutions should be eliminated from the whole solution domain. This approach means that recommended design of pavement may not probably be reliable and cost effective solution.

This study seeks the answer to the question of what solution in a rigid pavement design is most reliable and cost effective for different loads, axle types, loading conditions and temperature gradients. 3D linear finite element analysis (FEA) using the ABAQUS package program is used together with Taguchi Method of Experimental Design. A parameter, cost to stress difference ratio, is proposed to find both the most reliable and cost effective solution. Three classes of concrete, three plate thicknesses, two base course thicknesses and three length of plate have been selected for three different axle loads, three loading conditions, three types of axle and four different temperature gradients. L₉ orthogonal array has been selected for the 3D-FEA. The max principal stress is calculated by FEA for each of the alternative pavement design. Among the many alternative pavement design, the solution that gives the minimum cost to stress difference ratio is selected as both most reliable and cost effective design.

2007, 176 pages

Keywords: rigid pavements, finite element method, Taguchi method, modulus of rupture

TEŞEKKÜR

Bu alıőmanın her safhasında ilgi, teővik ve yardımlarını esirgemeyen danışman hocam Sayın Do. Dr. Sinan HINISLIOĞLU'na teőekkürlerimi sunarım.

alıőmalarımın özellikle sonlu elemanlar analizlerinin tasarımında her türlü desteği sağlayan Sayın Yrd. Doç. Dr. Mehmet ÖZYAZICIOĞLU'na teşekkür ederim. Ayrıca tez izleme komitemde bulunan Sayın Yrd. Doç. Dr. Mahir GÖKDAĞ'a, Sayın Yrd. Doç. Dr. Ömer GÜNDOĞDU'ya içten teőekkürlerimi sunarım.

Tez yazım aőamasında çok değerli mesaisini harcayan Sayın Arő. Gör. Seracettin ARASAN'a ve bütün mesai arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Ayrıca doktora çalıőmam boyunca gösterdikleri sabır ve desteklerinden dolayı aileme ve eőim Dr. Kimya Müh. Bahar BAYRAK'a teőekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
SİMGELER DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xi
1. GİRİŞ	1
1. 1. Beton Kaplama Dizaynı	2
1. 2. Beton Kaplamalarda Oluşan Gerilmeler	4
1. 3. Çalışmanın Amacı ve Önemi	10
2. KAYNAK ÖZETLERİ	12
3. MATERYAL ve YÖNTEM	29
3. 1. Plak Teorileri	29
3. 1. 1. Eğilmeye çalışan levha	29
3. 1. 2. Gerilmelerle deformasyon bileşenleri arasındaki bağıntılar	31
3. 1. 3. Gerilmelerle deplasman bileşenleri arasındaki bağıntılar	32
3. 2. Beton Yollarda Oluşan Gerilme ve Deplasmanlar.....	33
3. 2. 1. Yükten kaynaklanan gerilme ve deplasmanlar	33
3. 2. 2. Kapalı – form formüller	33
3. 2. 3. Sıcaklık farklarından dolayı meydana gelen gerilmeler	38
3. 2. 4. Sonsuz plağın eğilmesi	39
3. 2. 5. Sonlu plakta oluşan eğilme gerilmeleri.....	42
3. 2. 6. Yük ve sıcaklık gerilmelerinin birleştirilmesi durumu	43
3. 3. Sonlu Elemanlar Yöntemi.....	44
3. 4. Taguchi Metodu	52
3. 5. Çalışmada Oluşturulan Üstyapı Modeli.....	53
4. ARAŞTIRMA BULGULARI	59
4. 1. Seçilen Ortogonal Diziye Göre Elde Edilen Sonuçlar	62
4. 1. 1. Tek dingil köşe yüklemesi için yapılan optimizasyon.....	63
4. 1. 2. Tek dingil kenar yüklemesi için yapılan optimizasyon	67

4. 1. 3. Tek dingil orta yüklemesi için yapılan optimizasyon	71
4. 1. 4. Çift dingil köşe yüklemesi için yapılan optimizasyon	75
4. 1. 5. Çift dingil kenar yüklemesi için yapılan optimizasyon	79
4. 1. 6. Çift dingil orta yüklemesi için yapılan optimizasyon	83
4. 1. 7. Üç dingil köşe yüklemesi için yapılan optimizasyon	87
4. 1. 8. Üç dingil kenar yüklemesi için yapılan optimizasyon	91
4. 1. 9. Üç dingil orta yüklemesi için yapılan optimizasyon	95
4. 1. 10. Yapılan Taguchi optimizasyonlarının değerlendirilmesi	98
4. 2. Plak Boyunun Etkisi	104
4. 3. Sıcaklık Farkı ve Yüklerin Birleşik Etkileri	108
4. 4. Üstyapı Seçimi için Önerilen Yöntem	110
5. SONUÇ ve ÖNERİLER	115
KAYNAKLAR	117
EKLER	122
EK 1. Üstyapı seçiminde kullanılan çizelgeler	122
ÖZGEÇMİŞ	177

SİMGELER DİZİNİ

D	Eğilme rijitliği
E	Elastisite modülü
w	Çökme
M_x	x eksenine göre moment
M_y	y eksenine göre moment
τ, τ_{xy}	Kayma gerilmesi
ν	Poisson oranı
h	Plak kalınlığı
M_x, M_y	Eğilme momentleri
u, v, w	x, y, z doğrultularındaki yer değiştirmeler
x, y, z	Kartezyen koordinatlar
$\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$	Normal gerilme bileşenleri
$\epsilon_x, \epsilon_y, \epsilon_z$	Birim deformasyon bileşenleri
γ, γ_{xy}	Kayma deformasyonu
P	Yük
a	Yükün uygulandığı dairenin yarıçapı
l	İzafi rijitlik yarıçapı
c	Kontak alanı kenar uzunluğu
k	Zemin reaksiyon katsayısı
Δt	Plak alt ve üst yüzeyi arasında meydana gelen sıcaklık farkı
α_t	Betonun termal genleşme katsayısı
C_x, C_y	Plak boyu ve genişliğine bağlı katsayı
{u}	Eleman deplasman vektörü
θ_x, θ_y	x ve y yönündeki dönmeler
[B]	Şekil değiştirme matrisi
[D]	Elastisite matrisi
N_i	İnterpolasyon şekil fonksiyonları
r, s	Referans eleman koordinatları
{q _i }	Eleman düğüm deplasmanları vektörü
[k]	Eğilme rijitlik matrisi

S/N	Performans istatistiği
n	Bir deney kombinasyonunda yapılan tekrar sayısı
Y_i	i. Deneyin performans istatistiği
μ	Performans değerinin genel ortalaması
X_i	Deneydeki parametre-seviye kombinasyonunun sabit etkisi
e_i	i. deneydeki rastsal hata
F	F tablosu değeri
α	Hata seviyesi
DF_{MSe}	Hata kareler ortalamasının serbestlik derecesi toplamı
m	Ortalama tahmininde kullanılan parametrelerin serbestlik derecesi
n	Yapılan doğrulama deneylerinin tekrar sayısı

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Esnek ve Rijit Yol Üstyapısındaki Yük Dağılımı.....	3
Şekil 1.2. Beton Plakta Farklı Gerilme Yaratan Teker Yükleri.....	5
Şekil 1.3. Beton Plakta Defleksiyon Oluşumu.....	7
Şekil 3.1. Plak, koordinat eksenleri ve deplasmanlar	29
Şekil 3.2. Tarafsız düzlem üzerindeki iç ve dış kuvvetler	30
Şekil 3.3. Köşe Yükleme ile Yüklenmiş Plak.....	35
Şekil 3.4. Sıcaklık Farklarından Dolayı Plakta Meydana Gelen Bükülmeler.....	39
Şekil 3.5. Beton Plaktaki Sıcaklık Farklarından Dolayı Oluşan Deplasmanlar.....	41
Şekil 3.6. Sonlu Plak.....	42
Şekil 3.7. Düzlem Gerilme ve Eğilme Elemanları.....	47
Şekil 3.8. Altı yüzlü eleman ve temel eleman düğüm koordinatları.....	51
Şekil 3.9. 8 düğümlü izoparametrik küp eleman	55
Şekil 3.10. Dingil tipleri ve yükleri	58
Şekil 4.1. Tek dingil köşe yüklemesi durumu.....	59
Şekil 4.2. Tek dingil kenar yüklemesi durumu	59
Şekil 4.3. Tek dingil orta yüklemesi durumu.....	60
Şekil 4.4. Çift dingil köşe yüklemesi durumu.....	60
Şekil 4.5. Çift dingil kenar yüklemesi durumu	60
Şekil 4.6. Çift dingil orta yüklemesi durumu.....	61
Şekil 4.7. Üç dingil köşe yüklemesi durumu	61
Şekil 4.8. Üç dingil kenar yüklemesi durumu.....	62
Şekil 4.9. Üç dingil kenar yüklemesi durumu.....	62
Şekil 4.10. Parametrelerin MAG üzerine etkisi ($\Delta T=-15^{\circ}\text{C}$).....	64
Şekil 4.11. Parametrelerin MAG üzerine etkisi ($\Delta T=15^{\circ}\text{C}$)	65
Şekil 4.12. Parametrelerin MAG üzerine etkisi ($\Delta T=25^{\circ}\text{C}$)	65
Şekil 4.13. Parametrelerin MAG üzerine etkisi ($\Delta T=-25^{\circ}\text{C}$).....	65
Şekil 4.14. Parametrelerin MAG üzerine etkisi ($\Delta T=-15^{\circ}\text{C}$).....	68
Şekil 4.15. Parametrelerin MAG üzerine etkisi ($\Delta T=15^{\circ}\text{C}$)	69
Şekil 4.16. Parametrelerin MAG üzerine etkisi ($\Delta T=25^{\circ}\text{C}$)	69
Şekil 4.17. Parametrelerin MAG üzerine etkisi ($\Delta T=-25^{\circ}\text{C}$).....	69

Şekil 4.18. Parametrelerin MAG üzerine etkisi ($\Delta T = -15^{\circ}\text{C}$).....	72
Şekil 4.19. Parametrelerin MAG üzerine etkisi ($\Delta T = 15^{\circ}\text{C}$).....	73
Şekil 4.20. Parametrelerin MAG üzerine etkisi ($\Delta T = 25^{\circ}\text{C}$).....	73
Şekil 4.21. Parametrelerin MAG üzerine etkisi ($\Delta T = -25^{\circ}\text{C}$).....	73
Şekil 4.22. Parametrelerin MAG üzerine etkisi ($\Delta T = -15^{\circ}\text{C}$).....	76
Şekil 4.23. Parametrelerin MAG üzerine etkisi ($\Delta T = 15^{\circ}\text{C}$).....	77
Şekil 4.24. Parametrelerin MAG üzerine etkisi ($\Delta T = 25^{\circ}\text{C}$).....	77
Şekil 4.25. Parametrelerin MAG üzerine etkisi ($\Delta T = -25^{\circ}\text{C}$).....	77
Şekil 4.26. Parametrelerin MAG üzerine etkisi ($\Delta T = -15^{\circ}\text{C}$).....	80
Şekil 4.27. Parametrelerin MAG üzerine etkisi ($\Delta T = 15^{\circ}\text{C}$).....	81
Şekil 4.28. Parametrelerin MAG üzerine etkisi ($\Delta T = 25^{\circ}\text{C}$).....	81
Şekil 4.29. Parametrelerin MAG üzerine etkisi ($\Delta T = -25^{\circ}\text{C}$).....	81
Şekil 4.30. Parametrelerin MAG üzerine etkisi ($\Delta T = -15^{\circ}\text{C}$).....	84
Şekil 4.31. Parametrelerin MAG üzerine etkisi ($\Delta T = 15^{\circ}\text{C}$).....	85
Şekil 4.32. Parametrelerin MAG üzerine etkisi ($\Delta T = 25^{\circ}\text{C}$).....	85
Şekil 4.33. Parametrelerin MAG üzerine etkisi ($\Delta T = -25^{\circ}\text{C}$).....	85
Şekil 4.34. Parametrelerin MAG üzerine etkisi ($\Delta T = -15^{\circ}\text{C}$).....	88
Şekil 4.35. Parametrelerin MAG üzerine etkisi ($\Delta T = 15^{\circ}\text{C}$).....	89
Şekil 4.36. Parametrelerin MAG üzerine etkisi ($\Delta T = 25^{\circ}\text{C}$).....	89
Şekil 4.37. Parametrelerin MAG üzerine etkisi ($\Delta T = -25^{\circ}\text{C}$).....	89
Şekil 4.38. Parametrelerin MAG üzerine etkisi ($\Delta T = -15^{\circ}\text{C}$).....	92
Şekil 4.39. Parametrelerin MAG üzerine etkisi ($\Delta T = 15^{\circ}\text{C}$).....	93
Şekil 4.40. Parametrelerin MAG üzerine etkisi ($\Delta T = 25^{\circ}\text{C}$).....	93
Şekil 4.41. Parametrelerin MAG üzerine etkisi ($\Delta T = -25^{\circ}\text{C}$).....	93
Şekil 4.42. Parametrelerin MAG üzerine etkisi ($\Delta T = 15^{\circ}\text{C}$).....	96
Şekil 4.43. Parametrelerin MAG üzerine etkisi ($\Delta T = 15^{\circ}\text{C}$).....	97
Şekil 4.44. Parametrelerin MAG üzerine etkisi ($\Delta T = 25^{\circ}\text{C}$).....	97
Şekil 4.45. Parametrelerin MAG üzerine etkisi ($\Delta T = -25^{\circ}\text{C}$).....	97
Şekil 4.46. Köşe yükleme durumunda dingil yüklerinin ve sıcaklık farkının etkisi.	100
Şekil 4.47. Köşe yükleme durumunda dingil yüklerinin ve sıcaklık farkının etkisi.	101
Şekil 4.48. Kenar yükleme durumunda dingil yüklerinin ve sıcaklık farkının etkisi	102
Şekil 4.49. Kenar yükleme durumunda dingil yüklerinin ve sıcaklık farkının etkisi	102

Şekil 4.50. Orta yükleme durumunda dingil yüklerinin ve sıcaklık farkının etkisi..	102
Şekil 4.51. Orta yükleme durumunda dingil yüklerinin ve sıcaklık farkının etkisi..	103
Şekil 4.52. 5m'lik plağa 15°C'lik sıcaklık farkı uygulanması durumu.....	104
Şekil 4.53. 5m'lik plağa -15°C'lik sıcaklık farkı uygulanması durumu	104
Şekil 4.54. 5m'lik plağa -25°C'lik sıcaklık farkı uygulanması durumu	105
Şekil 4.55. 5m'lik plağa 25°C'lik sıcaklık farkı uygulanması durumu.....	105
Şekil 4.56. 7,5m'lik plağa 15°C'lik sıcaklık farkı uygulanması durumu.....	105
Şekil 4.57. 7,5m'lik plağa -15°C'lik sıcaklık farkı uygulanması durumu	106
Şekil 4.58. 7,5m'lik plağa -25°C'lik sıcaklık farkı uygulanması durumu	106
Şekil 4.59. 7,5m'lik plağa 25°C'lik sıcaklık farkı uygulanması durumu.....	106
Şekil 4.60. 10m'lik plağa 15°C'lik sıcaklık farkı uygulanması durumu.....	107
Şekil 4.61. 10m'lik plağa -15°C'lik sıcaklık farkı uygulanması durumu	107
Şekil 4.62. 10m'lik plağa -25°C'lik sıcaklık farkı uygulanması durumu	107
Şekil 4.63. 10m'lik plağa 25°C'lik sıcaklık farkı uygulanması durumu.....	108
Şekil 4.64. Yükten dolayı meydana gelen MAG	109
Şekil 4.65. Sıcaklık farkından dolayı meydana gelen MAG	109
Şekil 4.66. Hem yük hem de sıcaklık farkından dolayı meydana gelen MAG.....	110
Şekil 4.67. Maliyet hesaplarında kullanılan üstyapı modeli	111
Şekil 4.68a. Üstyapı seçimi için akış şeması	112
Şekil 4.68b. Üstyapı seçimi için akış şeması	113

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Kullanılan parametre ve seviye değerleri	57
Çizelge 3.2. L ₉ Ortogonal dizisine göre yapılacak deney planı	57
Çizelge 4.1. Tek dingil köşe yüklemesi için S/N ve gerilme değerleri.....	63
Çizelge 4.2. $\Delta T = -15^{\circ}\text{C}$ için ortalama S/N etkileri	63
Çizelge 4.3. $\Delta T = 15^{\circ}\text{C}$ için ortalama S/N etkileri.....	63
Çizelge 4.4. $\Delta T = 25^{\circ}\text{C}$ için ortalama S/N etkileri.....	64
Çizelge 4.5. $\Delta T = -25^{\circ}\text{C}$ için ortalama S/N etkileri	64
Çizelge 4.6. Tek dingil kenar yüklemesi için S/N ve gerilme değerleri.....	67
Çizelge 4.7. $\Delta T = -15^{\circ}\text{C}$ için ortalama S/N etkileri	67
Çizelge 4.8. $\Delta T = 15^{\circ}\text{C}$ için ortalama S/N etkileri.....	67
Çizelge 4.9. $\Delta T = 25^{\circ}\text{C}$ için ortalama S/N etkileri.....	68
Çizelge 4.10. $\Delta T = -25^{\circ}\text{C}$ için ortalama S/N etkileri	68
Çizelge 4.11. Tek dingil orta yüklemesi için S/N ve gerilme değerleri.....	71
Çizelge 4.12. $\Delta T = -15^{\circ}\text{C}$ için ortalama S/N etkileri	71
Çizelge 4.13. $\Delta T = 15^{\circ}\text{C}$ için ortalama S/N etkileri.....	71
Çizelge 4.14. $\Delta T = 25^{\circ}\text{C}$ için ortalama S/N etkileri.....	72
Çizelge 4.15. $\Delta T = -25^{\circ}\text{C}$ için ortalama S/N etkileri	72
Çizelge 4.16. Çift dingil köşe yüklemesinde için S/N ve gerilme değerleri.....	75
Çizelge 4.17. $\Delta T = -15^{\circ}\text{C}$ için ortalama S/N etkileri	75
Çizelge 4.18. $\Delta T = 15^{\circ}\text{C}$ için ortalama S/N etkileri.....	75
Çizelge 4.19. $\Delta T = 25^{\circ}\text{C}$ için ortalama S/N etkileri.....	76
Çizelge 4.20. $\Delta T = -25^{\circ}\text{C}$ için ortalama S/N etkileri	76
Çizelge 4.21. Çift dingil kenar yüklemesi için S/N ve gerilme değerleri.....	79
Çizelge 4.22. $\Delta T = -15^{\circ}\text{C}$ için ortalama S/N etkileri	79
Çizelge 4.23. $\Delta T = 15^{\circ}\text{C}$ için ortalama S/N etkileri.....	79
Çizelge 4.24. $\Delta T = 25^{\circ}\text{C}$ için ortalama S/N etkileri.....	80
Çizelge 4.25. $\Delta T = -25^{\circ}\text{C}$ için ortalama S/N etkileri	80
Çizelge 4.26. Çift dingil orta yüklemesi için S/N ve gerilme değerleri.....	83
Çizelge 4.27. $\Delta T = -15^{\circ}\text{C}$ için ortalama S/N etkileri	83
Çizelge 4.28. $\Delta T = 15^{\circ}\text{C}$ için ortalama S/N etkileri.....	83

Çizelge 4.29. $\Delta T=25^{\circ}\text{C}$ için ortalama S/N etkileri.....	84
Çizelge 4.30. $\Delta T=-25^{\circ}\text{C}$ için ortalama S/N etkileri	84
Çizelge 4.31. Üç dingil köşe yüklemesi için S/N ve gerilme değerleri.....	87
Çizelge 4.32. $\Delta T=-15^{\circ}\text{C}$ için ortalama S/N etkileri	87
Çizelge 4.33. $\Delta T=15^{\circ}\text{C}$ için ortalama S/N etkileri.....	87
Çizelge 4.34. $\Delta T=25^{\circ}\text{C}$ için ortalama S/N etkileri.....	88
Çizelge 4.35. $\Delta T=-25^{\circ}\text{C}$ için ortalama S/N etkileri	88
Çizelge 4.36. Üç dingil kenar yüklemesi için S/N ve gerilme değerleri.....	91
Çizelge 4.37. $\Delta T=-15^{\circ}\text{C}$ için ortalama S/N etkileri	91
Çizelge 4.38. $\Delta T=15^{\circ}\text{C}$ için ortalama S/N etkileri.....	91
Çizelge 4.39. $\Delta T=25^{\circ}\text{C}$ için ortalama S/N etkileri.....	92
Çizelge 4.40. $\Delta T=25^{\circ}\text{C}$ için ortalama S/N etkileri.....	92
Çizelge 4.41. Üç dingil kenar yüklemesi için S/N ve gerilme değerleri.....	95
Çizelge 4.42. $\Delta T=-15^{\circ}\text{C}$ için ortalama S/N etkileri	95
Çizelge 4.43. $\Delta T=15^{\circ}\text{C}$ için ortalama S/N etkileri.....	95
Çizelge 4.44. $\Delta T=25^{\circ}\text{C}$ için ortalama S/N etkileri.....	96
Çizelge 4.45. $\Delta T=-25^{\circ}\text{C}$ için ortalama S/N etkileri	96
Çizelge 4.46. Tek dingil yüklemesi için doğrulama analizi sonuçları ve güven aralıkları	99
Çizelge 4.47. Çift dingil yüklemesi için doğrulama analizi sonuçları ve güven aralıkları	99
Çizelge 4.48. Üç dingil yüklemesi için doğrulama analizi sonuçları ve güven aralıkları	100
Çizelge 4.49. Beton sınıflarının birim fiyatları	111
Çizelge 4.50. Farklı durumlar için önerilen rijit üstyapı tasarımları.....	114

1. GİRİŞ

Yol üstyapısının projelendirilmesinde amaç, proje süresi boyunca, üzerinden geçen trafiği, büyük deformasyonlara ve çatlamalara maruz kalmadan güvenli bir şekilde taşıyabilecek üstyapının toplam kalınlığının ve tabakaların tek tek kalınlıklarının hesaplanması, kullanılacak malzemelerin saptanmasıdır. Bu amaç doğrultusunda genellikle esnek ve rijit olmak üzere iki tip üstyapı kullanılmaktadır. Esnek üstyapılar, aşınma, binder, temel ve alt temel tabakalarından oluşan tabakalı bir yapıdır. Rijit üstyapılar ise genellikle taban zemini üzerine yapılan beton plaktan oluşur. Bazı hallerde beton kaplama ile taban zemini arasına kaplama altı ve seçme malzeme tabakaları konur (Umar ve Ağar 1991).

Yol kaplaması olarak betonun görevi, trafikten gelen şiddetli tekil yükleri tabana iletmek ve bu sırada tabanın deforme olmamasını sağlamaktır. Bu durum, betonun rijitliğinden yararlanmak sonucunu doğurur. Beton, çekme direnci düşük bir yapı malzemesidir. Betonda deformasyonlarla gerilmeler arasındaki bağıntılar doğrusal değildir. Bir tekerlek yükü, beton plak üzerinden geçerken, çekme, basınç ve eğilme gerilmeleri oluşur. Tekerlek geçtikten sonra gerilmeler yön değiştirerek kaybolur. Özellikle yoğun kamyon trafiği taşıyan bir yolda bu gerilme değişimleri kısa zaman aralıkları ile sürekli olarak kendini gösterir. Bu durumda, beton plakta çekme ve basınç arasında sürekli değişen gerilmeler oluşur. Bu da zamanla malzemenin yorulmasına neden olur. Dolayısıyla bu tip gerilmelerin, betonun direncinin sürekli çok altında olması gerekir (Umar ve Ağar 1991; Ağar 1998).

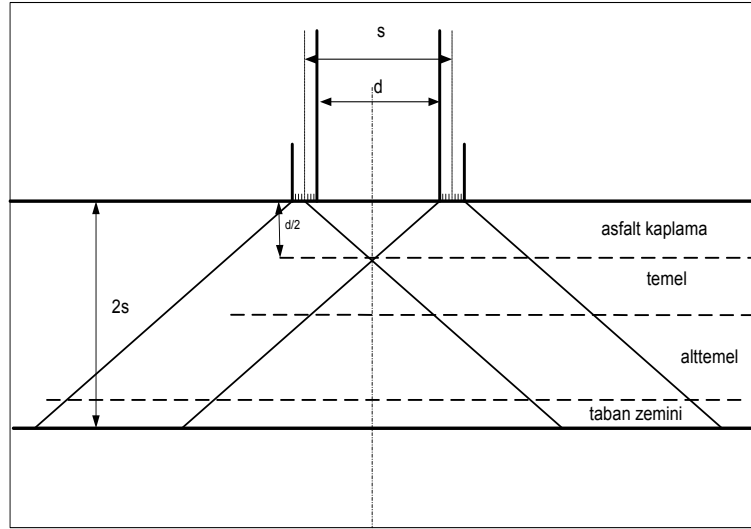
Diğer malzemelerde olduğu gibi beton da sıcaklığın artmasına veya azalmasına bağlı olarak genişlemekte veya büzülmemektedir. Buna ek olarak kaplamaların alt ve üst yüzeyleri günlük ve mevsimlik sıcaklık ve nemlilik farkları nedeniyle eğilme ve bükülmelere uğrar (Ağar 1998).

1. 1. Beton Kaplama Dizaynı

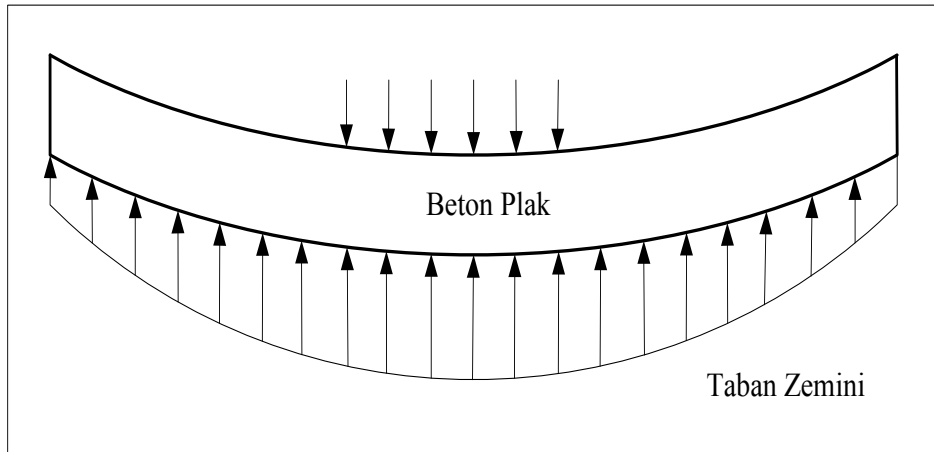
Yol üstyapısı, trafikten gelen yükleri daha geniş alanlara yayarak yolun altyapısına iletir. Üstyapı, belirli trafik yüklerini, taban zemininin taşıma gücünü aşmayacak bir düzeye indirerek iletirken, kendi içinde de tahrip olmamalıdır. Yolların tahrip olma mekanizması çok karışık olmakla beraber bunu başlıca iki ana nedene bağlamak mümkündür (Ağar 1998).

- Taban zemininde veya yol üstyapısındaki tabakaların birinde meydana gelen gerilmelerin, malzemenin sınır gerilme değerlerini aşması ve iç dengenin bozulması ile ortaya çıkan kaymalar.
- Taban zemininde veya yol üstyapısı tabakalarının birindeki basınç gerilmeleri ve rutubet oranındaki önemli değişimler altında oldukça büyük oturmaların ortaya çıkması, üst tabakaların bu oturmalara uymaması sonucunda oluşan çatlaklar ve kopmalar.

Beton kaplamaların asfalt (esnek) kaplamalara göre en büyük üstünlüğü, yüksek rijitliği ve elastikiyet modüllerinden ötürü trafik yüklerini zemin üzerinde daha geniş alana yayabilmeleri ve daha fazla mukavemet gösterebilmeleridir (Şekil 1.1). Dolayısıyla beton yol, elastik zemine oturan bir kiriş şeklinde çalışır (Ağar 1998). Ayrıca zemin mukavemet değişimlerinden ve çevre şartlarından daha az etkilenmektedir (Tunç 2001).



a) Esnek Üstyapı



b) Rijit Üstyapı

Şekil 1.1. Esnek ve Rijit Yol Üstyapısındaki Yük Dağılımı

Beton kaplamalarının trafik ve çevre etkilerine karşı direncinden beton plaklar sorumludur. Bu nedenle, beton kaplamalarının tasarımı bir anlamda beton plakların kalınlığının saptanmasından ibarettir. Ancak zemin rijitliği ve alt temelin varlığı beton plak kalınlığına etki etmektedir (Ağar 1998).

1. 2. Beton Kaplamalarda Oluşan Gerilmeler

Beton kaplamalar nispeten geniş ve ince plaklardan imal edilirler. Betonun mekanik karakteristiklerine (basınç, eğilmede çekme, yorulma vb. mukavemetlerine) göre tasarlanan beton kaplamalar, trafik ve çevre etkilerinden oluşan gerilmelere geniş ve ince plaklarla karşı koyarlar. Bu gerilmeler;

- Taşıt yükleri
- Periyodik sıcaklık değişimleri (burkulma (curling)– kıvrılma, büzülme, genişleme vb.)
- Periyodik hacimsel değişimler (don kabarması, oturma vb.)
- Plak ile temel arasındaki yatay sürtünme
- Plaklar arasındaki düşey sürtünme ve yük transferi

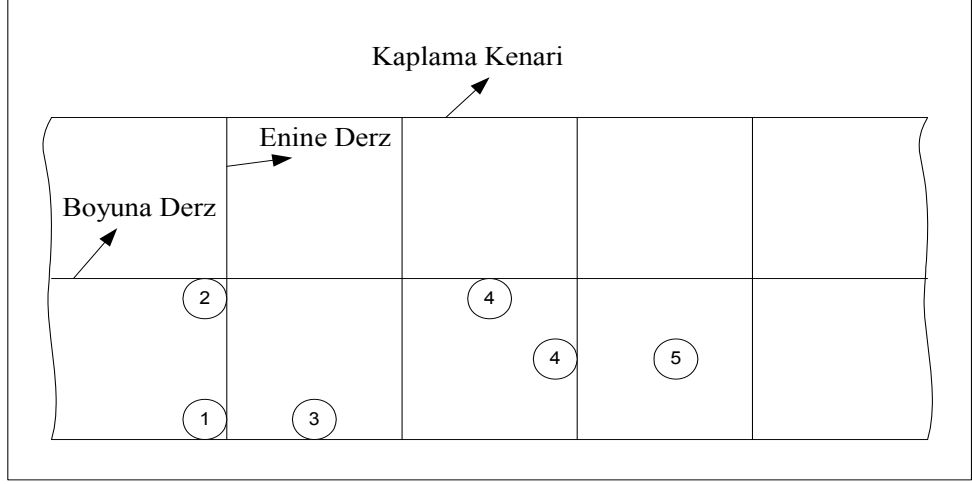
gibi sebeplerden ötürü farklı şiddetlerde oluşmaktadır. Bu nedenle, beton kaplama kalınlıklarının dizaynı için;

- Trafik (dingil yükü ve tekerrür sayısı)
- Taban zemininin rijitliği
- İklim
- Betonun mekanik özellikleri
- Yolun ekonomik hizmet ömrü
- Yoldan beklenen hizmet kalitesi

gibi proje faktörler dikkate alınmalıdır (Ağar 1998; Tunç 2001).

Teker yüklerinden ötürü beton plaklarda hem basınç hem de çekme gerilmeleri bir arada oluşmaktadır. Fakat betonun yüksek basınç mukavemetine sahip olması nedeniyle betonun eğilme-çekme gerilmesi esas alınarak geliştirilen dizayn metotları ile beton kaplama kalınlığı saptanmaktadır (Tunç 2001).

Beton plak üzerine etki eden teker yükü, plağın farklı bölgelerinde farklı eğilme gerilmeleri yaratmaktadır. Şekil 1.2’de kaplamanın farklı bölgelerine etki eden trafik yükleri görülmektedir. En kritik gerilmeler plağın köşesine yük etkimesi halinde ve en düşük gerilmeler ise plağın ortasına etki etmesi halinde oluşmaktadır (Tunç 2001).



Şekil 1.2. Beton Plakta Farklı Gerilme Yaratıcı Teker Yükleri

Şekil 1.2’de 1 no’lu noktadaki teker yükü, beton plakta maksimum eğilme-çekme gerilmesi meydana getirirken, aynı teker yüküne sahip 2, 3, 4 ve 5 no’lu noktalarda giderek azalan bir etki göstermektedir. Bir beton kaplama plağı üzerine etki eden teker yükü:

- Teker yükünün pozisyonu
- Teker yükünün büyüklüğü
- Teker yükünün etki alanı (temas alanı)

gibi parametrelere bağlı olarak konkav şekilde deforme olmasına neden olur.

Beton plağın deformasyona karşı direnci:

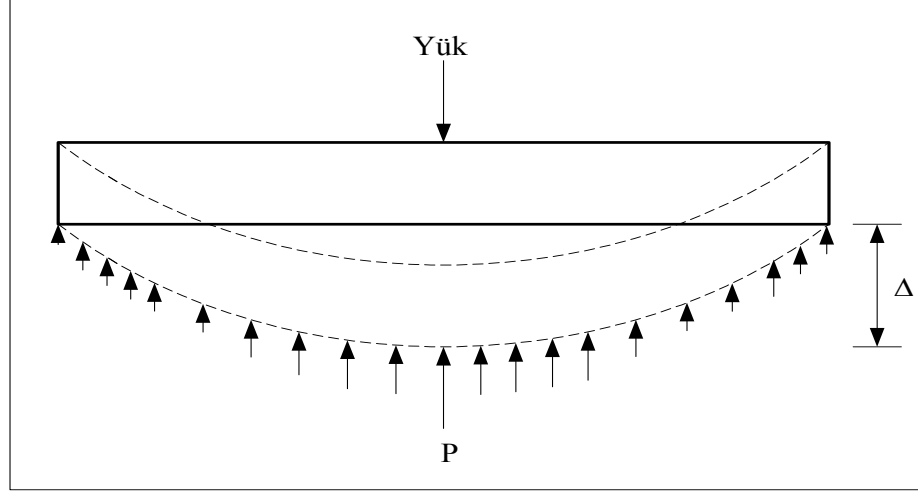
- Zeminin rijitliğine
- Beton plağın eğilme rijitliğine

bağlı olarak değişir (Tunç 2001). Beton plaklarda yüklerden dolayı meydana gelen gerilmeler için analitik ifadeler 3. bölümde geniş bir şekilde verilmiştir.

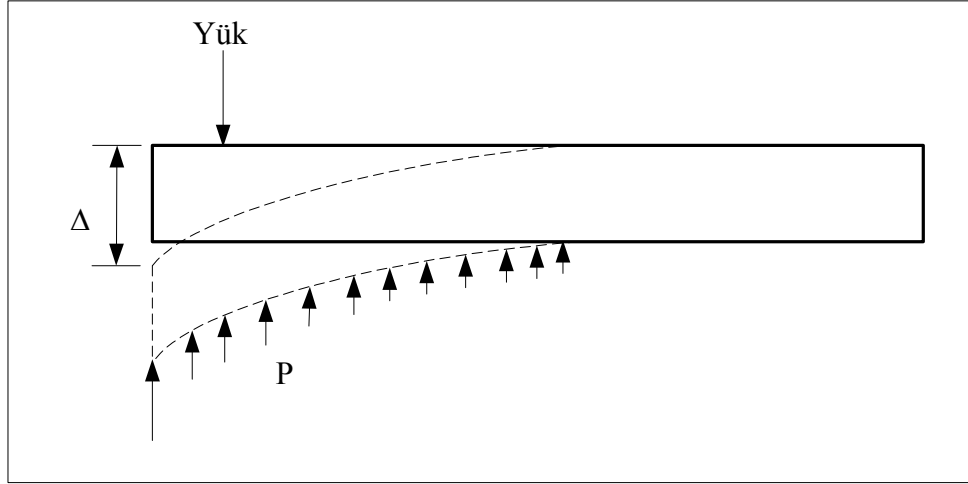
Beton kaplama dizaynında zemin rijitliği, plaka yükleme deneyi ile elde edilen yatak katsayısı ile tanımlanır. Zeminin yatak katsayısı, birim alana gelen yükten dolayı zeminde meydana gelen çökme miktarıdır. Şekil 1.3'te trafik yüküne maruz kalan bir beton plakta oluşan defleksiyon (çökme) ve zemin reaksiyon basıncı görülmektedir (Tunç 2001).

Beton plaklar ısının etkisiyle bükülmeye (curling) uğrarlar. Döşemenin kalınlığına ve ısınma durumuna göre, plağın alt ve üst yüzeyleri arasında sıcaklık farkı 30°C'ye kadar çıkabilir. Bu durum sonucu iki tip gerilme doğuşu görülür. Isınma (gündüz) yani sıcaklığın yükselmesi halinde, üst yüzey alt yüzeyden sıcak olacağından plak kabarıp, ortası yükselir ve üst kısmı çekmeye alt kısmı basınca maruz kalır. Buna karşılık, soğuma sırasında (gece) alt yüzey daha sıcak olacağından plağın kenarları yükselir ve ortası çukur kalır yani gerilmeler ters yönde gelişir. Kaplamanın üst ve alt kısmındaki nem farkından da buna benzer gerilmeler doğar (Ağar 1998).

Beton plağın kenar ve köşelerinde oluşan bu kıvrılmalardan dolayı, beton plak her noktasında zeminle tam temas edemeyeceğinden, zeminin beton plağa desteği uniform olmayacaktır. Böylece, teker yükünden dolayı kaplamada meydana gelen eğilme çekme gerilmesi de artmaktadır. Mevsimsel sıcaklık değişimlerinden dolayı beton plakta meydana gelen ek basınç ve çekme gerilmeleri, yapılacak genişleme derzleri ile ortadan kaldırılabılır veya en azından azaltılabilir (Tunç 2001). Sıcaklık farklarından dolayı meydana gelen gerilmeler için analitik bağıntılar 3. bölümde verilmiştir.



a) Plak Orta Yüklemesi



b) Plak Kenar ve Köşe Yüklemesi

Şekil 1.3. Beton Plakta Defleksiyon Oluşumu

Sonuç olarak beton kaplamalarda oluşan gerilmeler;

- Teker yükü ve lastik basıncı
- Tekerlerin ara mesafesi
- Teker yükünün plaktaki yükleme yeri (köşe, kenar veya orta)
- Zeminin reaksiyonu (yatak katsayısı)
- Çevresel etkilerden (ısı, rutubet) ötürü beton plakta bükülme (curling)

- Bükülmenin (curling) yönüne (dış bükey, iç bükey) göre teker yükünün plaka üzerindeki yükleme yeri

gibi nedenlere bağlı olduğundan belirlenmesi oldukça karmaşıktır. Beton kaplamalardaki gerilmelerin belirlenmesinde kullanılan yöntemlerde zeminin, her noktasında reaksiyon gösterdiği ancak reaksiyonun büyüklüğünün defleksiyonla arttığı kabul edilmektedir. Beton plak büküldüğünde (curling) yani kenarları yukarı veya aşağı kıvrıldığında zeminin desteği beton plakta süreklilik göstermemektedir. Ayrıca tekerrür eden yükler altında zeminde ya da temel tabakasında oluşan kalıcı deformasyonlar, beton plak ile zemin arasındaki teması azaltmaktadır. Sıcaklık farkı nedeniyle oluşan bükülmeler (curling) ve zemindeki kalıcı deformasyonlar sonucu oluşan hacim değişiklikleri, beton kaplamada oluşan gerilmeleri artırmaktadır (Tunç 2001).

Beton kaplamalarda;

- Beton plakaya etki eden yükün büyüklüğüne
- Zemin yatak katsayısına (veya zemin reaksiyon modülü)
- Beton plakların bükülme (curling) halinde yükleme şartlarına

bağlı olarak oluşan gerilmelerin bileşkesi göz önüne alınmalıdır. Zira kritik gerilmeler;

- Beton plak yukarı doğru kıvrık iken köşe yüklemesinde
- Beton plak aşağı doğru kıvrık iken orta yüklemesinde

meydana gelmekte ve gerilme yükün miktarı ile artmaktadır. Dolayısıyla yükten dolayı meydana gelen gerilmeler ile sıcaklıktan dolayı meydana gelen gerilmelerin bileşkesi göz önüne alınmalıdır (Tunç 2001).

Beton plaklarda, yük ve sıcaklıktan dolayı meydana gelen gerilmelerin belirlenmesinde Westergaard tarafından türetilen denklemler ve daha sonra Pickett and Ray (1951) tarafından geliştirilen etki diyagramları sadece zemin üzerine oturtulan plaklar için

kullanılabilmektedir. Ancak, tabakalı sistemlerin kullanılması durumunda bu denklemler yerine, sonlu elemanlar metodu ile analiz yapan programlar kullanılmalıdır (Huang 2004).

Sonlu elemanlar metodunun temel prensibi, öncelikle bir elemana ait sistem özelliklerini içeren denklemlerin çıkartılıp tüm sistemi temsil edecek şekilde eleman denklemlerini birleştirerek sisteme ait doğrusal denklem takımının elde edilmesidir. Yöntemde genel olarak kullanılan üç temel basamak vardır. Bunlar; hazırlık işlemleri (preprocessing), çözüm (processing) ve değerlendirme işlemleri (postprocessing) olarak sıralanabilir. Hazırlık işlemleri, düğüm koordinatları, elemanların birbirleri arasındaki süreklilik, sınır şartları yükler ve malzeme bilgileri ile ilgili verilerin hazırlanması safhasıdır. Çözüm safhası, problemin özelliğine göre gerekli hesaplamaların yapılarak çözümlerin elde edilmesini, değerlendirme safhası ise, elde edilen alan değişkenlerinin grafik çizimi (gerilme, sıcaklık hız dağılımı vs), deforme şekillerin elde edilmesi, değişkenlerin çözüm bölgesindeki dağılımlarının görsel olarak elde edilmesini içermektedir. Sonlu elemanlara ayırma işlemi ve problemin giriş bilgilerinin hazırlanması eleman sayısı arttıkça hem zaman alıcı olmakta hem de hata yapma oranını artırmaktadır. Bu yüzden elemanlara bölme işleminin bilgisayarla yapılması için yöntemler geliştirilmiştir. Otomatik ağ oluşturma yöntemleri de bunlara duyulan ihtiyaçla beraber 1970'lerden itibaren geliştirilmeye başlanmıştır. Yapılan çalışmalar iki boyutlu ve üç boyutlu problemler için sonlu eleman ağı geliştirilmesi, eleman tipine göre ağ optimizasyonu ve ele alınan problemin özelliklerine göre sonlu eleman ağlarının düzenlenmesi şeklinde genel bir sınıflandırmaya tabi tutulabilir (Topçu 2007).

Yapılan literatür çalışmalarında, plak çözümleri için Abaqus, Illı-slab, Jslab, Tkupav, Nisa, Kenslab, Islab2000 vs. gibi çeşitli paket programlar kullanılmıştır. Bu çalışmada, sonlu elemanlar metodu kullanan paket programlarından biri olan Abaqus kullanılarak, tabakalı plaklarda meydana gelen gerilmeler hesaplanmıştır.

Geleneksel deney tasarımlarında, kullanılan parametreler ve seviyeleri arttıkça yapılacak deney sayısı da artmaktadır. Bu da malzeme, işgücü, para ve zaman kaybını

beraberinde getirmektedir. Bu gibi olumsuzlukların üstesinden gelmek için Taguchi metodu yaygın olarak kullanılmaktadır. Deney maliyetini minimum seviyede tutan Taguchi metodunun en önemli avantajlarından biri, hedef etrafındaki değişkenliği azaltarak, performans değerini hedef değerine yaklaştırmasıdır (Hınıslioğlu and Bayrak 2004; Hınıslioğlu and Bayrak 2005).

Bir rijit üstyapı tasarımında amaç, mevcut dingil yükleri, sıcaklık farkı ve farklı yükleme durumları için meydana gelecek kritik gerilmelerin aşılmasını önleyecek malzemelerin kalitesi ve üstyapı geometrisini belirlemektir. Rijit üstyapı tasarımında farklı dingil yükleri, farklı dingil tipleri, farklı yükleme şekilleri, farklı sıcaklık farklarının (thermal gradient) üstyapıyı etkilemesi, üstyapıda kullanılacak farklı malzemelerden dolayı farklı üstyapı geometrilerinin (plak kalınlığı, plak boyu, temel tabakası kalınlığı) kullanılmasını mümkün kılmaktadır. Fakat yukarıda bahsedilen faktörlerin çok fazla olması, alternatif çözümlerin araştırılmasını sınırlamaktadır. Üstyapıya etki eden bütün faktörlerin tasarımda dikkate alınması, tasarımı daha güvenli yapacaktır. Buna ek olarak tasarım için uygun olduğu gerilme analizleri sonucu belirlenmiş olan seçeneklerden hangisinin daha ekonomik olduğunun araştırılması da bir mühendislik yaklaşımıdır.

1. 3. Çalışmanın Amacı ve Önemi

Bu çalışmada, rijit bir üstyapı tasarımı için farklı dingil tipleri ve yükleri, farklı yükleme şekilleri, plak alt ve üst yüzeyleri arasında meydana gelen değişik sıcaklık farkları için üstyapıda meydana gelebilecek maksimum gerilmenin, tanımlanan tasarım kriterinin (betonun kopma modülünün %86'sı) altında kalmasını sağlayacak; beton sınıfı, beton plak kalınlığı, temel tabakası kalınlığı ve plak boyunun 3 boyutlu doğrusal sonlu elemanlar analizi (SEA) ile belirlenmesi amaçlanmıştır. Aynı zamanda üstyapıya etki eden faktörlerin ve muhtemel çözümlerin son derece fazla olmasından dolayı, sonlu elemanlar analizleri özel bir deney tasarım tekniği olan Taguchi Metoduna göre yapılmıştır. Tasarım kriterlerine uyan SEA sonuçlarından amaca uygun olan seçeneklerin yaklaşık birim maliyetleri hesaplanmıştır. Bir üstyapının çok güvenilir

olması, ekonomik olması anlamına gelmemektedir. Hem güvenilir hem de ekonomik bir üstyapı tasarlayabilmek için ikinci tasarım kriteri olarak $\left(\frac{\text{Maliyet}}{\sigma_{kr} - \sigma_{\max}} \right)$ oranı önerilmiştir. Birinci tasarım kriterinden (kopma modülünün %86'sı) daha küçük gerilmeler elde edildikçe, üstyapı o kadar güvenli olacak fakat maliyet artacaktır. Dolayısıyla optimum seviyede güvenilirlik ve ekonomi sağlanabilmesi için ikinci tasarım kriterini minimum yapan üstyapı konfigürasyonu, en iyi üstyapı olarak önerilmiştir. Özetle, farklı yükleme koşulları altında rijit üstyapının her bir farklı konfigürasyonu için gerilme analizleri, sonlu elemanlar metodu ile Taguchi Metoduna göre yapılmıştır. Ekonomik ve güvenli bir tasarım için $\left(\frac{\text{Maliyet}}{\sigma_{kr} - \sigma_{\max}} \right)$ oranı önerilmiştir. Aynı zamanda tüm alternatif üstyapı konfigürasyonlarının iki tasarım kriterine göre durumlarını gösteren tablolar hazırlanmıştır. Bu tabloların kullanımını kolaylaştırmak ve seçilecek en uygun üstyapıyı belirleyebilmek amacıyla bir akış şeması sunulmuştur.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Beton üstyapının yapısal tasarımı, mevcut şartlar altında oluşan gerilmelerin tahminine göre yapılmaktadır. Bu konuyla ilgili olarak Westergaard, önce tekerlek yüklerinden dolayı meydana gelen gerilme ve defleksiyonları ele almış (Westergaard 1926), daha sonra ise sıcaklık farklarından dolayı meydana gelen gerilme ve defleksiyonlarla ilgili çalışmalar yapmıştır (Westergaard 1927). Denklemlerin çıkarılmasında yapılan kabuller aşağıdaki gibidir;

- Tekerlek yüklerinin statik olduğu kabul edilmiştir.
- Beton plak homojen, izotropik ve elastik ince plak olarak davranır.
- Plak yatay doğrultuda sonsuz olarak alınmış olup derz ve çatlak gibi süreksizlikler dikkate alınmamıştır.
- Plağın altındaki tüm üstyapı tabakaları yoğun sıvı (Winkler) temel olarak modellenmiştir. Bu da zemin reaksiyon modülü (k) ile temsil edilir.
- Plak, sıcaklık farkından dolayı büküldüğünde zeminle tam temas halindedir.
- Malzeme davranışı lineer elastiktir. Dolayısıyla sıcaklık farkı ve yükten dolayı meydana gelen gerilmeler süper pozisyon kuralı kullanılarak birbirine eklenebilir.

Westergaard uniform kalınlıktaki beton kaplamada yüklerden ve sıcaklık farkları nedeniyle oluşan bükülmeden doğan gerilmeler için formüller ve tablolar vermiştir. Yüklerden dolayı meydana gelen gerilme formüllerini verebilmek için yükler üç farklı kritik noktaya yüklenmiştir. Bunlar;

1. Orta yükleme
2. Kenar yükleme
3. Köşe yükleme

Çalışmada aynı zamanda defleksiyonlar ve eğilme momenti diyagramları da verilmiştir. Bu diyagramlar yardımıyla çoklu tekerlek yükleri süperpozisyon prensibiyle birleştirilebilmektedir.

Westergaard 1927 yılında yaptığı çalışmada ise plaklarda sıcaklık farklarından dolayı oluşan gerilmeleri incelemiştir. Westergaard teorileri aşağıda verilen sınırlamalarla birlikte büyük ölçüde doğru olarak kabul edilmiştir (Hammons 1997):

- Rijit üstyapılar genellikle tabakalar halinde yapılmaktadır (temel, alttemel tabakaları gibi). Ancak Westergaard, analizlerinde plak altındaki bütün tabakaları zemin reaksiyon modülü ile göstermiştir. Bu da analizin doğruluğunu düşürmektedir.
- Temel her zaman lineer-elastik özelliktedir. Ancak bazı zemin ve temel tabakaları doğrusal olmayan davranış sergilemektedir.
- Westergaard, plak ile zemin arasında tam temas olduğunu kabul etmektedir. Ancak, bükülme ve pompajdan dolayı plakla temelin birbirinden ayrılması durumunda, sınır şartları ihlal edilmiş olmaktadır.
- Gerçekte enine ve boyuna derzlerden dolayı sistemde süreksizlikler olmasına rağmen, teoriye göre plaklar sonsuz genişlikte kabul edilmektedir.
- Enine derzler arasındaki yük transferleri direkt olarak modellenememektedir. (William 2003).

Westergaard tarafından yapılan bu çalışmalar, plaklarda meydana gelen gerilme ve defleksiyonlar için temel oluşturmuştur. Bu bilgilerin ışığı altında yapılan araştırmalar aşağıda özetlenmiştir.

Mekanik Y¼klerden Dolayı Meydana Gelen Gerilme ve Defleksiyonların İncelenmesi:

1951 yılında Pickett and Ray tarafından yapılan çalışmada, Westergaard'ın sunduğu grafik öz¼mler baz alınarak etki diyagramları geliştirilmiştir. Bu diyagramlar, elastik, katı ve elastik zemin tabakası gibi üç farklı temel üzerine oturan beton plakların; iç, kenar ve köşe yüklemeleri nedeniyle meydana gelen gerilme ve defleksiyonların belirlenmesini oldukça basitleştirmiştir.

Zaman and Alvappillai (1995), hareketli yüklerin etkisi altındaki çok plaklı derzli üstyapıların, dinamik davranışlarının analizi için sonlu elemanlar algoritması geliştirmişlerdir. Üstyapı-zemin sistemini, Winkler temel üzerine oturan ince plaklı sonlu elemanlarla idealleştirmiştir ve düzlem çubuk elemanlarla göstermiştir. Kayma demiri-üstyapı etkileşimlerini, üstyapı ile kayma demirleri arasındaki kontak elemanlarla modellemiştir. Tekrarlı yüklerden ve diğer faktörlerden dolayı meydana gelen kayma demiri kayıpları, derzlerin verimliliklerini azaltmaktadır. Aynı zamanda, yapılan bu çalışma sonucu, statik yükleme durumunun genellikle üstyapı kalınlığının belirlenmesinde daha kritik olduğu vurgulanmıştır.

Wu and Shen (1995), hareketli yüklere maruz kalan beton üstyapıların dinamik davranışını, üç boyutlu (3D) sonlu elemanlar yöntemi kullanarak analiz etmişlerdir ve sonlu elemanlar algoritması önermişlerdir. Beton plak kalınlığının azalması ve zeminin yumuşması ile dinamik davranışın arttığı, aynı zamanda statik merkezi defleksiyona göre, hareketli yüklerden meydana gelen maksimum dinamik defleksiyonun %18 daha fazla olduğunu bulmuşlardır. Benzer bir çalışmada Bhattacharya (2004) ise, kenar yüklemesine maruz bırakılmış Winkler zemin – plak sistemine sahip beton üstyapı için 3D sonlu elemanlar yöntemiyle gerilme analizi yapmış ve sonuçları hem deneysel olarak hem de literatürden elde ettiği sonuçlarla doğrulamıştır.

Sherif and Dilger (1998), 5m boyundaki beton plağı kullanarak donatılı düz beton plaktaki defleksiyonları hesaplamışlardır. Düz plakların analizinde en çok kullanılan

metotlar; eşdeğer çerçeve metodu, prizmatik eleman metodu, direkt tasarım metodu ve sonlu elemanlar metodu. Sonuçlar bu metotlar kullanılarak karşılaştırılmıştır.

Shoukry *et al.* (2002), üç boyutlu sonlu elemanlar yöntemi kullanarak beton-kayma demirleri arasındaki kontak yüzeylerinin üç eksenli durumda oluşan gerilmelerini incelemişlerdir. Elde edilen sonuçlar, hem laboratuvar ortamında hazırlanan numunelerle hem kapalı form çözümler kullanılarak hesaplanan değerlerle hem de arazide yapılan ölçümlerle karşılaştırmışlar ve kontak gerilmelerinin yoğunluğunu azaltan kayma demiri dizaynı geliştirmişlerdir.

Tek plaktan oluşan üstyapı modelleri, beton yolların tasarım ve analizlerinde oldukça yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Ancak bu tür tasarım ve analizlerde, derzlerde meydana gelen yük transfer etkileri ihmal edilmektedir. Arazide yapılan ölçümler ve yapılan sonlu elemanlar analizleri göstermiştir ki, yüklerin derzlere yakın yerlerde uygulanması durumunda derzlerdeki yük transferlerinin plakta oluşan gerilmeler üzerine önemli etkisi vardır. Wei and Fang (2005), trafik yükleri altındaki üç plaklı modelin gösterdiği davranışları incelemek için kapalı-form teorik model kullanmışlardır. Modelde parametre olarak, plak uzunluğu, genişliği, kalınlığı ve zemin reaksiyon modülü alınmıştır. Çalışma sonunda aşağıdaki sonuçlar çıkarılmıştır;

- Düşey yüklerin etkisi altında beton yollarda oluşan maksimum eğilme gerilmesi ve defleksiyonlar, derzlerin yük transfer veriminin artmasıyla azalmaktadır.
- Derzlerdeki yük transfer etkileri plak kalınlığı ve boyu arttıkça artmaktadır.
- Derzlerdeki yük transfer etkisi, zemin reaksiyon modülünün değerinin artmasıyla azalır.

Ioannides *et al.* (2006), sonlu elemanlar paket programı olan Abaqus'u kullanarak beton plaktaki çatlak gelişmesini incelemiştir. Beton plağın yoğun sıvı zemin üzerine oturduğu kabul edilmiş ve kenar yükleme ile yüklenmiştir. Çentikli ve çentiksiz plaklar

üzerinde, farklı yükleme parametreleri, çentik boyutu, yükleme alanı boyutu, plak kalınlığı ve boyutları incelenmiştir. Sonuçlar, Westergaard analizleri ile doğrulanmıştır.

Liu and Fwa (2006) ise tekli plak sistemi yerine derzlerin yük transfer etkilerini derzli beton yol sistemiyle birleştirmek için, düşey yüke maruz bırakılan dokuz kalın plaklı ve derzli üstyapı modeli geliştirilmiştir. Geliştirilen bu model sonlu elemanlar çözümleri ve Westergaard'ın çözümleriyle doğrulanmıştır.

Ladeveze (2003), sabit kalınlıkta rasgele yüklemeler altındaki homojen, izotropik elastik plakların analizleri için yeni bir yaklaşım önermiştir. Önerilen bu yaklaşım, klasik plak teorilerinin aksine sadece ince plaklarla sınırlandırılmamıştır.

Sıcaklık Farklarından Dolayı Meydana Gelen Gerilme ve Defleksiyonların İncelenmesi:

Beton plağın alt yüzeyindeki sıcaklık, üst tarafındaki sıcaklıktan yüksek olması durumunda, yani plak negatif sıcaklık farkına maruz kaldığında, konkav form oluşturacak şekilde bükülmeye başlar ve sıcaklık farkının fazla olması durumunda ise plak alt yüzeyi ile zemin arasında boşluk meydana gelir. Tang *et al.* (1993), beton plakta negatif sıcaklık farkı olması durumunda oluşan gerilme ve defleksiyonların belirlenmesi için analitik çözüm önermiştir.

Harik *et al.* (1994), termal yüklemeye maruz bırakılan beton yolların analizi için sonlu elemanlar programıyla birlikte kullanılabilen bir analiz tekniği geliştirmiştir. 2D plak elemanlar doğrusal sıcaklık dağılımıyla sınırlandırılmış olduğundan, önerilen bu metotla doğrusal olmayan sıcaklık dağılımı da kullanılabilir. Bu yöntem 3D eleman kullanma ihtiyacının da üstesinden gelmektedir.

Choubane and Tia (1995), beton yollarda termal yüklerden meydana gelen gerilmeleri belirlemek için deneysel ve analitik çalışma yapmışlardır. Beton plakta oluşan sıcaklık,

uzun bir zaman aralığı içerisinde ölçülmüştür. Oluşan kritik gerilmeler, çalışmada geliştirilen yöntemle belirlenmiştir. Elde edilen bulgular, beton yolların analiz ve tasarımında sıcaklık farklarının da hesaba katılması gerektiğini doğrulamıştır. Aynı zamanda, sıcaklık dağılımı büyük ölçüde doğrusal olmadığı ve quadratik denklemlerle ifade edildiği söylenmiştir.

J.Ndon *et al.* (1995), beton köprülerin termal davranışları üzerine araştırma yapmışlar. Bu araştırma üç safhadan oluşmaktadır. Öncelikle laboratuarda betonun termal genleşme katsayısını belirlenmiştir. Daha sonra bu değer, araziden elde edilen sonuçlar ve betonun genleşmesini belirlemek için ampirik denklemden elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak, laboratuardan elde edilen değerlerin arazi ve ampirik denklemden elde edilen değerlerle örtüştüğü bulunmuştur.

Mohamed and Hansen (1996), doğrusal olmayan sıcaklık ve nem farklarına maruz kalan beton plaklardaki gerilmeler için analiz yöntemi önermişlerdir. Analiz iki bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde, kısıtlayıcıların neden olduğu kesitte denge denklemlerinin hesaplanması için denklemler verilmiştir. Bu gerilmeler, plak boyutları ve sınır şartlarından bağımsızdır. İkinci bölümde ise, ilk bölümden elde edilen doğrusal sıcaklık farkı kullanılarak, dış kısıtlayıcılardan (plak ağırlığı, zemin reaksiyonu) dolayı meydana gelen gerilmeler hesaplanmıştır. Bu adımın çözümünde plak boyutları ve sınır şartları kullanılmıştır. Önerilen metot, başka bir çalışmadan elde edilen arazi verileri ile doğrulanmıştır (Thompson *et al.* 1987).

Sıcaklık, esnek ve rijit üstyapı tasarım ve performansını etkileyen en önemli parametrelerden biri olduğundan Ramadhan and Wahhab (1997), Suudi Arabistan'ın Dhahran Bölgesinde hem esnek hem de rijit üstyapı için arazi deneyleri yapmışlardır. Çöl şartlarında yapılan deneylerden beton yolları için en yüksek sıcaklık farkı 15°C bulunmuştur ve elde edilen bu sıcaklık farklarına göre hem esnek hem de rijit üstyapılar için iki tane tahmin modeli geliştirilmiştir.

Pane *et al.* (1998), doğrusal olmayan sıcaklık dağılımının etkisindeki beton plakta, gerilmeler oluştuğundan sonra kesitin düzlem olarak kalıp kalmadığını 3D sonlu elemanlar yöntemiyle araştırmıştır. Aynı zamanda, plakla zemin arasındaki kontak kaybının olup olmadığı da çalışılmıştır. Bu amaç doğrultusunda farklı iki plak boyu ve rölatif rijitlik yarıçapı kullanılmıştır. Çalışma sonunda, kenarlara çok yakın kesitler dışında, kesitlerin gerilme aldıktan sonra da düzlem kaldığı ve plakla zemin arasında kontak kaybının olmadığı bulunmuştur.

Liang and Niu (1998), yaptıkları çalışmada, sıcaklığın etkilerini incelemiş ve özellikle gündüz boyunca oluşan sıcaklık farkının büyük ölçüde doğrusal olmadığı sonucunu çıkarmışlardır.

Ju and Zhang (1998), havaalanı üstyapıları için aksenel simetrik termomekanik hasar modeli önermişlerdir. Bu tür yollar, uçakların iniş ve kalkışlarında egzozlarından çıkan gazlarla hızlı bir şekilde ısınma ve soğumaya maruz kalmaktadır. Çalışmada, radyal ve düşey yöndeki sıcaklık ve boşluk basıncı dağılımları kullanılmış ve küresel boşluk etkileri için üç boyutlu termoelastik gerilme ve deformasyon bağıntıları türetilmiştir.

Nishizawa *et al.* (1999), sıcaklık farkından dolayı meydana gelen bükülme gerilmeleri için sonlu elemanlar metodu kullanarak denklemler geliştirmiştir. Sonlu elemanlar analizinde, beton plak ve enine derzler Winkler zemini üzerinde duran ince plakla, derzler ise yaylarla gösterilmiştir. Elde edilen 192 sonuca, multiregresyon analizi uygulanarak, enine yöndeki derz kenarı için bükülme gerilmesi denklemleri elde edilmiştir ve Kelly and Iwama'nın yaptığı çalışmayla karşılaştırılarak doğrulanmıştır.

Tabakalı üstyapılar, farklı malzemelerden yapılan iki tabaka içeren sistemlerdir. Nishizawa *et al.* (1999), tabakalı üstyapıların mekanik davranışını incelemek için iki tabakalı sonlu elemanlar modeli geliştirmişlerdir. Deneme plaklardan elde edilen sonuçlar kullanılarak, hesaplanan deformasyonların doğru olduğu bulunmuştur. Bununla birlikte, tabakaların birbirinden ayrılmasında negatif sıcaklık farkının pozitif sıcaklık farkından daha fazla olduğu gözlenmiştir.

Sürekli donatılı beton yolların performansı, döküldükten hemen sonra meydana gelen sıcaklık değişimi ve rötreden kaynaklanan çatlaklara bağlıdır. Kim *et al.* (2000), üç boyutlu sonlu elemanlar metodu kullanarak sürekli donatılı beton yolların, sıcaklık değişimlerinden dolayı meydana gelen davranışını incelemiştir. Beton ve temel arasında ve betonla çelik arasındaki doğrusal olmayan aderansın etkileri araştırılmıştır. Çalışmada, çatlak genişliği ve betonda meydana gelen gerilmelerin boyuna derz kenarındaki enine donatının (kayma demirlerinin) durumuna bağlı olduğu, enine donatıların bulunduğu plak üst kenarında meydana gelen çekme gerilmelerinin plak üst ortasından daha yüksek olduğu söylenmiştir.

Derzli beton yollarda meydana gelen bu tür bozulmaların analizi için Shoukry *et al.* (2002) doğrusal olmayan 3D sonlu elemanlar yöntemi kullanarak kayma demirleri modellemiştir. Elde ettikleri sonuçları Morgantown yakınlarındaki Goshen Road'da inşa edilen beton plaklardan elde edilen sonuçlarla doğrulamışlardır. Çalışmada, maksimum sıcaklık gerilmelerinin büyüklüğü üzerinde plak boyunun kritik bir parametre olduğunu söylemişlerdir. Aynı zamanda plak ortasında meydana gelen gerilmelerin azaltılmasında 4.57m'lik plak boyunun optimum sonuçlar verdiğini söylemişlerdir.

Beton yollarda sıcaklıktan dolayı meydana gelen gerilme analizlerinin ve tasarımların hepsi, plak kalınlığı boyunca, sıcaklık dağılımının doğrusal olduğu kabulüyle yapılmaktadır. Ancak, plak kalınlığı boyunca meydana gelen gerçek sıcaklık dağılımı doğrusal değildir ve doğrusal sıcaklık dağılımı kabulü ile yapılan hesaplamada yapılan hata %30'dan daha fazladır. Zhang *et al.* (2002), doğrusal olmayan sıcaklık farkından dolayı meydana gelen bükülme gerilmelerinin hesaplanması için kapalı-form teorik model tanımlamışlardır. Model olarak, Winkler veya Pasternak zemini üzerine oturan, 4 serbest kenarı olan beton plak için Reissner kalın-plak teorisine dayanan bir model geliştirmişlerdir. Elde edilen teorik çözümler, gerçek arazi sonuçlarıyla doğrulanmıştır.

Doğrusal olmayan 3 boyutlu sonlu elemanlar modeli kullanılarak Shoukry *et al.* (2003), kayma demirli beton plaklarda doğrusal olmayan sıcaklık farklarının etkilerini incelemiştir. Modelin termal davranışı, Robert Byrd Otobanından elde edilen verilerle

doğrulanmıştır. Sonuçlardan, doğrusal olmayan sıcaklık farkının etkisinden dolayı meydana gelen boyuna gerilmelerin yerinin enine derzden 0.28m uzakta olduğu bulunmuştur. Uniform sıcaklık düşüşüne sahip olan modelde ise plağın ortasında büyük çekme gerilmelerinin meydana geldiği bulunmuştur.

Sıcaklık değişimlerine maruz bırakılmış kayma demirli derzli beton plakların, 3D sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak elde edilen termoelastik davranışın doğrulanması için en iyi yöntem, araziden elde edilen değerlerle karşılaştırılmasıdır. Ancak arazide yapılan ölçümlerde sadece sıcaklık farkından değil aynı zamanda döküm esnasında betonda oluşan sıcaklık bileşeni ve sünme ve rötne de etkilidir. Dolayısıyla araziden elde edilen değerler direkt olarak üç boyutlu sonlu elemanlar modellerine uygulanamazlar Shoukry *et al.* (2004). Shoukry *et al.* çalışmasında, araziden elde edilen verileri 3D sonlu elemanlar modeline uygun hale getirmek için veri azaltma tekniği önermiştir.

Carrera and Ciuffreda (2004), çok tabakalı plak sistemlerinin termal gerilmeler altındaki davranışlarını, virtüel deplasman kuralına dayanan klasik teorilerle, Reissner karışım değişim teoremlerine dayanan gelişmiş teorilerle karşılaştırmışlardır. Enine kesme deformasyon etkisi, deplasman alanlarının zig-zag formu ve enine gerilmelerin tabaka içi süreklilikleri hem klasik hem de geliştirilen diğer teorilerle değerlendirilmiştir.

Benzer şekilde Rufino *et al.* (2004), Denver Uluslararası Havaalanından (DUH) elde ettikleri veriler ışığı altında derzli üstyapıdaki yük transfer verimi üzerine sıcaklığın etkilerini araştırmıştır. DUH'ndan elde ettikleri sıcaklık değerlerini, mevcut ısı transfer modelleri ve Integrated Climatic Modelle karşılaştırmışlardır. Üstyapının ortalama sıcaklığının, yalancı ve kayma demirli derzlerin hareketini büyük ölçüde etkilediğini bulmuşlardır. Aynı zamanda, yalancı derzler için yük transfer verimliliği ile ortalama üstyapı sıcaklığı arasında kurulan korelasyonla, yalancı derzlerin yük transfer verimliliğinin yılın %55'lik kısmı için %50'den daha az olduğu bulunmuştur.

Siddique *et al.* (2005) ise, arazi deneylerinden elde ettikleri verileri ANSYS sonlu elemanlar programıyla karşılaştırmışlardır. Çalışmada, sıcaklık farkının artmasıyla

yukarı ve aşağı yöndeki bükülmelerin arttığı, aynı büyüklükteki negatif ve pozitif sıcaklık farkının neden olduğu defleksiyonlar karşılaştırıldığında, pozitif sıcaklık farkının neden olduğu defleksiyonların, negatif sıcaklık farkının neden olduğu defleksiyondan daha fazla olduğu bulunmuştur.

Rijit üstyapıların, beton döküldükten hemen sonraki davranışı sıcaklık ve nemden önemli ölçüde etkilenmektedir. Genel olarak sıcaklık farkından dolayı plakta bükülmeler, nem farkından dolayı ise eğilmeler meydana gelmektedir. Plakta günlük olarak çekme ve basınç gerilmeleri periyotlar halinde dış sıcaklığa ve neme bağlı olarak meydana değişmektedir. Plağın hareketlerindeki değişikliğe neden olan rötre ve sünmeler, öncelikle plak üst yüzeyinde meydana gelmektedir. Jeong and Zollinger (2006), beton döküldükten sonra plağın yapmış olduğu davranışı araştırmak için Texas A&M Üniversitesinde derzli beton plaklar dökmüşlerdir. Hem deformasyon hem de düşey deplasmanda meydana gelen değişiklikler araştırılmıştır. Plak davranışının, zamanın fonksiyonu olarak sıcaklık ve nem değişimleri ile tanımlanabileceğini söylemişlerdir.

Hem Sıcaklık Farkı Hem de Mekanik Yüklerden Dolayı Meydana Gelen Gerilme ve Defleksiyonların İncelenmesi:

Derzlerin davranışı ve etkinlikleri beton yolların analiz ve tasarımlarında öncelikli konu olarak ele alınmaktadır. Yük transfer kavramı havaalanları için beton yol tasarımı için temel olarak kabul edilmektedir. Yük transferinin temeli, yük uygulanan plaktaki maksimum gerilme ve defleksiyonlar bir kısmını komşu plaklara aktararak azalmaktadır prensibine dayanmaktadır. Ioannides and Hammons (1996), plak kenarlarındaki yük transferleri için analitik çözümler önermiştir.

Lee *et al.* (1997), derzli beton yollarda oluşan kritik gerilmeleri hesaplamak için alternatif bir gerilme tahmin yöntemi geliştirmiştir. Çalışmada, dingil konfigürasyonu, toplam tekerlek yükü, lastik basıncı, banket ve termal bükülmeler, gerilme tahminleri için kullanılan ana parametrelerdir. Analizler için ise ILLI-SLAB sonlu elemanlar

programını kullanılmıştır. Çalışma sonunda basitleştirilmiş bir gerilme analiz yöntemi önerilmiş ve kullanımı kolay olan TKUPAV programını ile birleştirilmiştir.

Kuo (1998), AASHTO rehberindeki beton yollar için yük transferini incelemiştir. Farklı üstyapı koşulları için J-faktörünün seçimi için bir takım denklem türetilmiştir. Üç boyutlu sonlu elemanlar analizleri yapılarak, kritik gerilmelerle derz dizayn parametreleri arasında ilişki bulunmaya çalışılmıştır. J-faktörüne kayma demiri parametreleri birleştiren geliştirilmiş prosedür önerilmiştir.

Birçok araştırmacı, statik, dinamik ve termal yükler uygulanan rijit üstyapı sisteminin davranışını modellemiştir. Başlangıçta, iki boyutlu sonlu elemanlar programları geliştirilmiştir. Ancak bu programlarla modeller oluşturulabilmektedir fakat lokal davranışların detaylarını verememektedir. Bu sınırlamaların üstesinden gelmek için araştırmacılar üç boyutlu sonlu elemanlar programları geliştirmiştir. Davids *et al.* (1998) üç boyutlu sonlu elemanlar programını geliştirmişlerdir. Bu programla, kayma demiri yerleri, etrafındaki boşluklar ve sıcaklığın etkileri ile çalışmak daha kolay hale gelmiştir.

Hammons (1998), 3D sonlu elemanlar modeli geliştirerek havaalanı kaplamalarının yapısal davranışlarını incelemiştir. Model, beton plak, derzlerde yük nakli, temel tabakası, temeldeki çatlak boyunca oluşan yük transferi ve plakla temel arasında kontak gibi özellikler ele alınarak yapılmıştır. Modelleme Abaqus paket programını kullanılarak yapılmıştır. Tahmin edilen üstyapı davranışını doğrulamak için Denver havaalanında gerekli donanım yerleştirilmiş yerlerden bir deneme aracının hem gündüz hem de gece geçirilmiştir. Yapılan testlerde, hem gerilmeye dayanan yük transferleri hem de deformasyona dayanan yük transferleri ölçülmüştür. Gerilmeye dayanan yük transfer tahminlerinin deformasyona dayanan yük transfer tahminlerinden daha doğru sonuç verdiği söylenmiştir.

Beton yollardaki bükülme gerilmelerini hesaplayabilmek için sıcaklık farkı verilerine veya plağın üst ve alt yüzeyleri arasında sıcaklık dağılımına ihtiyaç vardır. Ancak, plak sıcaklığı, gün içerisinde meydana gelen bulutlanma, yağmur ve güneşten dolayı

değişmektedir. Bükülme gerilmelerinin hesabı için hangi ölçünün alınacağı hala tartışma konusudur. Kuo (1998), geliştirdiği modelde, üç boyutlu sonlu elemanlar yöntemi kullanarak plakta meydana gelen gerilmelerin tahminini yapmıştır. Günün farklı zamanlarında 14 bölgeden elde edilen arazi değerleri alınarak hem dingil yükü hem de sıcaklık farkından dolayı meydana gelen gerilmeler hesaplanmıştır. Yorulma analizi kullanılarak eşdeğer hasar ve etkili sıcaklık farkı veren algoritma geliştirilmiştir.

Ioannides and Khazanovich (1998), farklı tekerlek yükleri ve doğrusal olmayan sıcaklık farklarına maruz bırakılan, elastik zemin üzerine oturan bir veya daha fazla tabakalı plakları ele almıştır. Etkiyen yükler etkisinde plakta meydana gelen eğilme gerilme dağılımları verilmiştir. Metodun uygulanmasını göstermek için birçok örnek çözülmüştür.

Beton üstyapının çimento ile stabilize edilmiş temel tabakası üzerine etkisi çok fazla araştırılmamıştır. Hammons (1998), derzli plak-zemin sistemine sahip rijit üstyapının davranışı üzerine bir çalışma yapmıştır. Çalışmada, laboratuvar deneyleri ile birlikte Abaqus paket programı kullanılarak hem 2D hem de 3D sonlu elemanlar çözümleri yapılmıştır. Elde edilen verilerle 3D sonlu elemanlar modeli geliştirilerek halen geliştirilmekte olan ileri üstyapı tasarım konseptine katkılar yapılmıştır.

Westergaard'ın iç, kenar ve köşe yükleme durumlarında tek dingil yükünden meydana gelen kapalı-form gerilme çözümleri derzli beton yolların tasarımı için kullanılmaktadır. Ancak, gerçek durum Westergaard'ın kabul ettiği ideal koşullardan farklılık göstermektedir. Lee (1999), beton yolların tasarım ve gerilme analizlerini belirlemek için alternatif bir prosedür önermiştir. Çalışmada, plak boyutlarının, farklı dingil yükü konfigürasyonlarının, banketin, ikinci bir tabakanın ve termal bükülmenin etkileri incelenmiştir. Analizler için ILLI-SLAB sonlu elemanlar programı kullanılmıştır. Gerilme tahminlerinde programın kullanılabilirliği Taiwan otobanı, AASHO yol testi ve Arlington yol testinden elde edilen verilerle karşılaştırılmıştır. Projection pursuit regression tekniği kullanılarak gerilme tahmin modelleri geliştirilmiştir ve yine iç, kenar

ve köşe yüklemelerinden oluşan gerilmelerin hesaplanmasında kullanılabilen TKUPAV programı önerilmiştir.

Ramsamooj (1999), kırılma mekaniği prensipleri ile çok tabakalı elastik teoriyi birleştirerek (EFM) oluşan gerilme ve defleksiyonları incelemiştir. Çalışmada hem dingil yükleri hem de termal yükler kullanılmıştır. Derzlerde oluşan gerilme ve defleksiyonlar kırılma mekaniği ile belirlenmiş ve üstyapı için ise CHEVRON tabakalı elastik bilgisayar programı kullanılmıştır. Toplam gerilme ve defleksiyonlar ise süper pozisyon yöntemiyle belirlemiştir. Elde edilen veriler, Westergaard formülleri, sonlu elemanlar yöntemiyle elde edilen sonuçlar ve AASHO yol testi sonuçlarıyla doğrulanmıştır.

Ramsamooj *et al.* (1999) ise, ağırlık fonksiyon metodu kullanarak havaalanı ve otoyollardaki derzler ve çatlaklar için gerilme yoğunluk faktörünü belirlemiştir. Üstyapıdaki gerilmeleri elde etmek için, gerilme yoğunluk faktörü ile dingil yüklerinden dolayı meydana gelen defleksiyonlar arasındaki ilişkiyi kullanmışlardır. Burada, elastisite teorisi ve kırılma mekaniğinin birleşimi olan EFM metodu kullanılmıştır. Elde edilen veriler, Westergaard formülleri, sonlu elemanlar yöntemiyle elde edilen sonuçlar ve AASHO yol testi sonuçlarıyla doğrulanmıştır. Enine derzin köşesinde bulunan yükten dolayı meydana gelen gerilme ve defleksiyonlar ayrıca AASHO yol testiyle doğrulanmıştır.

Davids (2000), derzli beton yollarda bulunan gevşek kayma demirlerinin, üstyapının yapısal davranışına olan etkilerini 3D sonlu elemanlar yöntemi ile incelemiştir. Winkler temeli üzerinde, hem termal hem de dingil yükleri ile yüklenmiş plakta, kayma demirleri ile beton plak arasında oluşan gevşeklikten dolayı meydana gelen gerilmelerin arttığı gözlenmiştir.

Bezine (2000), sonlu elemanlar programı kullanarak plak elemanları Kirschhoff ve Reissner metotlarına göre karşılaştırmıştır. Metot çatlak yakınındaki enine defleksiyonlar dikkate alınarak yapılmıştır. Farklı çatlak boyu ve kalınlıklar kullanılarak

Abaqus sonlu elemanlar programı kullanılmıştır. Sonuç olarak, defleksiyonlar çatlak üzerindeki bir nokta ile çatlak ucunun üssel fonksiyonu olarak yazılabileceği bulunmuştur.

Shoukry (2000), doğrusal olmayan sıcaklık farklarına maruz bırakılan derzli donatısız beton yolların tabaka modülünün değerlendirilmesinde doğrusal olmayan sonlu elemanlar modeli kullanmıştır. Modelde, beton plağın temelden ayrılması, plak-zemin ara yüzündeki düzlem sürtünme, yerçekimi kuvvetleri ve kayma demirleri ile çevresi arasındaki ara yüzey karakteristikleri gösterilmiştir. Yapılan analizler a. Deneysel verilerle b. Düşen ağırlık deflektometresinden elde edilen verilerle doğrulanmıştır. Sonuçlar, negatif sıcaklık farkından dolayı meydana gelen bükülme gerilmelerinin geri hesaplanan modülün doğruluğu üzerinde küçük etkisinin olduğunu göstermiştir. Pozitif sıcaklık farkından dolayı meydana gelen bükülmelerin, ölçülen düşen ağırlık deflektometresinden çok etkilendiği bulunmuştur.

Başka bir çalışmada ise Lee and Lee (2000), yine ILLI-SLAB programı kullanarak sonlu plak boyutu, farklı yükleme durumları, banket ve bağlı veya bağlı olmayan ikinci tabakanın etkilerini araştırmışlardır. Elde edilen gerilmeler, Westergaard çözümleri ile doğrulanmıştır. Araştırma bulgularının, farklı tasarım ve analizler için kullanılabileceği söylenmiştir.

Dauids (2000), sonlu elemanlar programı ile derzli plak altındaki temel ve zemin tabakalarını modellemiştir. Analizler için EverFE sonlu elemanlar programı kullanılmıştır. Hem dingil yüklerine hem de termal yüklere maruz derzli beton plakların davranışları ve zemin tipinin etkileri araştırılmıştır. Yapılan çalışmaların sonunda, zemin tipinin etkisi ve kenar yüklemesi ve pozitif sıcaklık farkından dolayı meydana gelen kritik gerilmelerin nispeten küçük olduğu bulunmuştur. Ancak, kenar yüklemesi ve negatif sıcaklık farkının olması durumunda plak davranışının hassas olduğu söylenmiştir.

Dauids (2001), beton üstyapılardaki kayma demirleri olan derzlerdeki yük transferlerini üç boyutlu sonlu elemanlar yöntemiyle incelemiştir. Çalışmasında, dingil yükleri ve

sıcaklık farklarına maruz kalan kayma demirlerine sahip üstyapının davranışını araştırmıştır. Asfaltla modifiye edilmiş elastik zemin ve yoğun sıvı zemin olmak üzere iki farklı zemin tipi kullanılmıştır. Sonuçlara bakıldığında, her iki zemin türü için de üstyapının birbirinden çok farklı davranış gösterdiği gözlenmiştir.

Köşe kırılmaları derzli beton üstyapılar için büyük yapısal eksikliklerden biridir. Lee and Lee (2002), dingil yükleri ve sıcaklık farklarından dolayı meydana gelen eğilme gerilmelerini belirlemiştir. Analizde, ILLI-SLAB sonlu elemanlar programları kullanılmıştır. Öncelikle plak kenarının davranışı incelenmiş, daha sonra boyutsuz analiz kuralları dâhilinde etkin parametreler tanımlanmış ve doğrulanmıştır. Elde edilen sonuçlar Westergaard çözümleri ile doğrulanmıştır

Derzli beton üstyapıların mekanik analizlerinde, gerilme hesapları için sadece trafik yükleri ele alınmaktadır. Analizler genellikle tek veya çift dingil yüklerinin plağın serbest kenarına yüklenmesiyle yapılmaktadır. Daha ileri düzeydeki analizlerde ise çevresel etkiler de hesaba katılmakta ancak doğrusal sıcaklık farkı kullanılmasıyla sınırlandırılmaktadır. Heath *et al.* (2003), derzli beton üstyapısında plağın üstünde veya altında, enine ve boyuna kenarda ve köşede meydana gelen çatlaklarla nasıl bozulduğunu sayısal olarak göstermiştir. Bozulmanın yüklemeye, plak geometrisine, çevre şartlarına ve malzeme özelliklerine bağlı olduğu söylenmiştir. Betonda meydana gelen sünme ve büzülmenin üstyapının bozulmasında en önemli faktörlerden biri olduğu söylenmiştir.

Mahboub *et al.* (2004), Gene Snyder Freeway'deki beton yoldan elde edilen veriler incelenmiştir. Beton yolun davranışını, ANSYS sonlu elemanlar paket programı kullanarak üç boyutlu sonlu elemanlar modeli geliştirilmiştir. Analiz sonunda sıcaklıktan dolayı meydana gelen gerilme ve deformasyonların yükten dolayı meydana gelen gerilme ve deformasyonlardan daha önemli olduğu söylenmiştir.

Beton yollarda, betonun dökümü bittikten sonra plak alt ve üst yüzeyleri arasında meydana gelen sıcaklık farkı son zamanlarda geliştirilen mekanistik-ampirik bağıntılarda önemli bir parametredir. Ancak, bu parametrenin seçilmiş olduğu çalışmalar çok kısıtlıdır (Hansen *et al.* 2006). Hansen *et al.* (2006) ve Wells *et al.* (2006), betonun dökümü sonrası plak alt ve üst yüzeyleri arasına meydana gelen sıcaklık farkından doğan gerilmeler için yaptıkları çalışmada, mevcut bükülmenin özellikle sıcak havalar için çok önemli olduğunu vurgulamışlardır. Aynı zamanda hem betonun kendi içindeki hidratasyon ısısından hem de çevre sıcaklığının etkisiyle plaklarda oluşan bükülme gerilmelerine, çoklu dingil yükleri uygulayarak, plakta meydana gelen gerilmeleri ISLAB2000 paket programı kullanılarak analizi yapılmıştır. Sonuç olarak, farklı sıcaklıklarda üstyapının davranışının nedenleri açıklanmıştır.

Riad *et al.* (2006), sıcaklık farklarına maruz bırakılan beton yollarda meydana gelen deformasyonları deneysel olarak incelemiştir. Sonuçlar Westergaard'ın çözümleri ile doğrulanmıştır ve Westergaard'ın bükülme formüllerinde değişiklikler önerilmiştir. Ayrıca elde edilen değerler sonlu elemanlar çalışmalarıyla da doğrulanmıştır.

Dere *et al.* (2006) Kuzey Hindistan'da yapılmış olan eğik derzli beton üstyapılarda meydana gelen bozulmaları üç boyutlu sonlu elemanlar metodu kullanarak incelemiştir. Oluşturulan modelde, üç farklı zemin seçilerek hem trafik hem de doğrusal olmayan termal yükler kullanılmıştır. Komşu plaklar arasına kayma demirleri konmuştur. Doğrusal ve doğrusal olmayan sıcaklık farklarının etkileri karşılaştırılmıştır. Çalışma sonunda, incelenen yol kesiminin %65'inde büyük ve erken enine çatlakların olduğu gözlenmiştir. Aynı zamanda oluşturulan sonlu elemanlar modelinin enine çatlaklarının yerini doğru olarak gösterdiği belirtilmiştir. Doğrusal ve doğrusal olmayan sıcaklık farklarının etkileri maksimum çekme gerilmesine göre karşılaştırıldığında ise doğrusal sıcaklık farkından dolayı meydana gelen gerilmelerin çok daha az olduğu söylenmiştir.

Kim and Nelson (2007), tabakalı beton kaplamaların erken dönem davranışlarını incelemiştir. Bunun için hem deneysel hem de sonlu elemanlar metodu kullanarak

elde edilen veriler karşılaştırılmıştır. Deneyden elde edilen verilerle sayısal model kalibre edilmiştir ve bu model HIPERBOND yazılımıyla birleştirilmiştir. Sonuçlardan; gündüz düşey yönde meydana gelen ayrılmanın öncelikle sıcaklık farkından dolayı meydana geldiği, tabaka kenarlarındaki düşey hareketlerin kaplama ile temel arasındaki sıcaklık farkıyla orantılı olduğu, sonlu elemanlar metoduyla elde edilen değerlerin araziden elde edilen değerlerle uyduğu, plak kenar ve köşesinde bulunan ara yüzeydeki gerilmelerde önemli artışlar olduğu gibi sonuçlar çıkarılmıştır.

Shoukry *et al.* (2007), kayma demirleriyle bağlı derzli beton yolların, doğrusal olmayan sıcaklık farkı ve hareketli dingil yüklerinin etkisi altındaki davranışını 3D sonlu elemanlar yöntemi kullanarak incelemiştir. Plakta oluşan gerilmeler için, plak kalınlığının ve boyunun, dingil yükü pozisyonu ve dingil tipinin etkileri araştırılmıştır. Sonuç olarak, negatif sıcaklık farkının, yüklerden dolayı meydana gelen gerilmeleri azaltırken pozitif sıcaklık farkının artırdığı bulunmuştur.

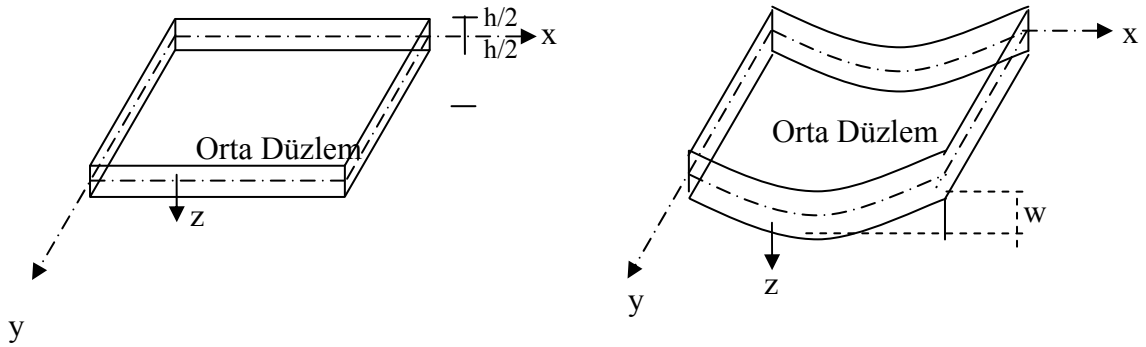
Daloğlu (2004), elastik zemine oturan plakların analizinde kullanılmak üzere boyutsuz parametreler tanımlamıştır. Elastik zemine oturan, tekil yüke maruz plak problemini Winkler modeliyle çözmek için gerekli olan eşdeğer zemin modülünü, k , elde etmek üzere bir yöntem geliştirmiştir. Tekil yükün merkezde, köşede ve kenar ortasında etkimesi halleri incelenmiştir. Çalışmada sabit bir poisson oranı kullanılmış ve elastik zemin için bu değer 0.25 alınmıştır. Winkler modelinde kullanılacak olan zemin modülünün elde edilmesi için grafikler sunulmuştur. Sayısal örnekler verilerek yöntemin uygulanabilirliği gösterilmiş ve Vlasov yönteminden elde edilen sonuçlarla karşılaştırmalar yapılmıştır.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3. 1. Plak Teorileri

3. 1. 1. Eğilmeye çalışan levha

Kalınlığı, taşıyıcı boyutların yanında çok küçük ve orta düzlemine dik olarak yüklenmiş düzlemsel taşıyıcı sistemlere “PLAK” denir (Berktaş 1992).



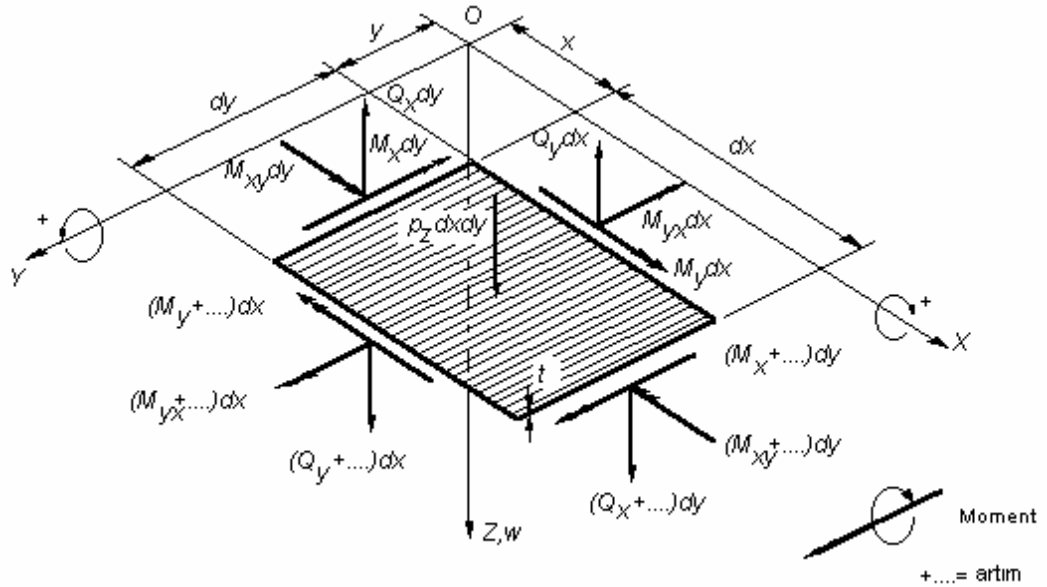
Şekil 3.1. Plak, koordinat eksenleri ve deplasmanlar

Plakların düzgün veya eğrisel sınırları bulunabilir. Ankastre, basit ve serbest sınır şartlarına sahip oldukları gibi elastik zeminler ve tekil mesnetler üzerinde de bulunabilirler. Pratikte hafif ve ekonomik yapı üretimi için birçok avantaja sahiptir. Eğilme levhaları, membranlar, eğilebilir levhalar ve kalın levhalar gibi çeşitli kategorilerde incelenmektedirler (Berktaş 1992).

Plaklar mekanik açıdan çökme miktarına göre iki kategoride incelenmektedir. Bunlar küçük çökmeli ve büyük çökmeli plaklar. Ayrıca elastik ve elasto plastik davranışa göre de farklı inceleme alanları bulunmaktadır. Elastik davranış gösteren küçük çökmeli plaklar için Kirchhoff tarafından geliştirilen teori aşağıdaki kabulleri yapmaktadır (Topçu 2007):

- Plak izotrop malzemeden yapılmış olup elastik ve homojen davranış gösterir.
- Kalınlığı diğer boyutlarına göre küçüktür.
- Çökmesi kalınlığının en fazla 1/50 si kadardır.
- Başlangıçta tarafsız eksene dik olan çizgiler yüklemekten sonra da düz ve tarafsız eksene dik kalırlar.
- Tarafsız eksene dik yöndeki gerilmeler ihmal edilebilir seviyededir.
- Tarafsız ekseninde düzlemde uygulanan kuvvetlerden dolayı meydana gelen şekil değiştirme eğilme şekil değiştirmesi yanında ihmal edilebilir.

Plak elemanın dengesi için tarafsız eksen üzerine etki eden iç ve dış kuvvetler Şekil3.2’de verilmiştir. Şekilde karışıklığı önlemek için (-) işaretli bileşenler çizilmemiştir. Deplasman bileşenleri u , v ve w dır. Bu şartlar altındaki düşey yüklü levhanın tanım denklemleri, eğilme rijitliği,



Şekil 3.2. Tarafsız düzlem üzerindeki iç ve dış kuvvetler

$$D = \frac{Eh^3}{12(1-\nu^2)} \quad (3.1)$$

olmak üzere,

$$\frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + 2 \frac{\partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} = \frac{P_z(x, y)}{D} \quad (3.2)$$

ile verilmektedir. Buna göre oluşan momentler ve gerilmeler ise,

$$\left. \begin{aligned} \sigma_x &= -\frac{Ez}{1-\nu^2} \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \nu \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right) \\ \sigma_y &= -\frac{Ez}{1-\nu^2} \left(\frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \nu \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \right) \\ \tau_{xy} &= G \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} \end{aligned} \right\} \quad (3.3)$$

$$\left. \begin{aligned} M_x &= -D \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \nu \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right) \\ M_y &= -D \left(\frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \nu \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \right) \\ M_{xy} = M_{yx} &= -(1-\nu)D \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} \end{aligned} \right\} \quad (3.4)$$

3. 1. 2. Gerilmelerle deformasyon bileşenleri arasındaki bağıntılar

$\sigma_z \approx 0$, $\varepsilon_z \approx 0$ alındığına göre:

$$\varepsilon_x = \frac{1}{E} (\sigma_x - \nu \cdot \sigma_y)$$

$$\varepsilon_y = \frac{1}{E} (\sigma_y - \nu \cdot \sigma_x)$$

$$\gamma_{xy} = \frac{1}{G} \tau_{xy} \quad \text{bağıntıları elastisite teorisinden bilinir. Burada } G = \frac{E}{2(1+\nu)}$$

Bu bağıntılardan gerilmeler çekilirse;

$$(\sigma_x)_z = \frac{E}{1-\nu^2} (\varepsilon_x + \nu \varepsilon_y)_z \quad (3.5)$$

$$(\sigma_y)_z = \frac{E}{1-\nu^2} (\varepsilon_y + \nu \varepsilon_x)_z \quad (3.6)$$

$$(\tau_{xy})_z = G (\gamma_{xy})_z \quad (3.7)$$

3. 1. 3. Gerilmelerle deplasman bileşenleri arasındaki bağıntılar

$$(\sigma_x)_z = \frac{E}{1-\nu^2} \left(-z \cdot \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} - \nu \cdot z \cdot \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right)$$

$$(\sigma_x)_z = -\frac{E \cdot z}{1-\nu^2} \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \nu \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right) \quad (3.8)$$

Benzer şekilde:

$$(\sigma_y)_z = -\frac{E \cdot z}{1-\nu^2} \left(\frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \nu \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \right) \quad (3.9)$$

$$(\tau_{xy})_z = -\frac{E \cdot z}{1+\nu} \cdot \frac{\partial^2 w}{\partial x \cdot \partial y} \quad (3.10)$$

Görüldüğü gibi gerilmeler z'ye doğrusal olarak bağlıdır. Yani, kesit yüksekliğince gerilmeler doğrusal olarak değişmektedir. Şu halde z indisi kaldırılırsa, gerilmeler aşağıdaki gibi ifade edilir;

$$\left. \begin{aligned} \sigma_x &= a \cdot z \\ \sigma_y &= b \cdot z \\ \tau_{xy} &= c \cdot z \end{aligned} \right\} \quad (3.11)$$

3. 2. Beton Yollarda Oluşan Gerilme ve Deplasmanlar

3. 2. 1. Yükten kaynaklanan gerilme ve deplasmanlar

Yükten dolayı meydana gelen gerilme ve deplasmanların belirlenmesinde üç metot vardır. Bunlar:

- Kapalı – form denklemler
- Etki diyagramları
- Sonlu elemanlar metodu kullanan paket programlar

Yükten dolayı meydana gelen gerilmeleri belirlemek için ilk olarak Westergaard, dairesel, yarı dairesel, elips ve yarı-elips değme alanları üzerine tekil yük uygulayarak denklemler türetmiştir.

Daha sonra Pickett and Ray (1951) tarafından çoklu teker yükleri veya herhangi bir dingil konfigürasyonu için etki diyagramları düzenlenmiştir. Her iki metot da sadece sıvı temel üzerindeki geniş plaklara uygulanabilmektedir. Eğer yükler katı, sıvı veya zeminler üzerine veya derzler arası yük transferleri kullanılan tabakalı plaklar üzerine uygulanacaksa, bu iki metot yerine sonlu elemanlar metodu kullanılmalıdır. Sıvı temel, zemini bağımsız yaylar olarak kabul etmektedir. Bununla birlikte kişisel bilgisayarların hız ve kapasitelerinin artmasıyla, temelin sanal bir k değeriyle kabul edilmesine gerek kalmamıştır. Daha gerçekçi olan katı veya tabakalı temel kullanılabilir (Huang 2004).

3. 2. 2. Kapalı – form formüller

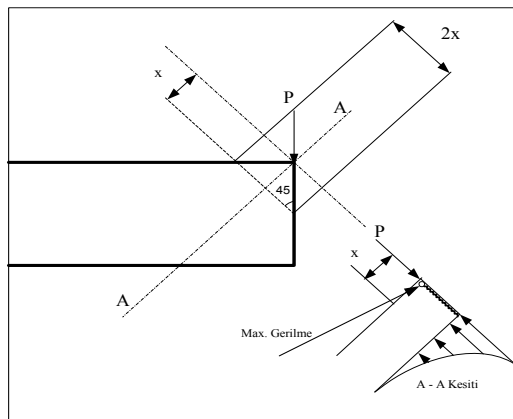
Bu formüller sadece oldukça büyük plaklarda köşelere, kenardan oldukça uzaktaki iç noktalara ve köşelerden uzaktaki kenarlara tek teker yükünün uygulanması durumunda kullanılabilir.

Köşe Yükleme: Goldbeck (1919) ve Older (1924) tarafından geliştirilen formüller beton yol tasarımı için kullanılan ilk formüllerdir. Bu analiz tekil bir P yükünün plağın köşesine uygulanması esas alınarak yapılmıştır (Şekil 3. 3).

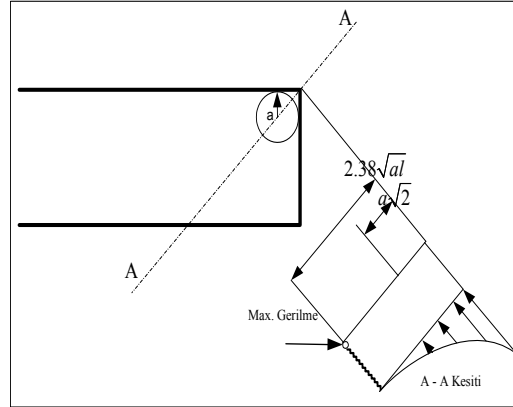
Bir plakta köşeye yük uygulandığında, meydana gelen gerilme diyagonal eksene göre simetriktir. Köşeden x birim uzaktaki kesit için eğilme momenti $P \cdot x$ ve kesit genişliği $2x$ 'dir. Zeminin uyguladığı destek ihmal edildiğinde ve plak tek taraftan tutulduğunda plağın üst tarafındaki çekme gerilmesi;

$$\sigma_c = \frac{Px}{\frac{1}{6}(2x)h^2} = \frac{3P}{h^2} \quad (3.12)$$

elde edilir. σ_c 'nin x 'den bağımsız olduğuna dikkat edilmelidir. Başka bir deyişle, köşeden uzaklığı ne olursa olsun her kesit aynı gerilmeye sahiptir. Yükün gerçekten tekil olması ve köşeye çok yakın bir yere uygulanması durumunda (3.12) denklemi gerçek sonuç vermektedir. Çünkü yükün uygulandığı yere çok yakın bir yerdeki kesitte $-x$ yaklaşımının 0 olması- zemin reaksiyonu yeterince küçüktür ve ihmal edilebilir.



a. Tekil Yük



b. Dairesel Yük

Şekil 3.3. Köşe Yükleme ile Yüklendi Plak

Şekil 3.3b.'de plak kenarına yakın bir yere dairesel bir yükün uygulanmasını durumunu göstermektedir. Maksimum gerilmenin olduğu kesitin plak kenarına yakın olmamasından dolayı, zeminin toplam reaksiyon kuvveti büyüktür ve ihmal edilemez. Tüm bunları göz önüne alarak Westergaard (1926) başarılı bir yaklaşım metodu ile dairesel yükten dolayı meydana gelen gerilmeler için aşağıdaki denklemleri elde etmiştir.

$$\sigma_c = \frac{3P}{h^2} \left[1 - \left(\frac{a\sqrt{2}}{l} \right)^{0.6} \right] \quad (3.13)$$

$$\varepsilon_c = \frac{P}{kl^2} \left[1.1 - 0.88 \left(\frac{a\sqrt{2}}{l} \right) \right] \quad (3.14)$$

Burada;

σ_c : Köşe yüklemeden dolayı meydana gelen gerilme

ε : Köşe yüklemeden dolayı meydana gelen deplasman

l : İzafi rijitlik yarıçapı

a : Kontak alanının yarıçapı

k : Zeminin reaksiyon modülüdür

Maksimum momentin köşeden $2.38\sqrt{al}$ uzaklıkta meydana geldiği bulunmuştur. Tekil yükten dolayı meydana gelen gerilme ve deplasmanlar için ise ($a=0$), (3.13) ve (3.14) numaralı denklemler hemen hemen aynıdır.

$$\sigma_c = \frac{3P}{h^2} \left[1 - \left(\frac{c}{l} \right)^{0.72} \right] \quad (3.15)$$

$$\varepsilon_c = \frac{P}{kl^2} \left[1.205 - 0.69 \left(\frac{c}{l} \right) \right] \quad (3.16)$$

Burada;

c : Kare kontak alanının kenar uzunluğudur.

Maksimum moment köşeden $1.8c^{0.32}l^{0.59}$ birim uzaklıkta meydana geldiği bulunmuştur. Eğer yük dairesel bir alan üzerine uygulanacaksa;

$$c = 1.772a \quad (3.17)$$

olarak seçilmelidir.

İç Yükleme: Bu denklemler ilk olarak Westergaard (1926b) tarafından, a yarıçapındaki dairesel bir yükleme alanı altındaki plağın iç tarafında meydana gelen gerilmeler için geliştirilmiştir.

$$\sigma_i = \frac{3(1+\nu)P}{2\pi h^2} \left(\ln \frac{l}{b} + 0.6159 \right) \quad (3.18)$$

$$a \geq 1.724h \text{ olursa } b = a \quad (3.19a)$$

$$b < h \text{ olursa } b = \sqrt{1.6a^2 + h^2} - 0.675h \quad (3.20b)$$

0.15 poisson oranı ve 10 tabanındaki logaritma cinsinden (3.18) numaralı formül;

$$\sigma_i = \frac{0.316P}{h^2} \left[4 \log \left(\frac{l}{b} \right) + 1.069 \right] \quad (3.21)$$

olur. İç yükleme durumunda oluşan deplasmanlar ise;

$$\varepsilon_i = \frac{P}{8kl^2} \left\{ 1 + \frac{1}{2\pi} \left[\ln \left(\frac{a}{2\pi} \right) - 0.673 \right] \left(\frac{a}{l} \right)^2 \right\} \quad (3.28)$$

olarak elde edilmiştir.

Kenar Yükleme: Kenar yüklemekten dolayı meydana gelen gerilmeler Westergaard (1926b, 1933, 1948) tarafından birçok çalışmada verilmiştir. 1948 yılında yaptığı çalışmada, oval (elips) ve yarı oval yükleme alanları ile plak kenarına uygulanan yüklerden dolayı meydana gelen maksimum gerilme ve deplasmanlar için geliştirilmiş çözümler vermiştir. Elipsin küçük ve büyük yarıçaplarının, kontak alan yarıçapı olan a 'ya dönüştürülmesi, dairesel ve yarı dairesel yükleme alanları için uygun çözümlerin ortaya çıkmasına neden olmuştur. Yarı dairesel yükleme durumunda, yarım dairenin doğrusal kenarı, plak kenarıyla aynı doğrultudadır.

$$\sigma_e = \frac{0.572P}{h^2} \left[4 \log \left(\frac{l}{b} \right) + 0.359 \right] \quad (3.22)$$

1985'de Ioannides *et al.* tarafından yapılan çalışmada kenar yüklemeler için aşağıdaki formüller önerilmiştir.

Dairesel yükleme alanı için gerilme denklemi:

$$\sigma_e = \frac{3P(1+\nu)}{\pi(3+\nu)h^2} \left[\ln \left(\frac{Eh^3}{100ka^4} \right) + 1.84 - \frac{4\nu}{3} + \frac{1-\nu}{2} + \frac{1.18(1+2\nu)a}{l} \right] \quad (3.23)$$

Yarı dairesel yükleme alanı için gerilme denklemi:

$$\sigma_e = \frac{3P(1+\nu)}{\pi(3+\nu)h^2} \left[\ln \left(\frac{Eh^3}{100ka^4} \right) + 3.84 - \frac{4\nu}{3} + \frac{1+2\nu}{2l} \right] \quad (3.24)$$

Dairesel yükleme alanı için deplasman denklemi:

$$\varepsilon_e = \frac{\sqrt{2+1.2\nu P}}{\sqrt{Eh^3 k}} \left[1 - \frac{(0.76+0.4\nu)a}{l} \right] \quad (3.25)$$

Yarı dairesel yükleme alanı için deplasman denklemi:

$$\varepsilon_e = \frac{\sqrt{2+1.2\nu P}}{\sqrt{Eh^3 k}} \left[1 - \frac{(0.323+0.17\nu)a}{l} \right] \quad (3.26)$$

3. 2. 3. Sıcaklık farklarından dolayı meydana gelen gerilmeler

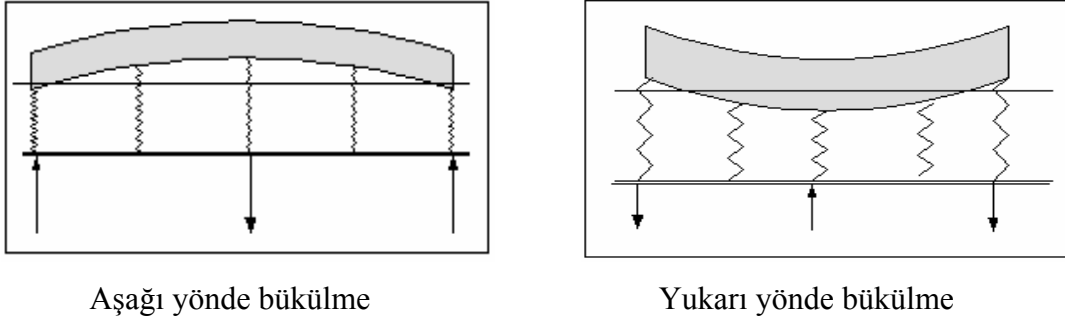
Gün boyunca, plağın üst yüzeyindeki sıcaklık alt yüzeyindeki sıcaklıktan fazla olduğundan, plağın üst yüzeyi tarafsız eksene göre genişmeye, alt yüzeyi ise büzölmeye çalışır. Ancak, plak ağırlığı bu genişleme ve büzölmeye kendi ağırlığıyla karşı koyar. Böylece, üst tarafta basınç gerilmeleri alt tarafta ise çekme gerilmeleri oluşur. Gece boyunca, plak üst yüzeyindeki sıcaklık alt yüzeyindeki sıcaklıktan daha düşüktür. Dolayısıyla, plak üst yüzeyi büzölmeye, alt yüzeyi ise genişmeye çalışacaktır. Böylece, üstte çekme gerilmeleri altta basınç gerilmeleri oluşacaktır (Huang 2004).

Bükölme gerilmeleri, Winkler veya sıvı zemin üzerine oturan plak teorisi cinsinden başka bir biçimde de tanımlanabilir. Winkler zemini Şekil 3.4'de görüldüğü gibi plağa eklenen birçok yayla temsil edilir. Plağın üst yüzeyindeki sıcaklık alt yüzeyinkinden fazla olması durumunda, üst taraf alt taraftan daha uzundur ve plak aşağıya doğru bükölmeye başlar. Kenardaki yaylar plağı yukarı iterken ortadaki yaylar aşağıya doğru çekmeye çalışırlar. Sonuç olarak, plağın üst yüzeyinde çekme, alt yüzeyinde ise basınç oluşur. Plağın üst yüzeyindeki sıcaklığın alt taraftaki sıcaklıktan düşük olması durumunda, plak yukarı doğru bükölmeye başlar. Dış taraftaki yaylar plağı aşağıya

doğru çekerken, iç taraftaki yaylar plağı yukarıya doğru iter. Bu da plağın alt tarafında çekme üst tarafında basınç gerilmeleri oluşturur. Westergaard (1926a), plak teorilerini kullanarak beton plakta meydana gelen bu gerilmeler için formüller geliştirmiştir(Huang 2004).

3. 2. 4. Sonsuz plağın eğilmesi

Plaklarla kirişler arasındaki fark; kirişler sadece bir doğrultuda gerilme alırken plaklar her iki doğrultuda da gerilme almasıdır. İki doğrultuda oluşan gerilmeler için, x yönündeki deplasman ϵ_x genelleştirilmiş Hook kanunu ile aşağıdaki şekilde tanımlanabilir.



şekil 3.4. Sıcaklık Farklarından Dolayı Plakta Meydana Gelen Bükülmeler

$$\epsilon_x = \frac{\sigma_x}{E} - \nu \frac{\sigma_y}{E} \quad (3.27)$$

$$\epsilon_y = \frac{\sigma_y}{E} - \nu \frac{\sigma_x}{E} \quad (3.28)$$

E : Betonun elastisite modülü

ν : Betonun Poisson oranı

Plak x yönünde eğilmeye maruz kaldığında, (3.28) denkleminde $\varepsilon_y = 0$ olur. Çünkü oldukça geniştir ve y yönünde kısıtlanmıştır. Dolayısıyla (3.13) denklemini sıfıra eşitlersek;

$$\varepsilon_y = \frac{\sigma_y}{E} - \nu \frac{\sigma_x}{E} = 0 \text{ olduğunda,}$$

$$\sigma_y = \nu \sigma_x \quad (3.29)$$

elde edilir. Bu ifade (3.27) denkleminde yerine yazılırsa;

$$\sigma_x = \frac{\varepsilon_x E}{(1 - \nu^2)} \quad (3.30)$$

elde edilir. (3.15) numaralı denklem eğilme doğrultusundaki gerilmeyi, (3.29) numaralı denklem ise eğilmeye dik doğrultudaki gerilmeyi vermektedir.

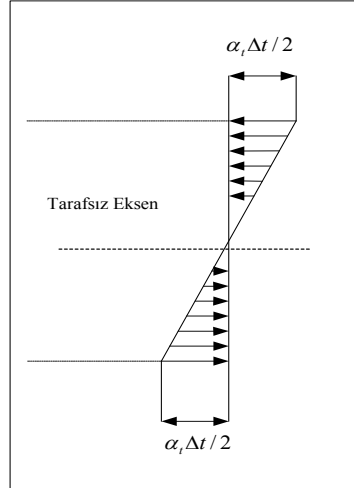
Plak, sıcaklık farklarından dolayı meydana gelen bükülmeler gibi her iki doğrultuda da eğilmesi durumunda, toplam gerilme her iki yöndeki gerilmelerin toplamına eşittir. Burada maksimum gerilmeler bulunurken, plağın her iki yönde de tutulduğu kabulü yapılır.

Δt plak alt ve üst yüzeyleri arasında meydana gelen sıcaklık farkı, α_t ise betonun termal genişleme katsayısı olsun. Plak serbest şekilde hareket ettiği düşünülürse, plağın üst yüzeyindeki sıcaklık alt yüzeyindeki sıcaklıktan fazlaysa, üst taraf $\alpha_t \frac{\Delta t}{2}$ kadar genişleyecek, alt taraf ise aynı oranda büzülecektir (Şekil 3.5).

Eğer plak tamamen tutulursa ve hareketi kısıtlanırsa, plak üst yüzeyinde basınç deplasmanları, alt yüzeyinde ise çekme deplasmanları meydana gelir. Maksimum gerilme denklemi;

$$\varepsilon_x = \varepsilon_y = \frac{\alpha_t \Delta t}{2} \quad (3.31)$$

şeklindedir. Buna göre (3.37) numaralı denklemdeki maksimum gerilme;



Şekil 3.5. Beton Plaktaki Sıcaklık Farklarından Dolayı Oluşan Deplasmanlar

$$\sigma_x = \frac{E \alpha_t \Delta t}{2(1-\nu^2)} \quad (3.32)$$

olur. Bu denklem aynı zamanda y yönünde meydana gelen bükülmelerden oluşan σ_y 'ye de eşittir.

$$\sigma_y = \frac{\nu E \alpha_t \Delta t}{2(1-\nu^2)} \quad (3.33)$$

Toplam gerilme ise denklem (3.32) ve (3.33)'ün toplamına eşittir.

$$\sigma_t = \frac{E \alpha_t \Delta t}{2(1-\nu^2)} + \sigma_y = \frac{\nu E \alpha_t \Delta t}{2(1-\nu^2)} = \frac{E \alpha_t \Delta t}{2(1-\nu)} \quad (3.34)$$

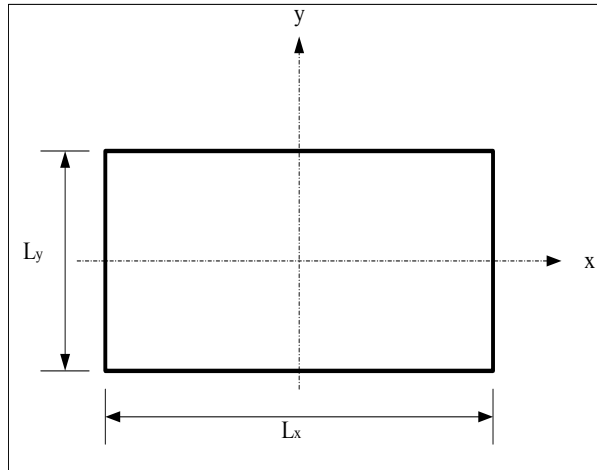
Bu formüllerin, plak kalınlığı boyunca sıcaklığın doğrusal olduğu kabul edilmesiyle elde edilmiştir.

Boyutları L_x ve L_y olan sonlu bir plakta meydana gelen toplam gerilmeler aşağıdaki gibidir.

$$\sigma_x = \frac{C_x E \alpha_t \Delta t}{2(1-\nu^2)} + \frac{C_y \nu E \alpha_t \Delta t}{2(1-\nu^2)} = \frac{E \alpha_t \Delta t}{2(1-\nu^2)} (C_x + \nu C_y) \quad (3.35a)$$

$$\sigma_y = \frac{E \alpha_t \Delta t}{2(1-\nu^2)} (C_x + \nu C_y) \quad (3.36b)$$

3. 2. 5. Sonlu plakta oluşan eğilme gerilmeleri



Şekil 3.6. Sonlu Plak

Burada C_x ve C_y sonlu bir plak için düzeltme faktörleridir. Bradbury (1938) izafi rijitlik yarıçapına bağlı olarak abak geliştirmiştir.

$$l = \left[\frac{Eh^3}{12(1-\nu^2)k} \right]^{0.25} \quad (3.37)$$

Burada;

E : Betonun elastisite modülü (Pa)

h : Plak kalınlığı (m)

ν : Betonun poisson oranı

k : Zeminin reaksiyon modülü (Pa/m)

$C_x = \frac{L_x}{l}$ ve $C_y = \frac{L_y}{l}$ formüllerinden bulunur.

(3.36) numaralı denklem, plak ortasında meydana gelen maksimum gerilmeyi vermektedir. Plak kenarında oluşan maksimum gerilme ise;

$$\sigma = \frac{CE\alpha_l\Delta t}{2} \quad (3.38)$$

formülünden hesaplanır. Burada, eğer x yönündeki gerilme hesaplanacaksa C yerine C_x , y yönündeki gerilmeler hesaplanacaksa C yerine C_y kullanılır.

3. 2. 6. Yük ve sıcaklık gerilmelerinin birleştirilmesi durumu

Sıcaklık farkından dolayı meydana gelen bükülme gerilmeleri yeterince büyük ve yükten dolayı meydana gelen gerilmelerle birleştiğinde beton plakta çatlamalara neden olmasına rağmen, aşağıdaki nedenlerden dolayı beton plak kalınlık tasarımında kullanılmamaktadır.

- Beton yollarda bükülmeden dolayı meydana gelen gerilmeleri azaltmak için derz ve demir donatı kullanılmaktadır. Çatlağın olduğu yerlerde yük transferinin gerçekleştiği sürece üstyapının yük taşıma kapasitesini etkilemez.
- Tasarımda yorulma prensibi kullanıldığında, yük ve sıcaklıktan dolayı meydana gelen gerilmeleri birleştirmek doğru değildir. Bir üstyapı, tasarım süresi boyunca milyonlarca yük tekrürüne maruz kalmasına rağmen sıcaklıktan dolayı meydana gelen bükülmelerin tersine dönme sayısı (yukarı ve aşağı bükülme sayısı) sınırlıdır.

- Bükülme gerilmeleri, toplam gerilmeleri elde edebilmek için yük gerilmelerine ya eklenir ya da çıkartılır. Eğer kalınlık tasarımı kenar gerilmeler dikkate alınarak yapılırsa, gün boyu sıcaklık farkından meydana gelen gerilmeler yük gerilmelerine eklenirken, gece boyunca meydana gelen bükülme gerilmeleri yük gerilmelerinden çıkarılır. Gece boyunca ağır trafiğin olduğu göz önüne alınır, bükülme gerilmelerinin ihmal edilmesi yanlış olmayabilir (Huang 2004).

3. 3. Sonlu Elemanlar Yöntemi

Sonlu elemanlar yöntemi, sürekli bir sistemi, problemin karakterine uygun sonlu elemanlara ayırarak elde edilen elemanlar üzerinde iç ve dış kuvvetlerin enerjisinin minimizasyonu ve sonra bu elemanların birleştirilmesi tarzında bir uygulama getirir. Bunun sonucu olarak mesnet şartları, sisteme ait özellikler dış yüklerin sürekli ya da ani değişimleri kolayca göz önüne alınabilir. Dolayısıyla sonlu elemanlar yöntemi analitik metotlarla çözülemeyen karışık problemlere uygulanabilir. Diğer bir avantajı da sınır şartlarının problemin çözüm sırasına göre en son adımda hesaplara dahil edilmesidir. Böylelikle çeşitli sınır şartlarını probleme uygularken baştaki yoğun hesaplara girilmez (Köksal 1995).

Sonlu elemanlar metodunda sistem sonlu sayıda elemana ayrılmaktadır. Sistemi oluşturan elemanların her birine sonlu eleman denir ve birleştikleri köşe noktaları da düğüm noktaları olarak adlandırılır. Sonlu elemanlar yüzeyinin şekil değiştirmesi, düğüm noktalarının deplasman parametrelerine bağlı olarak ifade edilebilir. Deplasman parametreleri, deplasman bileşenleri, dönmeler ve burulma eğriliği gibi deplasman vektörlerini içermektedir. Eğilme hesaplarında düğüm noktalarının deplasman parametrelerinin belirlenmesi, sistemin deplasman yüzeyinin ve her düğüm noktasındaki kesit tesirlerinin bulunması için yeterlidir (Köksal 1995).

Hem düşey yük (z doğrultusunda) hem de kenarlardan etkiyen düzlem yükleri (x ve y doğrultusunda) etkisindeki plak problemi analizine uygun bir eleman modelini ele

alalım. Bu plak elemanında iki boyutlu problemlerde ele alınan deplasman bileşenlerine ilaveten çökme ve iki adet de dönme bileşeni bulunmaktadır (Topçu 2007). Bu durumda düğüm deplasman vektörü (Şekil 3.8a, 3.8b),

$$\{u\} = [u, v, w, \theta_x, \theta_y]^T \quad (3.39)$$

Görüldüğü gibi problem çerçeve elemandakine benzer şekilde bir düzlem gerilme elemanı ve bir de eğilme elemanı tanımlanmasıyla modellenenabilir durumdadır. Düzlem gerilme elemanı daha önce verildiğinden burada yalnızca eğilme elemanı üzerinde durulacaktır.

Düzlem gerilme elemanı için rijitlik matrisi,

$$[k] = t \int_{-1}^1 \int_{-1}^1 [B]^T [D] [B] \det J dr ds \quad (3.40)$$

idi. Burada $N_{i,x}$ ve $N_{i,y}$ N_i şekil fonksiyonlarının kısmi türevlerini göstermek üzere

$$N_{i,x} = \frac{\partial N_i}{\partial x}, \quad N_{i,y} = \frac{\partial N_i}{\partial y} \quad (3.41)$$

$[B]$ kısaca,

$$[B] = \begin{bmatrix} N_{i,x} & 0 \\ 0 & N_{i,y} \\ N_{i,y} & N_{i,x} \end{bmatrix} \quad (i = 1,2,3,4) \quad (3.42)$$

Şeklinde yazılabilir. Elastisite matrisi ise,

$$[D] = \frac{Et}{1-\nu^2} \begin{bmatrix} 1 & \nu & 0 \\ \nu & 1 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{(1-\nu)}{2} \end{bmatrix} \quad (3.43)$$

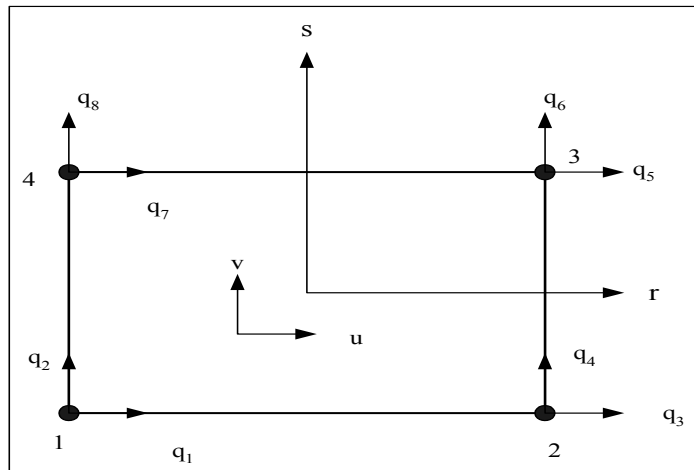
Şekil fonksiyonları daha önce verildiği şekildedir.

$$N_i = \frac{1}{4}(1+rr_i)(1+ss_i) \quad i=1, 2, 3, 4 \quad (3.44)$$

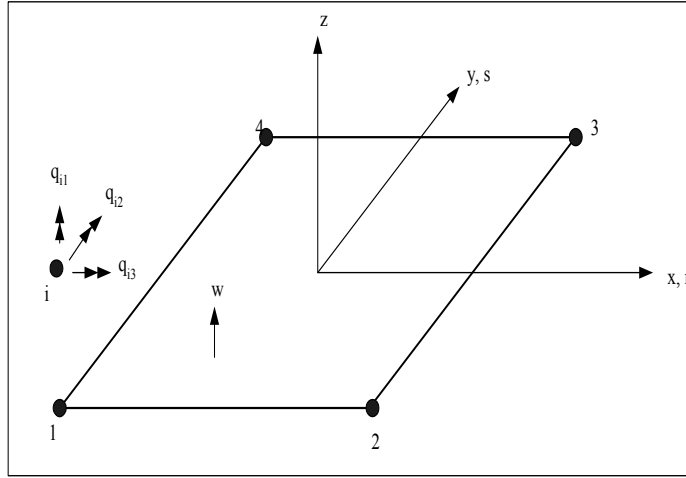
Eğilme elemanı için düğüm deplasman vektörü

$$\{q_i\} = [q_{i1}, q_{i2}, q_{i3}]^T = \left[w_i, \frac{\partial w_i}{\partial y}, -\frac{\partial w_i}{\partial x} \right]^T \quad i=1, 2, 3, 4 \quad (3.45)$$

şeklindedir. Deplasman elemanlarının indisleri $i1 = 3i - 2$, $i2 = 3i - 1$, ve $i3 = 3i$ şeklinde hesaplanır. $q_{i3} = -\frac{\partial w_i}{\partial x}$ deki (-) işareti düğüm reaksiyonundaki işaret uygunluğu nedeniyle konmuştur.



a)



b)

Şekil 3.7. Düzlem Gerilme ve Eğilme Elemanları

Deplasman fonksiyonu Lagranj polinomlarından kübik satırın tamamı ve 4. Satırdan iki terim alınacak şekilde

$$w = c_1 + c_2 r + c_3 s + c_4 r^2 + c_5 r s + c_6 s^2 + c_7 r^3 + c_8 r^2 s + c_9 r s^2 + c_{10} s^3 + c_{11} r^3 s + c_{12} r s^3 \quad (3.46)$$

seçilir. Buradan şekil fonksiyonları,

$$\left. \begin{aligned} N_{i1} &= \frac{1}{8}(1+r_0)(1+s_0)(2+r_0+s_0-r^2-s^2) \\ N_{i2} &= -\frac{1}{8}s_i(1+r_0)(1-s_0)(1+s_0^2) \\ N_{i3} &= \frac{1}{8}r_i(1-r_0)(1+s_0)(1+r_0)^2 \\ r_0 &= r_i r \quad s_0 = s_i s \end{aligned} \right\} \quad (i=1,2,3,4) \quad (3.47)$$

olur. İndisli ifadelerin yerine koordinat değerleri konulacaktır ($s_i = \pm 1$, $r_i = \pm 1$). Şekil fonksiyonları matrisi ise kısaca,

$$[N_i] = [N_{i1} \quad N_{i2} \quad N_{i3}] \quad (3.48)$$

olarak yazılır.

Genelleştirilmiş şekil değiştirme tanımları vasıtasıyla lineer türev operatörünü,

$$q = \left\{ \frac{\partial^2}{\partial x^2}, \frac{\partial^2}{\partial y^2}, \frac{2\partial^2}{\partial x \partial y} \right\} \quad (3.49)$$

yazabiliriz. Buradan genelleştirilmiş şekil değiştirme-yer değiştirme matrisi

$$[B]_b = \{q\} [N_i] = \begin{bmatrix} N_{i1,xx} & N_{i2,xx} & N_{i3,xx} \\ N_{i1,yy} & N_{i2,yy} & N_{i3,yy} \\ 2N_{i1,xy} & 2N_{i2,xy} & 2N_{i3,xy} \end{bmatrix} \quad i=1, 2, 3, 4 \quad (3.50)$$

olarak yazılabilir. Buradan gerilmeler,

$$\{\sigma\} = \{\sigma_x, \sigma_y, \sigma_{xy}\} = [D]_e [B]_b \{d\} \quad (3.51)$$

olur. Eğilme için elastisite matrisi ise,

$$[D]_e = \frac{Eh^3}{12(1-\nu^2)} \begin{bmatrix} 1 & \nu & 0 \\ \nu & 1 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{(1-\nu)}{2} \end{bmatrix} \quad (3.52)$$

şeklindedir. Buradan eleman için eğilme rijitlik matrisi

$$[k]_b = \int_{-1}^1 \int_{-1}^1 [B]_b^T [D]_e [B] \det J dr ds \quad (3.53)$$

olarak elde edilir. Eleman rijitlik matrisi ise bu iki matris yardımıyla

$$[k]_e = \begin{bmatrix} [k] & 0 \\ 0 & [k]_b \end{bmatrix} \quad (3.54)$$

olarak bulunur. Eleman rijitlik matrisi her düğümde 5 serbestlik derecesi olduğundan 20x20 boyutlarındadır.

Buraya kadar iki boyutlu problemler üzerinde durulmuştur. Aslında mühendislik problemlerinin birçoğu üç boyutludur. Bir ve iki boyutlu olarak yapılan çözümler yeterli doğrulukta sonuçlar verdiği için üç boyuta göre tercih edilmektedir. Bundan sonra ise üç boyutlu gerilme analizi için 8 düğümlü kübik elemanlar için temel ifadeler çıkarılacaktır.

Üç boyutlu halde deplasman bileşenleri,

$$\{u\} = [u, v, w]^T \quad (3.55)$$

Burada u , v ve w sırasıyla x , y ve z doğrultularındaki bileşenleri göstermektedir. Gerilme ve şekil değiştirmeler ise,

$$\begin{aligned} \{\sigma\} &= [\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z, \tau_{xy}, \tau_{xz}, \tau_{yz}] \\ \{\varepsilon\} &= [\varepsilon_x, \varepsilon_y, \varepsilon_z, \gamma_{xy}, \gamma_{xz}, \gamma_{yz}] \end{aligned} \quad (3.56)$$

olmaktadır. Gerilme ile şekil değiştirmeler arasındaki ilişki,

$$\{\sigma\} = [D]\{\varepsilon\} \quad (3.57)$$

ile verilir. Burada $[D]$ 6x6 boyutlarında elastisite matrisidir.

$$[D] = \frac{E}{(1+\nu)(1-2\nu)} \begin{bmatrix} 1-\nu & \nu & \nu & 0 & 0 & 0 \\ \nu & 1-\nu & \nu & 0 & 0 & 0 \\ \nu & \nu & 1-\nu & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.5-\nu & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.5-\nu & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.5-\nu \end{bmatrix} \quad (3.58)$$

Şekil değiştirmelerle yer değiştirmeler arasındaki ilişki ise,

$$\{\varepsilon\} = \left[\frac{\partial u}{\partial x}, \frac{\partial v}{\partial y}, \frac{\partial w}{\partial z}, \frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial y}, \frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial x}, \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right]^T \quad (3.59)$$

şeklindedir. Kütle ve yüzey kuvvet vektörleri üç bileşenli olarak sırasıyla

$$\begin{aligned} \{f\} &= [f_x, f_y, f_z]^T \\ \{T\} &= [T_x, T_y, T_z]^T \\ \{T\} &= [T_x, T_y, T_z]^T \end{aligned} \quad (3.60)$$

şeklindedir.

Altı yüzlü eleman, temel elemanı küp şeklinde olan bir izoparametrik eleman olup iki boyutlu gerilme analizi problemlerinde verilen 4 düğümlü izoparametrik elemana benzemektedir (Şekil 3.8). Temel eleman üzerinde şekil fonksiyonları,

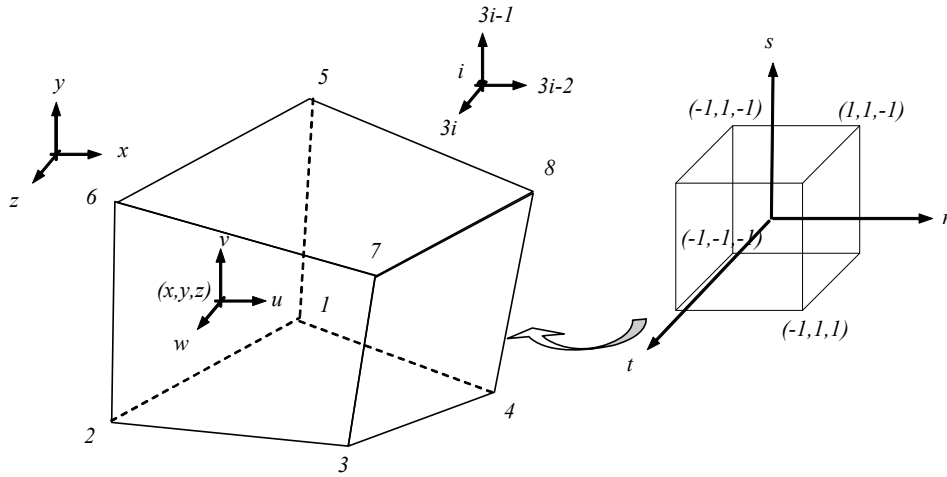
$$N_i = \frac{1}{8}(1+rr_i)(1+ss_i) + (1+tt_i) \quad i = 1, \dots, 8 \quad (3.61)$$

olarak elde edilir. Burada r_i , s_i ve t_i temel eleman üzerindeki düğüm koordinatlarını vermektedir. Kübik elemanda düğüm numaralaması belirli bir düzende yapılmak zorundadır. Düzensiz yapılan numaralama negatif det J değeri verecektir.

Eleman düğüm deplasmanları vektörünün 24 elemanı bulunmaktadır.

$$\{q\} = [q_1, q_2, q_3, \dots, q_{24}]^T \quad (3.62)$$

i düğümüne ait aynı şekilde deplasmanlar $3i-2$, $3i-1$ ve $3i$ olarak numaralandırılır. Eleman içindeki herhangi bir noktadaki deplasmanlar şekil fonksiyonları yardımıyla



Şekil 3.8. Altı yüzlü eleman ve temel eleman düğüm koordinatları

$$\begin{aligned} u &= N_1 q_1 + N_2 q_4 + N_3 q_7 + \dots + N_8 q_{22} \\ v &= N_1 q_2 + N_2 q_5 + N_3 q_8 + \dots + N_8 q_{23} \\ w &= N_1 q_3 + N_2 q_6 + N_3 q_9 + \dots + N_8 q_{24} \end{aligned} \quad (3.63)$$

şeklinde hesaplanır. Koordinatlar da,

$$\begin{aligned} x &= N_1 x_1 + N_2 x_2 + N_3 x_3 + N_4 x_4 \\ y &= N_1 y_1 + N_2 y_2 + N_3 y_3 + N_4 y_4 \\ z &= N_1 z_1 + N_2 z_2 + N_3 z_3 + N_4 z_4 \end{aligned} \quad (3.64)$$

dan bulunur. İki boyutlu problemde izlenen yoldan gidildiğinde eleman rijitlik matrisi,

$$[k]_e = \int_{-1}^1 \int_{-1}^1 \int_{-1}^1 [B]^T [D][B] \det J dr ds dt \quad (3.65)$$

olarak elde edilir. İntegrasyon işlemi nümerik integrasyon yöntemiyle Gauss yaklaşımına uygun olarak yapılır (Topçu 2007).

3. 4. Taguchi Metodu

Tam faktöriyel deney tasarımında, bir faktör değiştirilirken diğer bütün faktörler sabit tutulur. Deney sayısı çok fazladır ve pratikte yapılması da mümkün değildir. Aynı zamanda, eğer faktörler arasında iç etkileşim varsa, geleneksel deney tasarımına göre bulunan optimum şartlar, gerçek optimum şartlar olmayabilir. Deney sayısını azaltmak için birçok deney tasarımı önerilmiştir. Bu deney tasarım teknikleri arasında, Taguchi Metodu sistematik dizaynlarda optimizasyon için başarılı bir şekilde uygulanmaktadır (Hınıslioğlu and Bayrak 2004).

Optimizasyon kriteri olarak performans istatistiği seçilmiştir. En büyük – en iyi, nominal – en iyi ve en küçük – en iyi olmak üzere üç çeşit performans istatistiği vardır. Deneylerden elde edilen veriler kullanılarak S/N değerleri, en büyük en iyi (the bigger the better) performans istatistiği baz alınarak (3.66) eşitliğine göre hesaplanmıştır.

$$S / N_L = -10 \text{Log} \left[\frac{1}{n} \sum_1^n \frac{1}{Y_i^2} \right]$$

(3.66)

Burada;

S/N_L : Performans istatistiği

n : Bir deney kombinasyonunda yapılan tekrar sayısı

Y_i : i. deneyin performans istatistiğidir.

SN_L'yi maksimum yapan parametre seviyeleri optimumdur. Ancak Taguchi Metoduna optimum parametre seviyelerini veren deney yapılmamış olabilir. Dolayısıyla optimum

şartlara karşılık gelen performans değeri aşağıdaki modelden yararlanılarak tahmin edilebilir.

$$Y_t = \mu + X_i + e_i \quad (3.67)$$

Burada;

- μ : Performans değerinin genel ortalaması,
 X_i : Deneydeki parametre-seviye kombinasyonunun sabit etkisidir.
 e_i : i. deneydeki rastsal hata

Deneysel sonuçlara bağlı olarak hesaplanan bu Y_t değeri bir nokta tahminidir. Dolayısıyla yapılan doğrulama deneylerinin sonuçlarının anlamlı olup olmadıklarını belirleyebilmek için belirli bir hata seviyesinde güven aralığı oluşturulmalıdır. Seçilen hata seviyesindeki güven aralığını ise,

$$\mu \pm \sqrt{F_{\alpha;1,DF_{MSe}} MS_e \left[\frac{1+m}{N} + \frac{1}{n_i} \right]} \quad (3.68)$$

bağıntısıyla hesaplanır (Ross 1988).

Burada;

- F : Tablo değeri,
 α : Hata seviyesini,
 DF_{MSe} : Hata kareler ortalamasının serbestlik derecesi toplamını,
m : Ortalama tahmininde kullanılan parametrelerin serbestlik dereceleri
 n_i : Yapılan doğrulama deneylerinin tekrar sayısını göstermektedir.

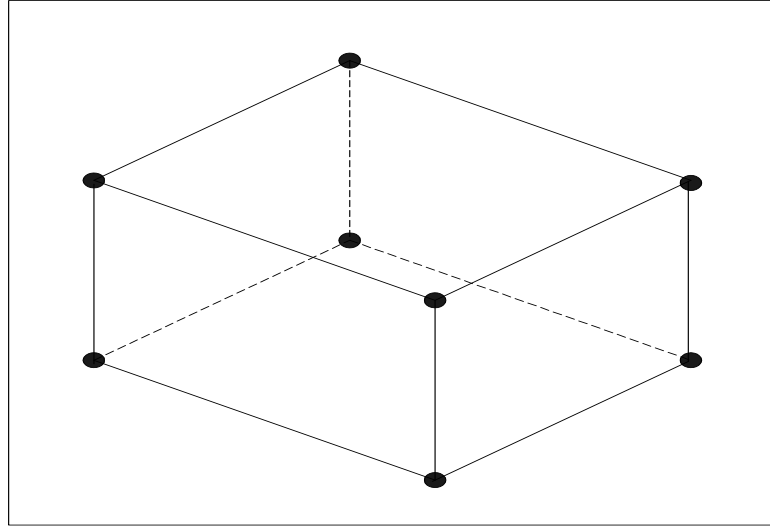
3. 5. Çalışmada Oluşturulan Üstyapı Modeli

Hem Westergaard tarafından geliştirilen kapalı-form formüller, hem de Pickett and Ray tarafından çoklu teker yükleri veya herhangi bir dingil konfigürasyonu için düzenlenen

etki diyagramları sadece sıvı temel üzerindeki geniş plaklara uygulanabildiği; eğer yükler katı, sıvı veya zeminler üzerine veya derzler arası yük transferleri kullanılan tabakalı plaklar üzerine uygulanacaksa, bu iki metot yerine bilgisayar destekli sonlu elemanlar metodu kullanılması gerektiği (Huang 2004) yukarıda anlatılmıştı. Dolayısıyla, tabakalı bir sistemi sonlu elemanlarla çözebilmek için kullanılan programlar, literatürde araştırılmış olup Abaqus, Illı-slab, Jslab, Tkupav, Ansys, Kenslab vs. gibi çeşitli paket programlar kullanıldığı görülmüştür (Ioannides 2006; Lee 1999; Huang 2004; Shoukry *et al.* 2004). Bu çalışmada ise sonlu elemanlar programlarından biri olan Abaqus paket programı kullanılarak gerilme analizleri yapılmıştır.

Abaqus sonlu elemanlar paket programı, Hibbitt, Karlson and Sorenson Inc. Of Pawtucket, Rhode Island tarafından geliştirilmiştir. Program Transportable Fortran dilinde yazılmış olup girdi ve çıktıları bilgisayar sistemleri için optimize edilmiştir (Hammons 1998).

Abaqusun en önemli özelliklerinden biri farklı eleman tipleri ve malzeme özellikleri birleştirilerek farklı modellerin oluşturulabilmesidir. Analiz modu, eleman kütüphanesi, malzeme kütüphanesi, prosedür kütüphanesi ve yükleme kütüphanesine sahiptir. Sonlu elemanlar modeli oluşturabilmek için bu kütüphanelerin her birinden yapılacak olan seçimler birleştirilmektedir (Hammons 1998). Bu çalışmada kullanılan sonlu elemanlar modeli izoparametrik olarak ele alınmıştır. İzoparametrik elemanlar, geometri ve deplasmanı aynı derecede olan elemanlardır (Hammons 1998). Eleman tipi olarak 8 düğümlü ve 3 serbestlik (u, v, w) derecesine sahip C3D8R izoparametrik eleman seçilmiştir (Şekil 3.9).



Şekil 3.9. 8 düğümlü izoparametrik küp eleman

Yapılan literatür çalışması ışığı altında, 10GPa elastisite modülüne sahip, 0,15, 0,20 m kalınlığında temel üzerine 3,5m genişliğinde, 5, 7,5, 10m boyunda ve 0,15, 0,20, 0,25m kalınlığındaki plakların (Wei and Fang 2005; Shoukry *et al.* 2003; Pane *et al.* 1998) oturduğu bir üstyapı modellenmiştir. Temel tabakasının altında yatak katsayısı 25 kPa/mm olan zemin olduğu düşünülmüştür. Termal yükleme durumu için plak üst yüzeyi ile alt yüzeyi arasında -15, 15, 25, -25°C'lik sıcaklık farkları alınmıştır (Lee *et al.* 2002).

Elastisite modülü olarak ise halen Türkiye'de kullanılmakta olan beton sınıflarından C20, C25 ve C30'un basınç mukavemetlerinden elde edilen elastisite modülleri kullanılmıştır (Ersoy 1985; Anonim 1984). Beton, diğer birçok yapı malzemesi gibi basınç dayanımı yüksek, çekme dayanımı düşük bir malzemedir (Ersoy 1985). Beton yol kaplamaları, gerçekte elastik zemine oturan geniş bir kiriş olarak düşünüldüklerinden (Akman 1998) zorlanmaları eğilme şeklindedir ve tasarım yapılırken basınç gerilmelerinden ziyade eğilmede çekme gerilmeleri dikkate alınması gerekmektedir (Ağar 1998). Dolayısıyla çalışmada kritik gerilme olarak betonun kopma modülü kullanılmıştır. Türkiye'de kullanılan beton sınıflarından C20, C25 ve C30 için kopma modülleri sırasıyla 3,2, 3,6, 3,8 MPa alınmıştır (Ersoy 1985; Anonim 1984). Beton yol kalınlık tasarımında, kritik gerilme olarak kopma modülünün %86'sı

alınmaktadır (Fwa 2003). Dolayısıyla, daha güvenli seviyede kalabilmek için beton sınıfları kopma modüllerinin %86'ları alınmıştır. Buna göre, C20, C25 ve C30 için kopma modülleri sırasıyla 2,75, 3,10 ve 3,27 MPa olarak yeniden hesaplanmıştır. Gerilme analizleri Taguchi metoduna göre L_9 ortogonal dizisi yardımıyla yapılmıştır. Elde edilen gerilmelerden “en büyük en iyi” performans istatistiği kullanılarak %95 güven seviyesinde tahminler yapılmıştır. Yapılan bu tahminler güven aralığının orta değerleri olduğundan, tasarımda daha güvenli bir seviyede kalabilmek için güven aralıklarının üst sınırları, o seviyelerin gerilme değerleri olarak kullanılmıştır.

Yapılan Taguchi optimizasyonunda plak, üç farklı dingil ve dingil yükü ile yüklenmiştir. Yüklemeler plağın köşe, kenar ve ortası olmak üzere üç farklı yerine yapılmıştır (Salgado and Kim 2002; Lee 2000). Aynı zamanda plak alt ve üst yüzeyleri arasında meydana gelen 4 farklı sıcaklık farkı kullanılmıştır. Buna göre;

Tek dingil için köşe, kenar ve orta yüklemeler -15, 15, 25 ve -25°C'lik sıcaklık farkları kullanılarak toplam 12 tane optimizasyon yapılmıştır. Benzer şekilde çift ve üç dingil için de 12 olmak üzere toplam 36 tane optimizasyon yapılmıştır. Eğer Taguchi metodu yerine tam faktöriyel deney tasarımı kullanılsaydı, sadece tek yükleme için $3^3 \times 2 \times 12 = 648$ kere Abaqus programı kullanılarak sonlu elemanlar analizinin yapılması gerekirdi. Buna çift ve üç dingil yükleri eklenmesi durumunda yapılacak analiz sayısı $648 \times 3 = 1944$ olacaktı. Bunun yerine Taguchi metodu kullanılarak bu sayı $3 \times 3 \times 4 \times 9 = 324$ 'e indirilmiştir. Taguchi metodu ve Abaqus programı kullanılarak elde edilen sonuçlar araştırma bulguları bölümünde verilmiştir. Taguchi optimizasyonunda kullanılan parametre ve seviyeleri ile L_9 ortogonal dizisi Çizelge 3.1 ve 3.2'de toplu olarak gösterilmiştir.

Çizelge 3.1. Kullanılan parametre ve seviye değerleri

Simge	Parametre	Seviye		
		1	2	3
h_1	Plak kalınlığı (m)	0,15	0,20	0,25
E	Betonun Elastisite Modülü (GPa)	28,5	30,23	31,5
L	Plak Boyu (m)	5	7,5	10
h_2	Temel Tabakası kalınlığı (m)	0,15	0,20	-

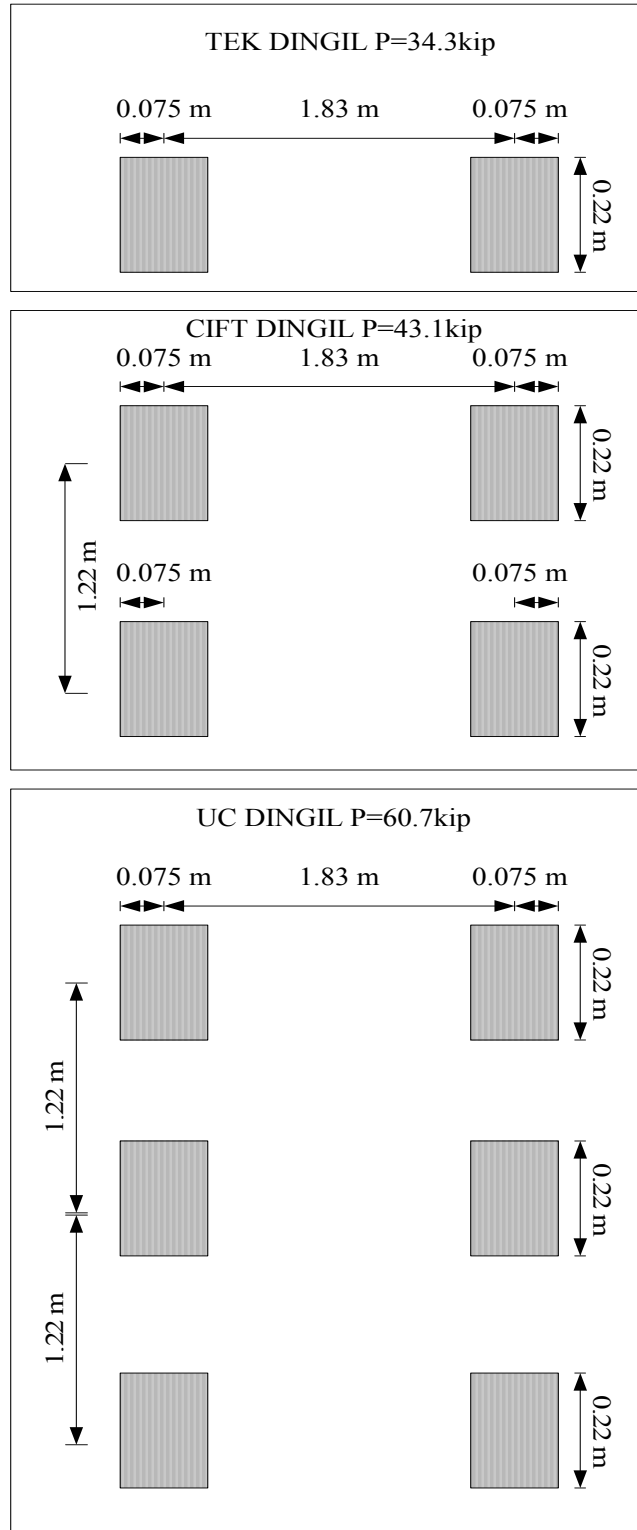
Çizelge 3.2. L_9 Ortogonal dizisine göre yapılacak deney planı

D.No	h_1	E_1	L	h_2
1	1	1	1	1
2	1	2	2	2
3	1	3	3	1
4	2	1	2	1
5	2	2	3	1
6	2	3	1	2
7	3	1	3	2
8	3	2	1	1
9	3	3	2	1

Yapılan analizler için sabit olarak alınan değerler aşağıdaki gibidir.

γ_{beton}	: 2400 (kg/m ³)	γ_{temel}	: 2400 (kg/m ³)
ν_{beton}	: 0.20	ν_{temel}	: 0.20
E_{temel}	: 10 (GPa)	k	: 25 (kPa/mm)

Yukarıda belirtilen plak köşe, kenar ve ortasına yüklenmek üzere seçilen 3 farklı dingil tipi ve bu dingiller için üç farklı yük Şekil 3.10'de gösterilmiştir.

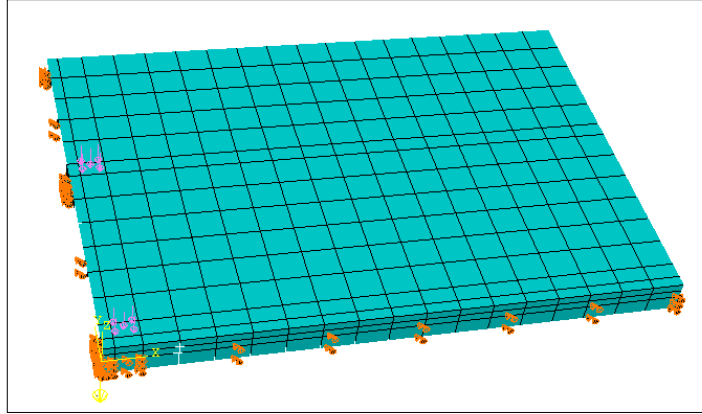


Şekil 3.10. Dingil tipleri ve yükleri

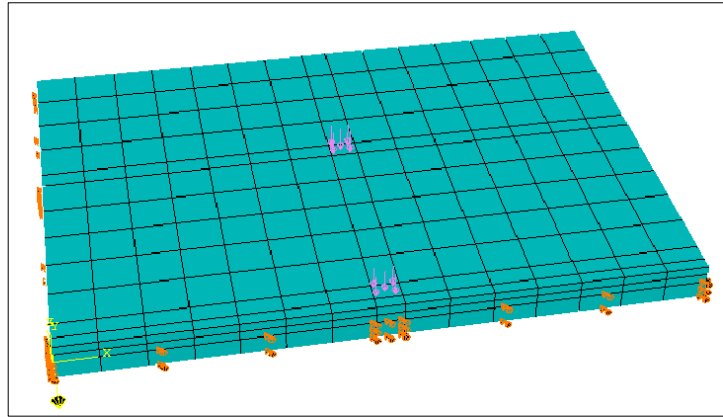
4. ARAŞTIRMA BULGULARI

Bu bölümde Abaqus sonlu elemanlar programıyla elde edilen sonlu elemanlar analizleri (SEA) ve Taguchi metoduna göre yapılan optimizasyon sonuçları verilmiştir. Bu sonuçlar, çizelge ve grafiklerle desteklenerek daha anlaşılır bir hale getirilmiştir. Ayrıca ilgili standartlardaki veriler de eklenerek karşılaştırma imkanı sağlanmıştır. Sonlu elemanlar analizleri (SEA), maksimum asal gerilmeler (MAG) dikkate alınarak yapılmıştır.

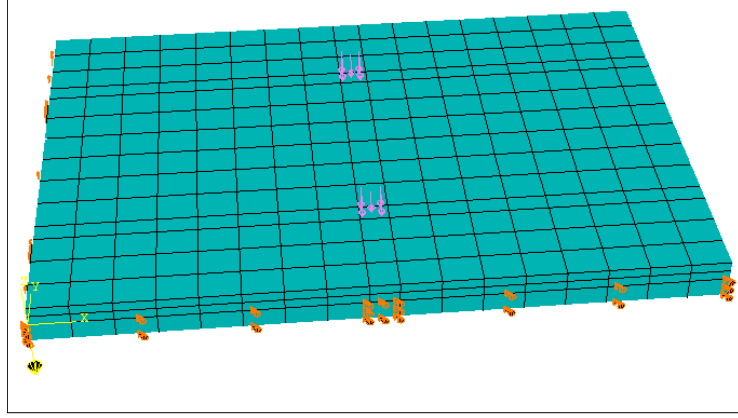
Seçilen plak geometrisine göre yükleme durumları ve sınır şartları Şekil 4.1-4.9 verilmiştir.



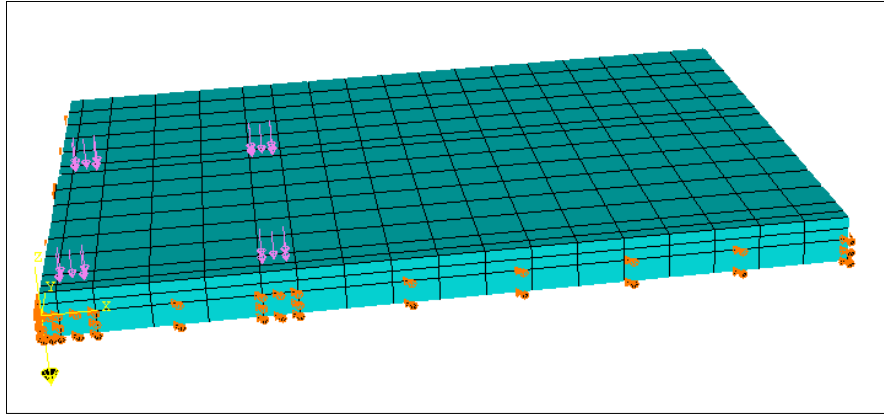
Şekil 4.1. Tek dingil köşe yüklemesi durumu



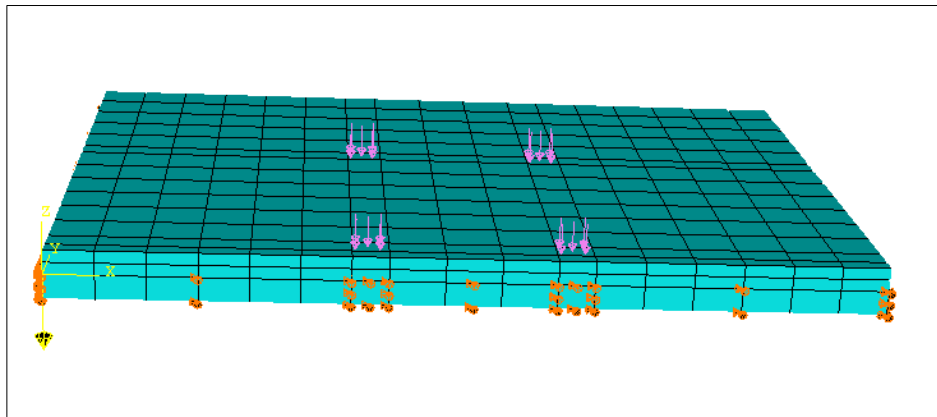
Şekil 4.2. Tek dingil kenar yüklemesi durumu



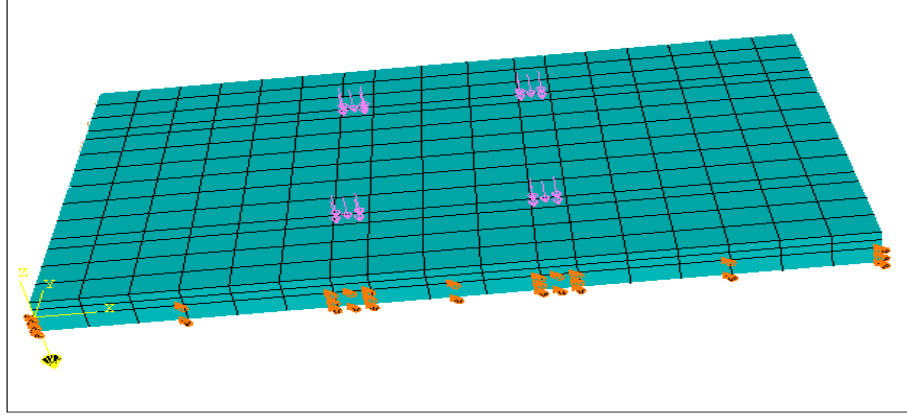
Şekil 4.3. Tek dingil orta yüklemesi durumu



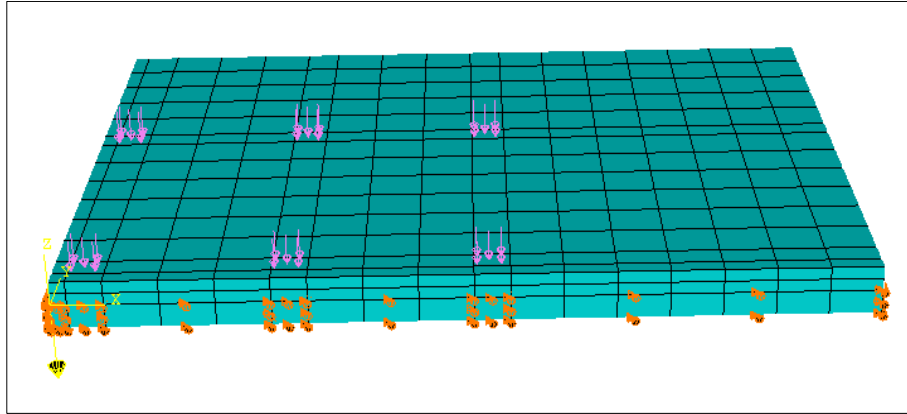
Şekil 4.4. Çift dingil köşe yüklemesi durumu



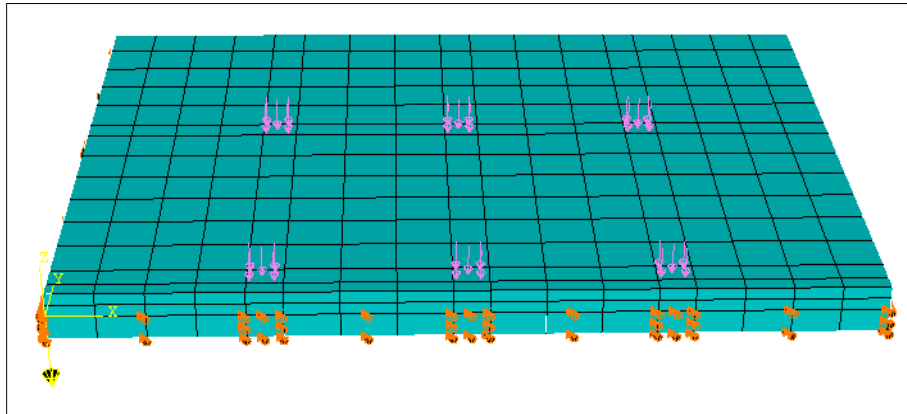
Şekil 4.5. Çift dingil kenar yüklemesi durumu



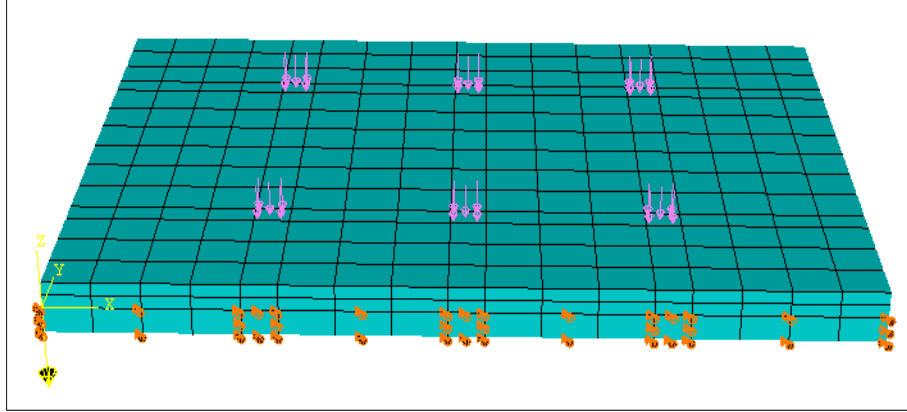
Şekil 4.6. Çift dingil orta yükleme durumu



Şekil 4.7. Üç dingil köşe yükleme durumu



Şekil 4.8. Üç dingil kenar yüklemesi durumu



Şekil 4.9. Üç dingil kenar yüklemesi durumu

4. 1. Seçilen Ortogonal Diziye Göre Elde Edilen Sonuçlar

Üçüncü bölümde söylenen parametre ve seviyelerine göre dört farklı sıcaklık farkı için köşe, kenar ve orta yükleme yapılarak (3.66) eşitliği yardımıyla S/N değerleri elde edilmiştir. Elde edilen S/N değerleri kullanılarak ortalama S/N etkileri hesaplanarak Çizelge 4.1-4.45’de verilmiştir. Ortalama S/N etkilerindeki her parametrenin maksimum değeri, o parametrenin optimum değerini vermektedir. Bu değerler kullanılarak her bir sıcaklık farkı ve yükleme durumu için optimum değerlerin grafikleri Şekil 4.10-4.45’te verilmiştir.

4. 1. 1. Tek dingil köşe yüklemesi için yapılan optimizasyon

Çizelge 4.1. Tek dingil köşe yüklemesi için S/N ve gerilme değerleri

SEA No	Performans İstatistiği (S/N)							
	Tek Dingil Köşe Yükleme							
	-25°C		-15 °C		15 °C		25 °C	
	S/N	MPa	S/N	MPa	S/N	MPa	S/N	MPa
1	7,783	2,45	3,636	1,58	6,887	2,21	10,048	3,18
2	8,265	2,59	4,027	1,68	7,043	2,25	10,37	3,3
3	8,562	2,68	4,349	1,76	7,64	2,41	10,474	3,34
4	7,12	2,27	3,346	1,46	5,756	1,94	8,399	2,63
5	7,712	2,43	3,862	1,57	6,02	2,00	8,723	2,73
6	7,889	2,48	4,136	1,6	6,235	2,05	9,004	2,82
7	6,808	2,19	2,922	1,37	4,402	1,66	7,272	2,31
8	7,043	2,25	2,922	1,42	4,76	1,73	7,347	2,33
9	7,531	2,38	3,405	1,48	5,057	1,79	7,64	2,41
Ort.	7,635		3,623		5,978		8,808	

Çizelge 4.2. $\Delta T = -15^\circ\text{C}$ için ortalama S/N etkileri

Seviye No	h_1	E_1	L	h_2
1. Seviye	4,004	3,301	3,565	3,587
2. Seviye	3,781	3,604	3,593	3,695
3. Seviye	3,083	3,963	3,711	

Çizelge 4.3. $\Delta T = 15^\circ\text{C}$ için ortalama S/N etkileri

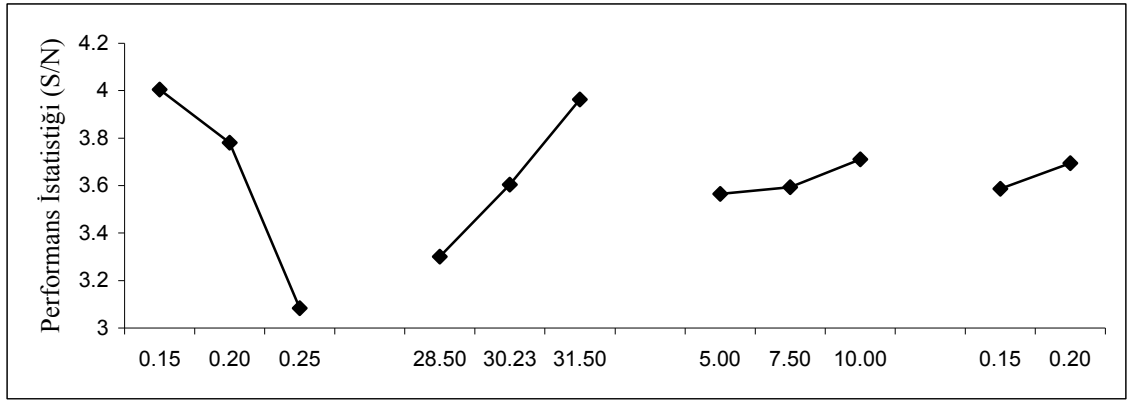
Seviye No	h_1	E_1	L	h_2
1. Seviye	7,19	5,682	5,961	6,02
2. Seviye	6,003	5,941	5,952	5,893
3. Seviye	4,74	6,31	6,021	

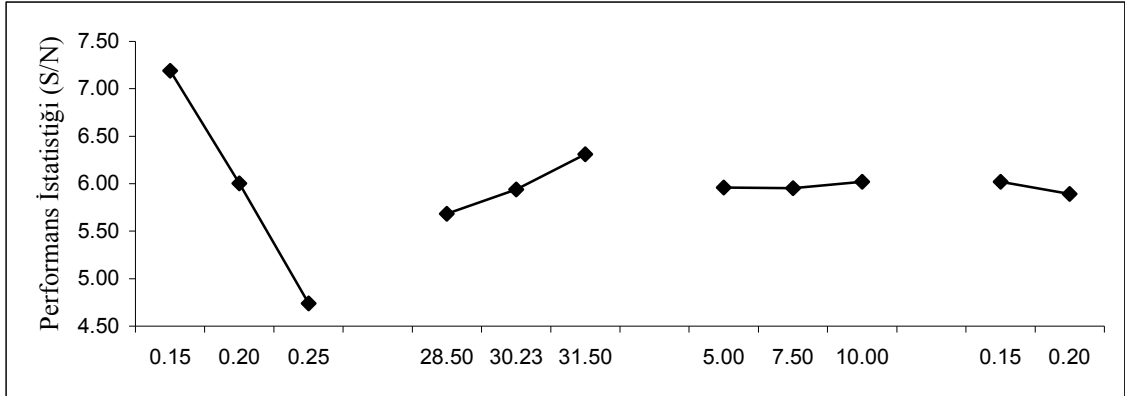
Çizelge 4.4. $\Delta T=25^{\circ}\text{C}$ için ortalama S/N etkileri

Seviye No	h_1	E_1	L	h_2
1. Seviye	10,297	8,573	8,8	8,772
2. Seviye	8,709	8,813	8,803	8,882
3. Seviye	7,419	9,04	8,823	

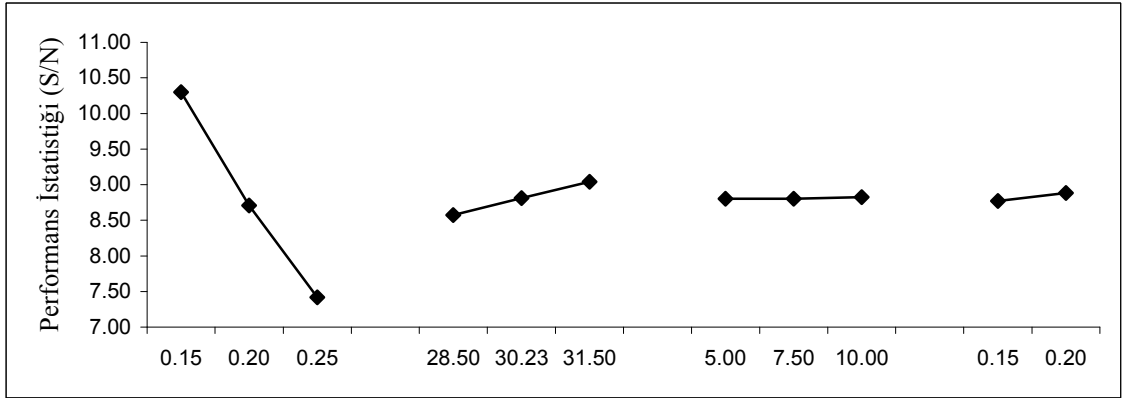
Çizelge 4.5. $\Delta T=-25^{\circ}\text{C}$ için ortalama S/N etkileri

Seviye No	h_1	E_1	L	h_2
1. Seviye	8,204	7,237	7,572	7,625
2. Seviye	7,573	7,673	7,639	7,654
3. Seviye	7,128	7,994	7,694	

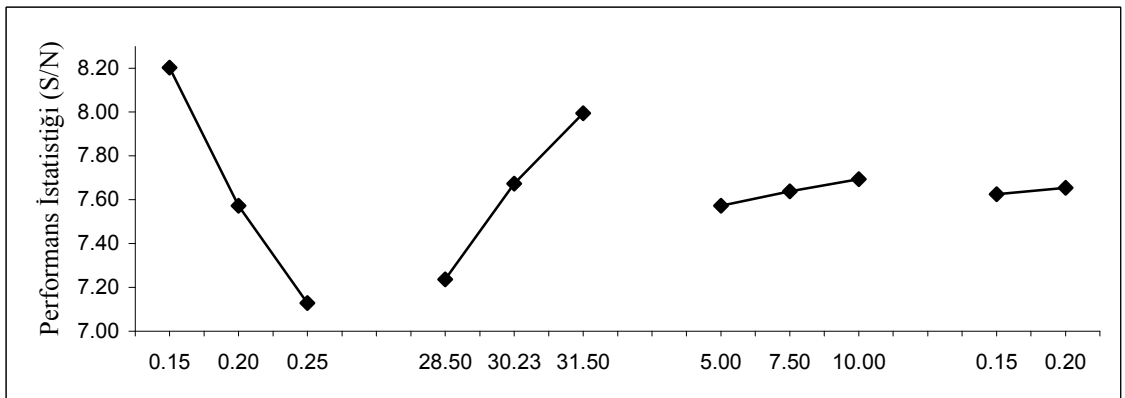
**Şekil 4.10.** Parametrelerin MAG üzerine etkisi ($\Delta T=-15^{\circ}\text{C}$)



Şekil 4.11. Parametrelerin MAG üzerine etkisi ($\Delta T=15^{\circ}\text{C}$)



Şekil 4.12. Parametrelerin MAG üzerine etkisi ($\Delta T=25^{\circ}\text{C}$)



Şekil 4.13. Parametrelerin MAG üzerine etkisi ($\Delta T=-25^{\circ}\text{C}$)

Köşede tek dingilin yüklenmesi durumunda oluşan gerilmelerin S/N değerleri, Çizelge 4.1'de verilmiştir. Bu yükleme durumu için elde edilen S/N değerlerinden,

ortalama S/N etkileri hesaplanmış ve Çizelge 4.1-4.5'te verilmiştir. Bu çizelgelerde parametrelerin en büyük seviyeleri, o parametre için optimum durumu vermektedir. Optimum durumlar aynı zamanda Şekil 4.10-4.13'de gösterildiği gibidir. Dolayısıyla, beton plakta meydana gelen -25 -15, 15, 25°'lik sıcaklık farkları için gerilmeyi maksimum yapan parametre ve seviyeleri sırasıyla 1 3 3 2, 1 3 3 2, 1 3 3 1 ve 1 3 3 2'dir. Plak alt ve üst yüzeyleri arasında oluşan -15°C'lik sıcaklık farkından dolayı meydana gelen gerilmelerin optimum durumunda h1'in 1. seviyesi (0,15 m), elastisite modülünün 3. seviyesi (31,50 GPa), plak boyunun 3. seviyesi (10 m) ve temel tabakası kalınlığının 2. seviyesi (0,20 m); 15°C'lik sıcaklık farkı için h1'in 1. seviyesi (0,15 m), elastisite modülünün 3. seviyesi (31,50 GPa), plak boyunun 3. seviyesi (10 m) ve temel tabakası kalınlığının 1. seviyesi (0,15 m); 25°C'lik sıcaklık farkı için h1'in 1. seviyesi (0,15 m), elastisite modülünün 3. seviyesi (31,50 GPa), plak boyunun 3. seviyesi (10 m) ve temel tabakası kalınlığının 1. seviyesi (0,15 m); -25°C'lik sıcaklık farkı için h1'in 1. seviyesi (0,15 m), elastisite modülünün 3. seviyesi (31,50 GPa), plak boyunun 3. seviyesi (10 m) ve temel tabakası kalınlığının 1. seviyesi (0,15 m) olmaktadır.

4. 1. 2. Tek dingil kenar yüklemesi için yapılan optimizasyon

Çizelge 4.6. Tek dingil kenar yüklemesi için S/N ve gerilme değerleri

SEA No	Tek Dingil Kenar Yükleme							
	-25°C		-15 °C		15 °C		25 °C	
	S/N	MPa	S/N	MPa	S/N	MPa	S/N	MPa
1	12,255	2,43	3,463	1,49	6,887	2,21	12,255	4,1
2	12,749	2,6	3,973	1,58	6,887	2,21	12,749	4,34
3	12,986	2,67	4,349	1,65	7,458	2,36	12,986	4,46
4	10,731	2,24	3,045	1,42	7,712	2,43	10,731	3,44
5	10,980	2,37	3,636	1,52	8,198	2,57	10,980	3,54
6	10,655	2,52	4,136	1,61	8,53	2,67	10,655	3,41
7	9,277	2,1	2,67	1,36	6,608	2,14	9,277	2,91
8	8,818	2,06	3,045	1,42	6,444	2,1	8,818	2,76
9	9,799	2,25	3,346	1,47	7,082	2,26	9,799	3,09
Ort.	10,917		3,517		7,312		10,917	

Çizelge 4.7. $\Delta T = -15^\circ\text{C}$ için ortalama S/N etkileri

Seviye No	h_1	E_1	L	h_2
1. Seviye	3,928	3,06	3,548	3,481
2. Seviye	3,606	3,551	3,455	3,593
3. Seviye	3,02	3,944	3,552	

Çizelge 4.8. $\Delta T = 15^\circ\text{C}$ için ortalama S/N etkileri

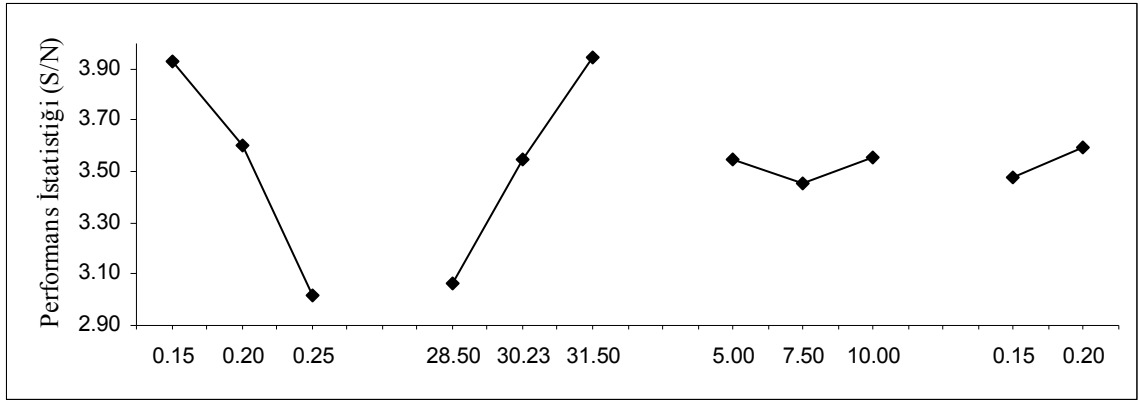
Seviye No	h_1	E_1	L	h_2
1. Seviye	7,077	7,069	7,287	7,297
2. Seviye	8,147	7,176	7,227	7,342
3. Seviye	6,711	7,69	7,421	

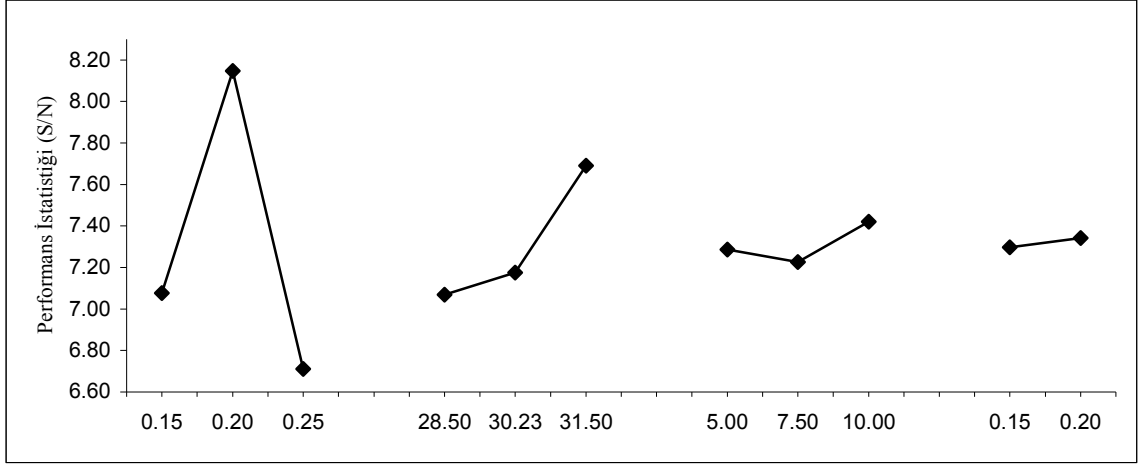
Çizelge 4.9. $\Delta T=25^{\circ}\text{C}$ için ortalama S/N etkileri

Seviye No	h_1	E_1	L	h_2
1. Seviye	12,664	10,754	10,576	10,928
2. Seviye	10,788	10,849	11,093	10,894
3. Seviye	9,298	11,146	11,081	

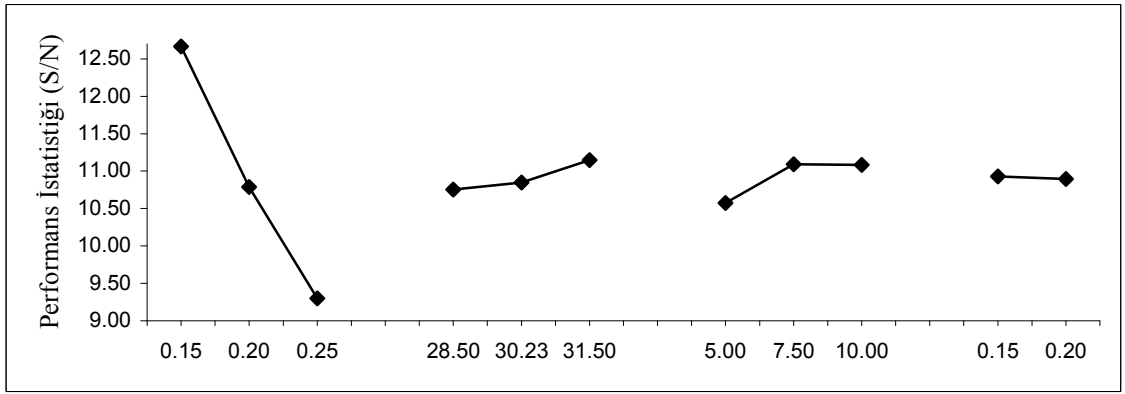
Çizelge 4.10. $\Delta T=-25^{\circ}\text{C}$ için ortalama S/N etkileri

Seviye No	h_1	E_1	L	h_2
1. Seviye	12,664	10,754	10,576	10,928
2. Seviye	10,788	10,849	11,093	10,894
3. Seviye	9,298	11,146	11,081	

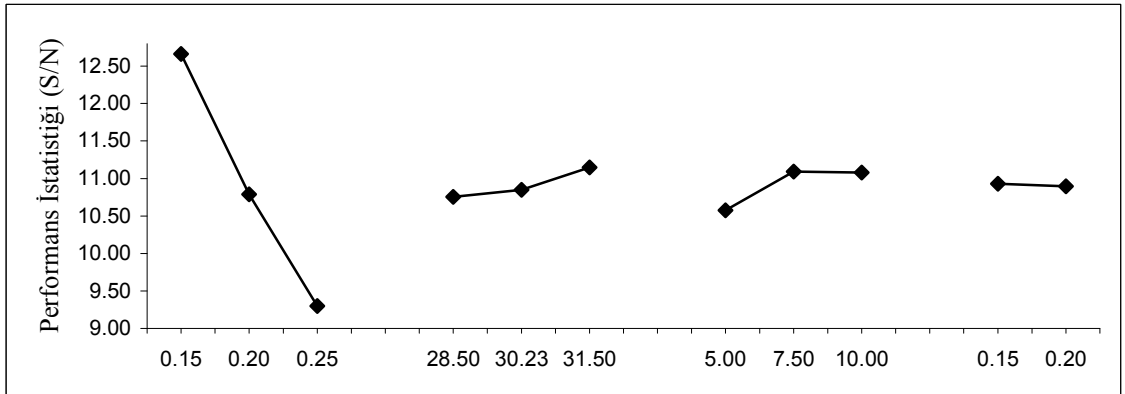
**Şekil 4.14.** Parametrelerin MAG üzerine etkisi ($\Delta T=-15^{\circ}\text{C}$)



Şekil 4.15. Parametrelerin MAG üzerine etkisi ($\Delta T=15^{\circ}\text{C}$)



Şekil 4.16. Parametrelerin MAG üzerine etkisi ($\Delta T=25^{\circ}\text{C}$)



Şekil 4.17. Parametrelerin MAG üzerine etkisi ($\Delta T=-25^{\circ}\text{C}$)

Kenarda tek dingilin yüklenmesi durumunda oluşan gerilmelerin S/N değerleri, Çizelge 4.6'da verilmiştir. Bu yükleme durumu için ortalama S/N etkileri ise Çizelge 4.7- 4.10'da verilmiştir. Gerilmeyi maksimum yapan optimum durumlar Şekil 4.14- 4.17'de gösterilmiştir. Dolayısıyla, beton plakta meydana gelen -15 , 15 , 25 , -25°C 'lik sıcaklık farkları için gerilmeyi maksimum yapan parametre ve seviyeleri sırasıyla 1 3 3 2, 2 3 3 2, 1 3 2 1 ve 1 3 3 2'dir. Plak alt ve üst yüzeyleri arasında oluşan -15°C 'lik sıcaklık farkından dolayı meydana gelen gerilmelerin optimum durumunda h_1 'in 1. seviyesi (0,15 m), elastisite modülünün 3. seviyesi (31,50 GPa), plak boyunun 3. seviyesi (10 m) ve temel tabakası kalınlığının 2. seviyesi (0,20 m); 15°C 'lik sıcaklık farkı için h_1 'in 2. seviyesi (0,20 m), elastisite modülünün 3. seviyesi (31,50 GPa), plak boyunun 3. seviyesi (10 m) ve temel tabakası kalınlığının 2. seviyesi (0,20 m); 25°C 'lik sıcaklık farkı için h_1 'in 1. seviyesi (0,15 m), elastisite modülünün 3. seviyesi (31,50 GPa), plak boyunun 2. seviyesi (7,5 m) ve temel tabakası kalınlığının 1. seviyesi (0,15 m); -25°C 'lik sıcaklık farkı için h_1 'in 1. seviyesi (0,15 m), elastisite modülünün 3. seviyesi (31,50 GPa), plak boyunun 3. seviyesi (10 m) ve temel tabakası kalınlığının 2. seviyesi (0,20 m) olmaktadır. Genel olarak, tek dingil kenar yüklemesi durumunda, meydana gelen gerilmeleri maksimum yapan optimum durumlar için, 15°C 'lik sıcaklık farkı durumu hariç plak kalınlığının 1. seviyesi (0,15 m) optimumdur, tüm sıcaklık farklarında elastisite modülünün 3. seviyesi (31,50 GPa) optimumdur, 25°C 'lik sıcaklık farkı durumu hariç plak boyunun 3. seviyesi optimumdur ve yine 25°C 'lik sıcaklık farkı durumu hariç temel tabakası kalınlığının 2. seviyesi (0,20 m) optimumdur.

4. 1. 3. Tek dingil orta yüklemesi için yapılan optimizasyon

Çizelge 4.11. Tek dingil orta yüklemesi için S/N ve gerilme değerleri

SEA No	Tek Dingil Orta Yükleme							
	-25°C		-15 °C		15 °C		25 °C	
	S/N	MPa	S/N	MPa	S/N	MPa	S/N	MPa
1	7,494	2,37	3,636	1,52	6,927	2,22	11,731	3,86
2	7,923	2,49	4,136	1,61	7,272	2,31	12,360	4,15
3	8,096	2,54	4,506	1,68	7,458	2,36	12,381	4,16
4	6,808	2,19	2,797	1,38	7,158	2,28	10,552	3,37
5	7,120	2,27	3,346	1,47	7,309	2,32	10,422	3,32
6	7,783	2,45	3,636	1,52	7,889	2,48	10,629	3,4
7	6,361	2,08	2,411	1,32	6,235	2,05	8,786	2,75
8	5,845	1,96	2,670	1,36	6,444	2,1	8,818	2,76
9	7,043	2,25	3,167	1,44	6,689	2,16	9,425	2,96
Ort.	7,164		3,367		7,042		10,567	

Çizelge 4.12. $\Delta T = -15^\circ\text{C}$ için ortalama S/N etkileri

Seviye No	h_1	E_1	L	h_2
1. Seviye	4,093	2,948	3,314	3,354
2. Seviye	3,260	3,384	3,367	3,394
3. Seviye	2,749	3,770	3,421	

Çizelge 4.13. $\Delta T = 15^\circ\text{C}$ için ortalama S/N etkileri

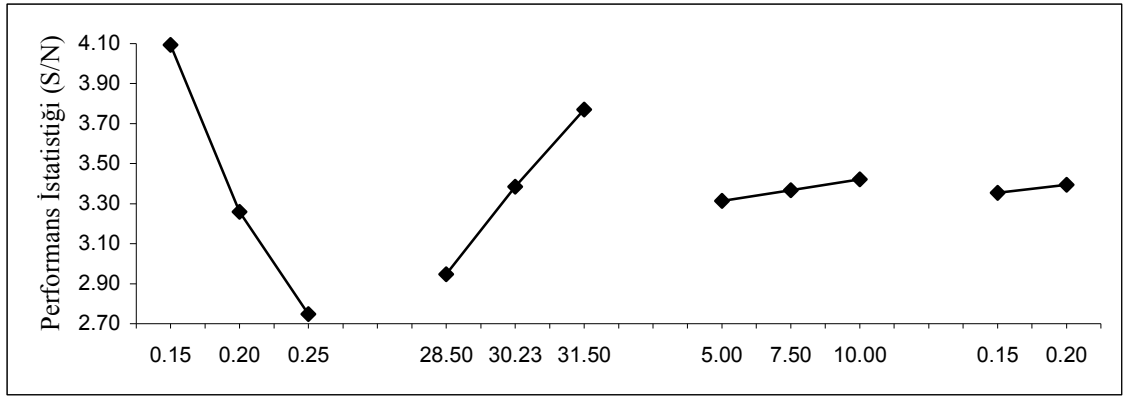
Seviye No	h_1	E_1	L	h_2
1. Seviye	7,219	6,773	7,086	6,997
2. Seviye	7,452	7,008	7,04	7,132
3. Seviye	6,456	7,345	7,001	

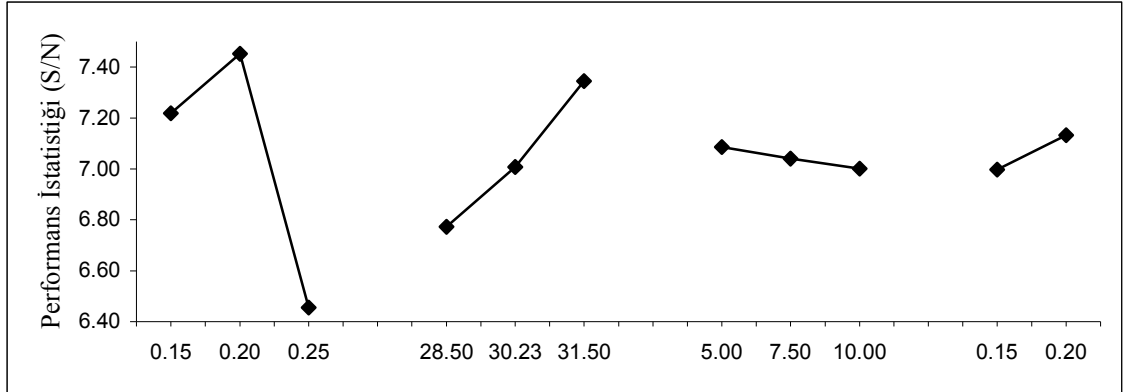
Çizelge 4.14. $\Delta T=25^{\circ}\text{C}$ için ortalama S/N etkileri

Seviye No	h_1	E_1	L	h_2
1. Seviye	12,158	10,356	10,393	10,555
2. Seviye	10,534	10,5633	10,779	10,592
3. Seviye	9,01	10,812	10,530	

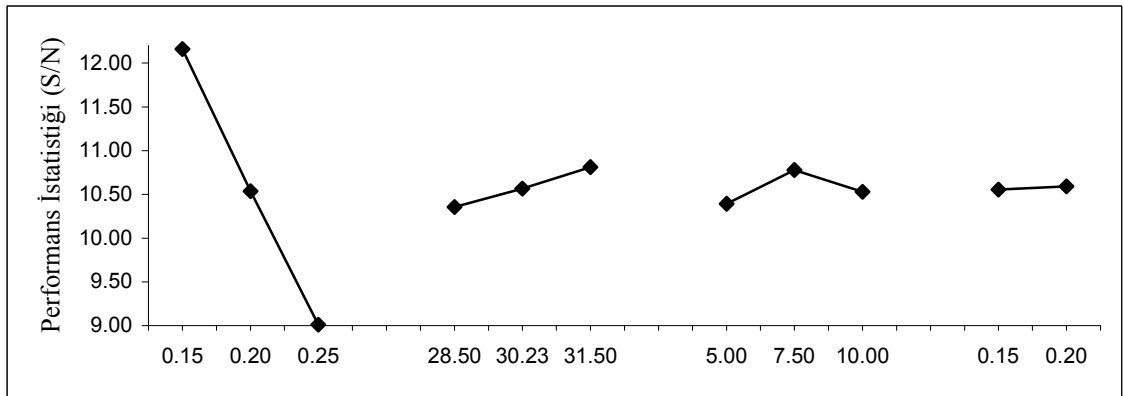
Çizelge 4.15. $\Delta T=-25^{\circ}\text{C}$ için ortalama S/N etkileri

Seviye No	h_1	E_1	L	h_2
1. Seviye	7,838	6,888	7,041	7,068
2. Seviye	7,237	6,963	7,258	7,356
3. Seviye	6,416	7,641	7,192	

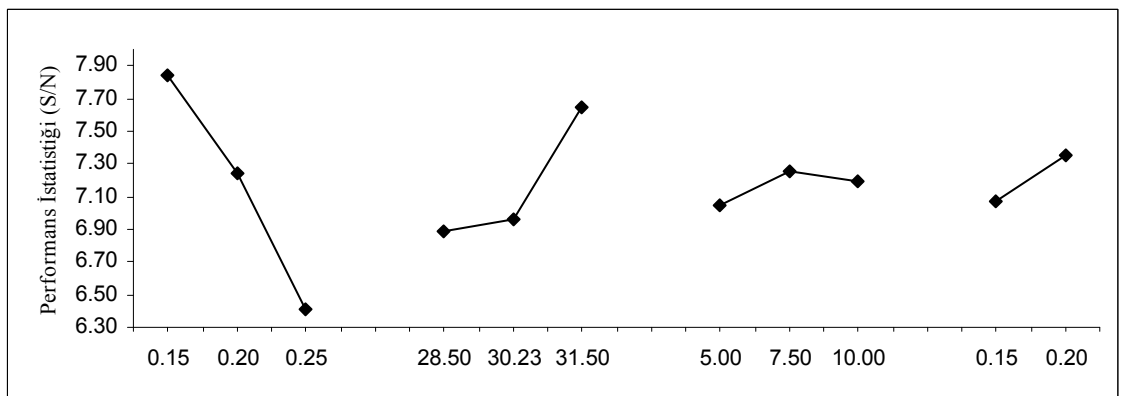
**Şekil 4.18.** Parametrelerin MAG üzerine etkisi ($\Delta T=-15^{\circ}\text{C}$)



Şekil 4.19. Parametrelerin MAG üzerine etkisi ($\Delta T=15^{\circ}\text{C}$)



Şekil 4.20. Parametrelerin MAG üzerine etkisi ($\Delta T=25^{\circ}\text{C}$)



Şekil 4.21. Parametrelerin MAG üzerine etkisi ($\Delta T=-25^{\circ}\text{C}$)

Ortada tek dingilin yüklenmesi durumunda oluşan gerilmelerin S/N değerleri, Çizelge 4.11'de verilmiştir. Bu yükleme durumu için ortalama S/N etkileri ise Çizelge 4.12-

4.15’de verilmiştir. Gerilmeyi maksimum yapan optimum durumlar Şekil 4.18-4.21’de gösterilmiştir. Dolayısıyla, beton plakta meydana gelen -15, 15, 25, -25°C’lik sıcaklık farkları için gerilmeyi maksimum yapan parametre ve seviyeleri sırasıyla 1 3 3 2, 2 3 1 2, 1 3 2 2 ve 1 3 2 2’dir. Plak alt ve üst yüzeyleri arasında oluşan -15°C’lik sıcaklık farkından dolayı meydana gelen gerilmelerin optimum durumunda h1’in 1. seviyesi (0,15 m), elastisite modülünün 3. seviyesi (31,50 GPa), plak boyunun 3. seviyesi (10 m) ve temel tabakası kalınlığının 2. seviyesi (0,20 m); 15°C’lik sıcaklık farkı için h1’in 2. seviyesi (0,20 m), elastisite modülünün 3. seviyesi (31,50 GPa), plak boyunun 1. seviyesi (5 m) ve temel tabakası kalınlığının 2. seviyesi (0,20 m); 25°C’lik sıcaklık farkı için h1’in 1. seviyesi (0,15 m), elastisite modülünün 3. seviyesi (31,50 GPa), plak boyunun 2. seviyesi (7,5 m) ve temel tabakası kalınlığının 2. seviyesi (0,20 m); -25°C’lik sıcaklık farkı için h1’in 1. seviyesi (0,15 m), elastisite modülünün 3. seviyesi (31,50 GPa), plak boyunun 2. seviyesi (10 m) ve temel tabakası kalınlığının 2. seviyesi (0,20 m) olmaktadır. Genel olarak, tek dingil orta yüklemesi durumunda, meydana gelen gerilmeleri maksimum yapan optimum durumlar için, 15°C’lik sıcaklık farkı durumu hariç plak kalınlığının 1. seviyesi (0,15 m) optimumdur, tüm sıcaklık farklarında elastisite modülünün 3. seviyesi (31,50 GPa) optimumdur, temel tabakası kalınlığının 2. seviyesi (0,20 m) optimumdur. Plak boyu dikkate alındığında ise -5°C’lik sıcaklık farkı için 3. seviye (10 m), ise 15°C’lik sıcaklık farkı için 1. seviye (5 m), 25 ve ise -25°C’lik sıcaklık farkı için 2. seviye (7,5 m) optimumdur.

4. 1. 4. Çift dingil köşe yüklemesi için yapılan optimizasyon

Çizelge 4.16. Çift dingil köşe yüklemesinde için S/N ve gerilme değerleri

SEA No	Çift Dingil Köşe Yükleme							
	-25°C		-15 °C		15 °C		25 °C	
	S/N	MPa	S/N	MPa	S/N	MPa	S/N	MPa
1	7,747	2,44	3,973	1,58	6,319	2,07	11,174	3,62
2	8,232	2,58	4,506	1,68	6,887	2,21	11,340	3,69
3	8,332	2,61	4,910	1,76	7,309	2,32	11,434	3,73
4	7,120	2,27	3,287	1,46	6,729	2,17	8,399	2,63
5	7,676	2,42	3,917	1,57	6,689	2,16	7,432	2,64
6	7,993	2,51	4,082	1,6	7,004	2,24	8,849	2,77
7	6,887	2,21	2,734	1,37	4,243	1,63	7,004	2,24
8	7,120	2,27	3,045	1,42	4,557	1,69	7,531	2,38
9	7,640	2,41	3,405	1,48	4,76	1,73	7,494	2,37
Ort.	7,639		3,762		6,055		9,073	

Çizelge 4.17. $\Delta T = -15^\circ\text{C}$ için ortalama S/N etkileri

Seviye No	h_1	E_1	L	h_2
1. Seviye	4,463	3,331	3,700	3,756
2. Seviye	3,762	3,823	3,732	3,774
3. Seviye	3,061	4,132	3,854	

Çizelge 4.18. $\Delta T = 15^\circ\text{C}$ için ortalama S/N etkileri

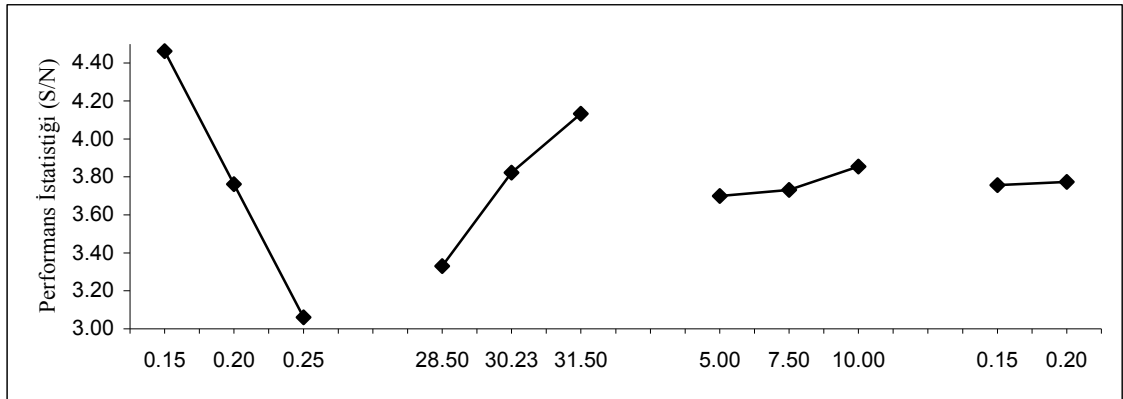
Seviye No	h_1	E_1	L	h_2
1. Seviye	6,839	5,764	5,960	6,061
2. Seviye	6,807	6,044	6,125	6,045
3. Seviye	4,520	6,358	6,080	

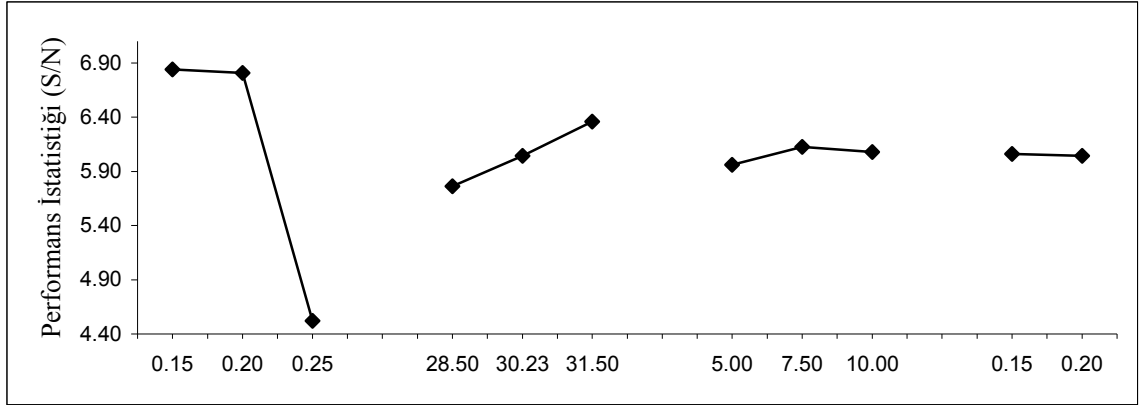
Çizelge 4.19. $\Delta T=25^{\circ}\text{C}$ için ortalama S/N etkileri

Seviye No	h_1	E_1	L	h_2
1. Seviye	11,316	8,859	9,185	9,077
2. Seviye	8,56	9,101	9,078	9,065
3. Seviye	7,343	9,259	8,957	

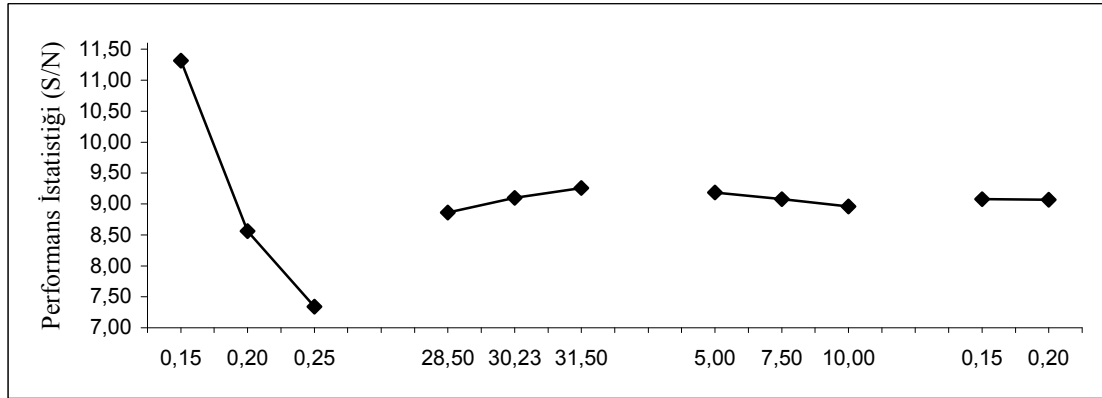
Çizelge 4.20. $\Delta T= -25^{\circ}\text{C}$ için ortalama S/N etkileri

Seviye No	h_1	E_1	L	h_2
1. Seviye	8,104	7,252	7,620	7,606
2. Seviye	7,596	7,676	7,664	7,704
3. Seviye	7,216	7,988	7,632	

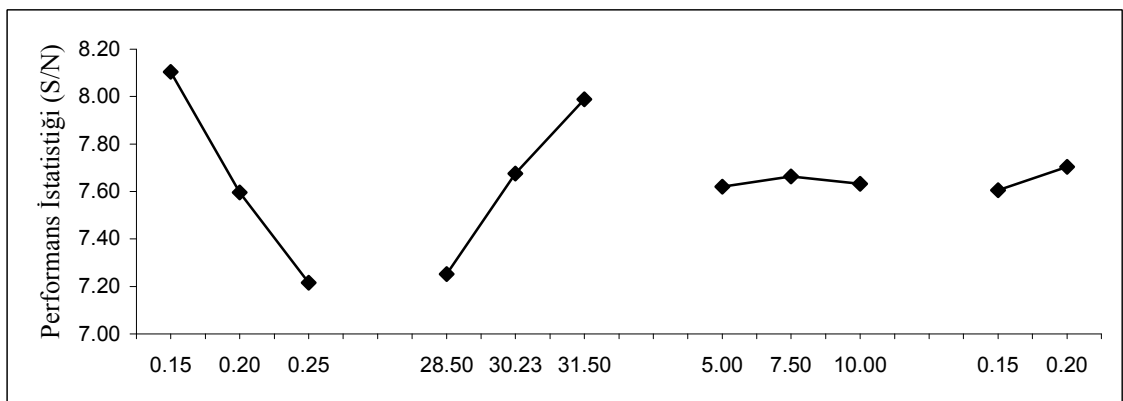
**Şekil 4.22.** Parametrelerin MAG üzerine etkisi ($\Delta T=-15^{\circ}\text{C}$)



Şekil 4.23. Parametrelerin MAG üzerine etkisi ($\Delta T=15^{\circ}\text{C}$)



Şekil 4.24. Parametrelerin MAG üzerine etkisi ($\Delta T=25^{\circ}\text{C}$)



Şekil 4.25. Parametrelerin MAG üzerine etkisi ($\Delta T=-25^{\circ}\text{C}$)

Köşede tek dingilin yüklenmesi durumunda oluşan gerilmelerin S/N değerleri, Çizelge 4.16'da verilmiştir. Bu yükleme durumu için ortalama S/N etkileri ise Çizelge 4.17-

4.20'de verilmiştir. Gerilmeyi maksimum yapan optimum durumlar Şekil 4.22-4.25'te gösterilmiştir. Beton plakta meydana gelen -15, 15, 25, -25°C'lik sıcaklık farkları için gerilmeyi maksimum yapan parametre ve seviyeleri sırasıyla 1 3 3 2, 1 3 2 1, 1 3 1 1 ve 1 3 2 2'dir. Plak alt ve üst yüzeyleri arasında oluşan -15°C'lik sıcaklık farkından dolayı meydana gelen gerilmelerin optimum durumunda h1'in 1. seviyesi (0,15 m), elastisite modülünün 3. seviyesi (31,50 GPa), plak boyunun 3. seviyesi (10 m) ve temel tabakası kalınlığının 2. seviyesi (0,20 m); 15°C'lik sıcaklık farkı için h1'in 1. seviyesi (0,15 m), elastisite modülünün 3. seviyesi (31,50 GPa), plak boyunun 2. seviyesi (7,5 m) ve temel tabakası kalınlığının 1. seviyesi (0,15 m); 25°C'lik sıcaklık farkı için h1'in 1. seviyesi (0,15 m), elastisite modülünün 3. seviyesi (31,50 GPa), plak boyunun 1. seviyesi (5 m) ve temel tabakası kalınlığının 1. seviyesi (0,15 m); -25°C'lik sıcaklık farkı için h1'in 1. seviyesi (0,15 m), elastisite modülünün 3. seviyesi (31,50 GPa), plak boyunun 1. seviyesi (7,5 m) ve temel tabakası kalınlığının 2. seviyesi (0,20 m) olmaktadır. Genel olarak, çift dingil köşe yüklemesi durumunda, meydana gelen gerilmeleri maksimum yapan optimum durumlar için plak kalınlığının 1. seviyesi (0,15 m) optimumdur, tüm sıcaklık farklarında elastisite modülünün 3. seviyesi (31,50 GPa) optimumdur, -15°C'lik sıcaklık farkı için plak boyunun 3. seviyesi (10 m), 15 ve -25°C'lik sıcaklık farkı için plak boyunun 2. seviyesi (5 m) ve -25°C'lik sıcaklık farkı için plak boyunun 1. seviyesi (5 m) optimumdur. Temel tabakası kalınlığı dikkate alındığında -15 ve -25°C'lik sıcaklık farkı için 2. seviye olan (0,20 m), 15 ve 25°C'lik sıcaklık farkı için 1. seviye olan (0,15 m) optimumdur.

4. 1. 5. Çift dingil kenar yüklemesi için yapılan optimizasyon

Çizelge 4.21. Çift dingil kenar yüklemesi için S/N ve gerilme değerleri

SEA No	Çift Dingil Kenar Yükleme							
	-25°C		-15 °C		15 °C		25 °C	
	S/N	MPa	S/N	MPa	S/N	MPa	S/N	MPa
1	7,458	2,36	3,806	1,55	6,277	2,06	20,856	3,49
2	8,028	2,52	4,190	1,62	6,729	2,17	11,641	3,82
3	8,432	2,64	4,402	1,66	6,887	2,21	11,731	3,86
4	7,158	2,28	3,045	1,42	6,526	2,12	9,827	3,1
5	7,531	2,38	3,579	1,51	6,848	2,20	10,157	3,22
6	8,096	2,54	3,862	1,56	7,082	2,26	9,366	2,94
7	6,729	2,17	2,606	1,35	5,711	1,93	8,595	2,69
8	6,887	2,21	2,984	1,41	5,249	1,83	7,494	2,37
9	7,421	2,35	3,287	1,49	6,192	2,04	9,066	2,89
Ort.	7,527		3,529		6,389		9,859	

Çizelge 4.22. $\Delta T = -15^\circ\text{C}$ için ortalama S/N etkileri

Seviye No	h_1	E_1	L	h_2
1. Seviye	4,133	3,153	3,551	3,517
2. Seviye	3,495	3,584	3,507	3,553
3. Seviye	2,959	3,850	3,529	

Çizelge 4.23. $\Delta T = 15^\circ\text{C}$ için ortalama S/N etkileri

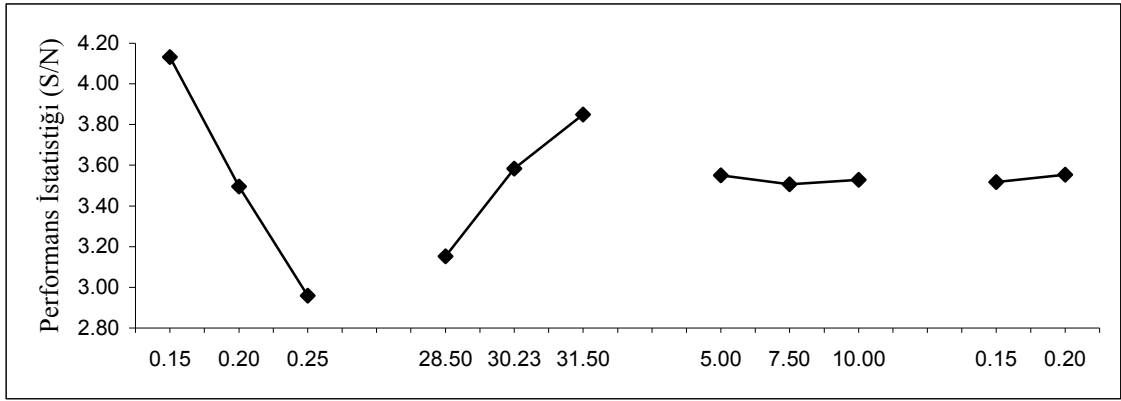
Seviye No	h_1	E_1	L	h_2
1. Seviye	6,631	6,171	6,202	6,330
2. Seviye	6,819	6,275	6,482	6,507
3. Seviye	5,717	6,720	6,482	

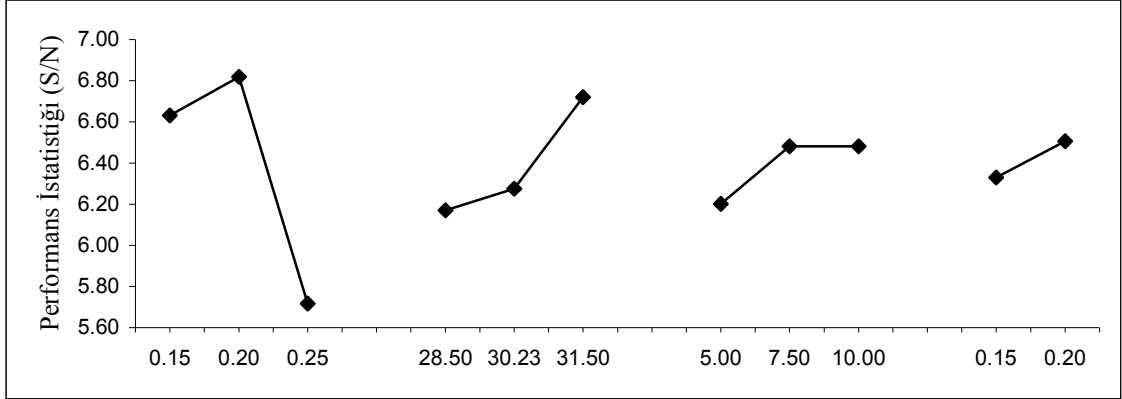
Çizelge 4.24. $\Delta T=25^{\circ}\text{C}$ için ortalama S/N etkileri

Seviye No	h_1	E_1	L	h_2
1. Seviye	11,409	9,759	9,239	9,855
2. Seviye	9,783	9,764	10,178	9,867
3. Seviye	8,385	10,055	10,161	

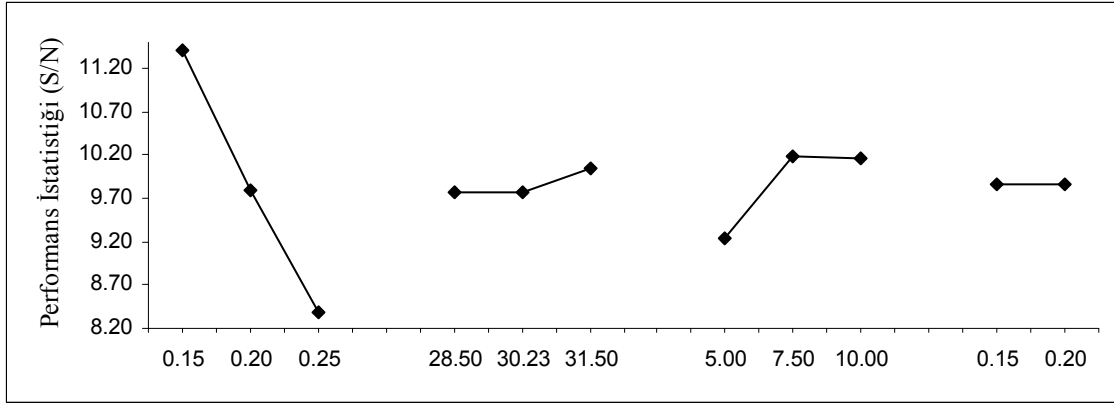
Çizelge 4.25. $\Delta T=-25^{\circ}\text{C}$ için ortalama S/N etkileri

Seviye No	h_1	E_1	L	h_2
1. Seviye	7.972	7.115	7.480	7.481
2. Seviye	7.595	7.482	7.536	7.617
3. Seviye	7.012	7.983	7.564	

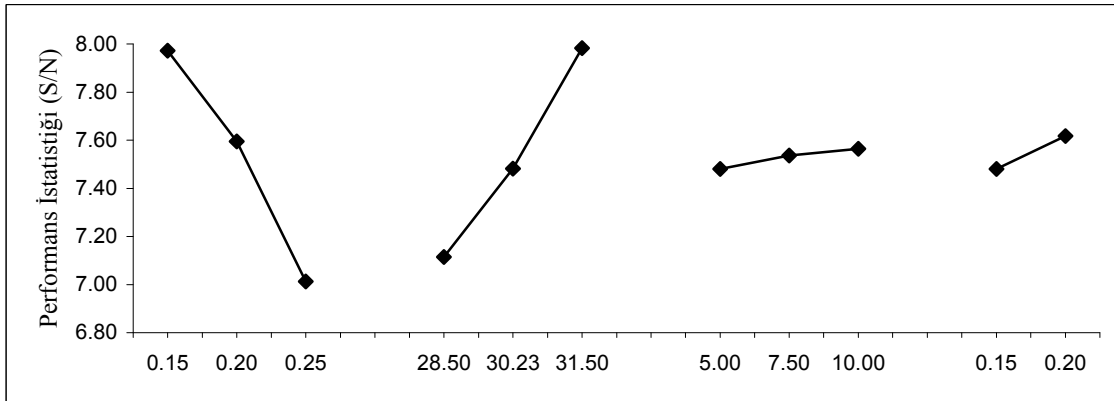
**Şekil 4.26.** Parametrelerin MAG üzerine etkisi ($\Delta T=-15^{\circ}\text{C}$)



Şekil 4.27. Parametrelerin MAG üzerine etkisi ($\Delta T=15^{\circ}\text{C}$)



Şekil 4.28. Parametrelerin MAG üzerine etkisi ($\Delta T=25^{\circ}\text{C}$)



Şekil 4.29. Parametrelerin MAG üzerine etkisi ($\Delta T=-25^{\circ}\text{C}$)

Köşede tek dingilin yüklenmesi durumunda oluşan gerilmelerin S/N değerleri, Çizelge 4.21'de verilmiştir. Bu yükleme durumu için ortalama S/N etkileri ise Çizelge 4.22-

4.25'te verilmiştir. Gerilmeyi maksimum yapan optimum durumlar Şekil 4.26-4.29'da gösterilmiştir. Beton plakta meydana gelen -15 , 15 , 25 , -25°C 'lik sıcaklık farkları için gerilmeyi maksimum yapan parametre ve seviyeleri sırasıyla 1 3 1 2, 2 3 2 2, 1 3 2 2 ve 1 3 3 2'dir. Plak alt ve üst yüzeyleri arasında oluşan -15°C 'lik sıcaklık farkından dolayı meydana gelen gerilmelerin optimum durumunda h_1 'in 1. seviyesi (0,15 m), elastisite modülünün 3. seviyesi (31,50 GPa), plak boyunun 1. seviyesi (5 m) ve temel tabakası kalınlığının 2. seviyesi (0,20 m); 15°C 'lik sıcaklık farkı için h_1 'in 2. seviyesi (0,20 m), elastisite modülünün 3. seviyesi (31,50 GPa), plak boyunun 2. seviyesi (7,5 m) ve temel tabakası kalınlığının 2. seviyesi (0,20 m); 25°C 'lik sıcaklık farkı için h_1 'in 1. seviyesi (0,15 m), elastisite modülünün 3. seviyesi (31,50 GPa), plak boyunun 2. seviyesi (5 m) ve temel tabakası kalınlığının 2. seviyesi (0,20 m); -25°C 'lik sıcaklık farkı için h_1 'in 1. seviyesi (0,15 m), elastisite modülünün 3. seviyesi (31,5 GPa), plak boyunun 3. seviyesi (10 m) ve temel tabakası kalınlığının 2. seviyesi (0,20 m) olmaktadır. Genel olarak, çift dingil köşe yüklemesi durumunda, meydana gelen gerilmeleri maksimum yapan optimum durumlar için 15°C 'lik sıcaklık farkı hariç plak kalınlığının 1. seviyesi (0,15 m) optimumdur, tüm sıcaklık farklarında elastisite modülünün 3. seviyesi (31,50 GPa) optimumdur, yine tüm sıcaklık farklarında temel tabakasının kalınlığının 2. seviyesi (0,20 m) optimumdur. Plak boyları dikkate alındığında -15°C 'lik sıcaklık farkı için plak boyunun 1. seviyesi (5 m), 15 ve 25°C 'lik sıcaklık farkı için plak boyunun 2. seviyesi (5 m) ve -25°C 'lik sıcaklık farkı için plak boyunun 3. seviyesi (10 m) optimumdur.

4. 1. 6. Çift dingil orta yüklemesi için yapılan optimizasyon

Çizelge 4.26. Çift dingil orta yüklemesi için S/N ve gerilme değerleri

SEA No	Çift Dingil Orta Yükleme							
	-25°C		-15 °C		15 °C		25 °C	
	S/N	MPa	S/N	MPa	S/N	MPa	S/N	MPa
1	7,347	2,33	3,346	1,47	5,933	1,98	10,343	3,29
2	8,130	2,55	3,917	1,57	6,361	2,08	11,028	3,56
3	8,164	2,56	4,243	1,63	6,648	2,15	10,930	3,52
4	6,966	2,23	2,860	1,39	6,020	2,00	9,714	3,06
5	7,531	2,38	3,521	1,5	6,192	2,04	9,685	3,05
6	8,028	2,52	3,750	1,54	6,526	2,12	9,484	2,98
7	6,648	2,15	2,797	1,38	5,296	1,84	8,265	2,59
8	6,526	2,12	2,922	1,4	5,343	1,85	7,712	2,43
9	7,384	2,34	3,463	1,49	5,977	1,99	8,786	2,75
Ort.	7,414		3,424		6,033		9,550	

Çizelge 4.27. $\Delta T = -15^\circ\text{C}$ için ortalama S/N etkileri

Seviye No	h_1	E_1	L	h_2
1. Seviye	3,836	3,001	3,339	3,393
2. Seviye	3,377	3,454	3,414	3,488
3. Seviye	3,061	3,819	3,521	

Çizelge 4.28. $\Delta T = 15^\circ\text{C}$ için ortalama S/N etkileri

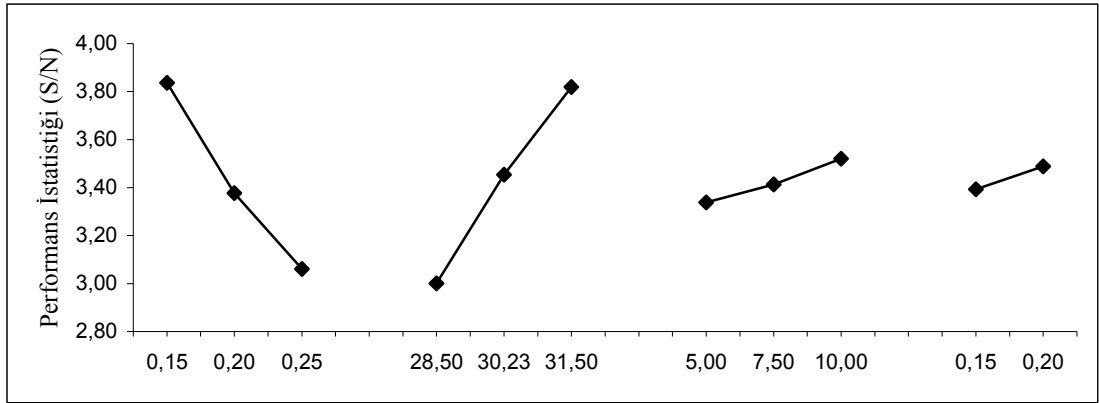
Seviye No	h_1	E_1	L	h_2
1. Seviye	6,314	5,750	5,934	6,019
2. Seviye	6,246	6,965	6,119	6,061
3. Seviye	5,538	6,384	6,045	

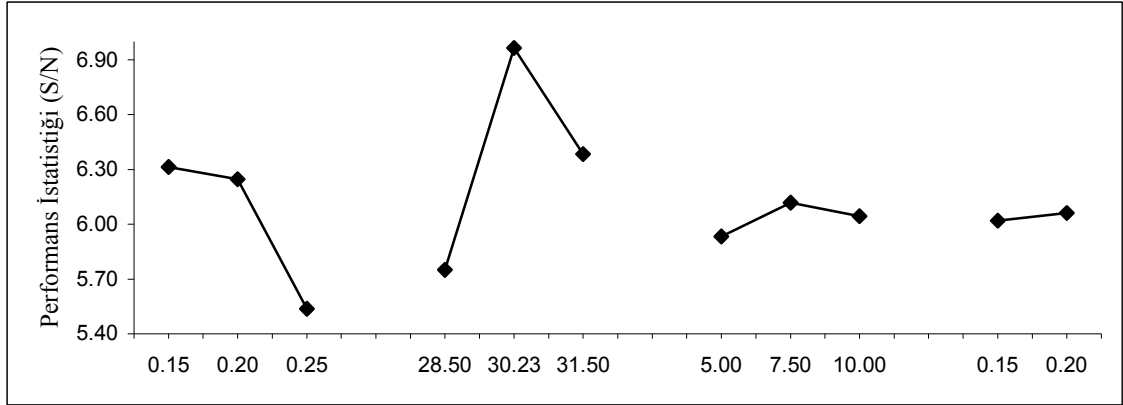
Çizelge 4.29. $\Delta T=25^{\circ}\text{C}$ için ortalama S/N etkileri

Seviye No	h_1	E_1	L	h_2
1. Seviye	10,767	9,441	9,180	9,528
2. Seviye	9,628	9,475	9,843	9,593
3. Seviye	8,254	9,733	9,627	

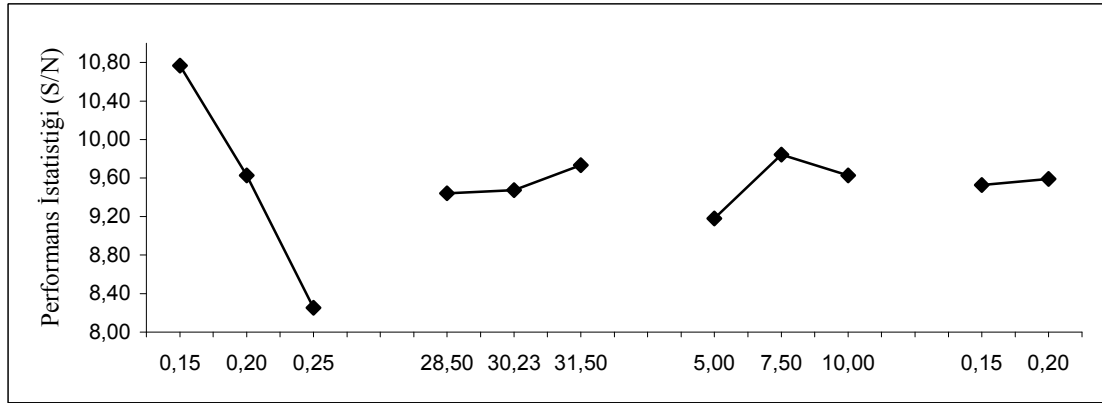
Çizelge 4.30. $\Delta T=-25^{\circ}\text{C}$ için ortalama S/N etkileri

Seviye No	h_1	E_1	L	h_2
1. Seviye	7,880	6,987	7,300	7,320
2. Seviye	7,508	7,396	7,493	7,602
3. Seviye	6,853	7,859	7,448	

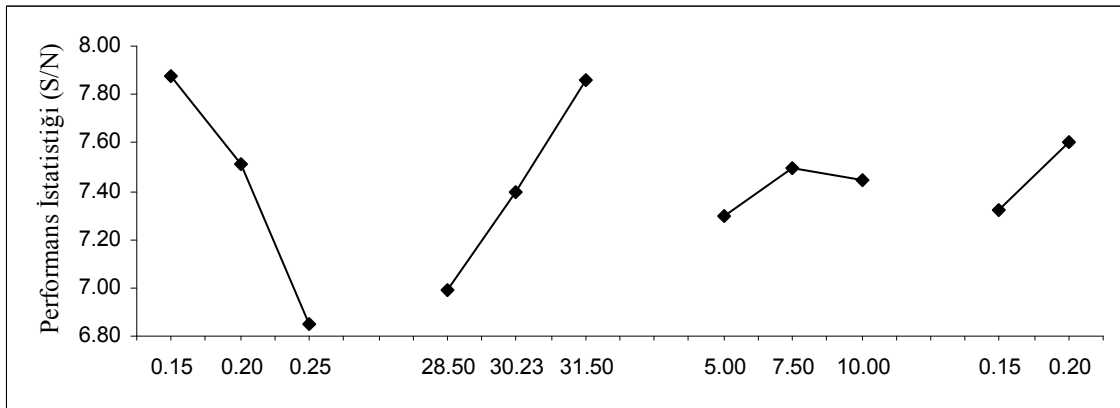
**Şekil 4.30.** Parametrelerin MAG üzerine etkisi ($\Delta T=-15^{\circ}\text{C}$)



Şekil 4.31. Parametrelerin MAG üzerine etkisi ($\Delta T=15^{\circ}\text{C}$)



Şekil 4.32. Parametrelerin MAG üzerine etkisi ($\Delta T=25^{\circ}\text{C}$)



Şekil 4.33. Parametrelerin MAG üzerine etkisi ($\Delta T=-25^{\circ}\text{C}$)

Çift dingilin ortada yüklenmesi durumunda oluşan gerilmelerin S/N değerleri, Çizelge 4.26'da verilmiştir. Bu yükleme durumu için ortalama S/N etkileri ise Çizelge 4.27-

4.30'da verilmiştir. Gerilmeyi maksimum yapan optimum durumlar Şekil 4.30-4.33'te gösterilmiştir. Beton plakta meydana gelen -15, 15, 25, -25°C'lik sıcaklık farkları için gerilmeyi maksimum yapan parametre ve seviyeleri sırasıyla 1 3 3 2, 1 3 2 2, 1 3 2 2 ve 1 3 2 2'dir. Plak alt ve üst yüzeyleri arasında oluşan -15°C'lik sıcaklık farkından dolayı meydana gelen gerilmelerin optimum durumunda h1'in 1. seviyesi (0,15 m), elastisite modülünün 3. seviyesi (31,50 GPa), plak boyunun 3. seviyesi (10 m) ve temel tabakası kalınlığının 2. seviyesi (0,20 m); 15°C'lik sıcaklık farkı için h1'in 1. seviyesi (0,15 m), elastisite modülünün 3. seviyesi (31,50 GPa), plak boyunun 2. seviyesi (7,5 m) ve temel tabakası kalınlığının 2. seviyesi (0,20 m); 25°C'lik sıcaklık farkı için h1'in 1. seviyesi (0,15 m), elastisite modülünün 3. seviyesi (31,50 GPa), plak boyunun 2. seviyesi (7,5 m) ve temel tabakası kalınlığının 2. seviyesi (0,20 m); -25°C'lik sıcaklık farkı için h1'in 1. seviyesi (0,15 m), elastisite modülünün 3. seviyesi (31,50 GPa), plak boyunun 2. seviyesi (7,5 m) ve temel tabakası kalınlığının 2. seviyesi (0,20 m) olmaktadır. 15, 25 ve -25°C'lik sıcaklık farkları için çift dingil köşe yüklemesi durumunda, meydana gelen gerilmeleri maksimum yapan optimum durumlar için aynı olup plak kalınlığının 1. seviyesi (0,15 m), elastisite modülünün 3. seviyesi (31,5 GPa), plak boyunun 2. seviyesi (7,5 m) ve temel tabakası kalınlığının 2. seviyesi olan (0,20 m) optimumdur. -15°C'lik sıcaklık farkı için ise bunlardan farklı olarak plak boyunun 3. seviyesi (10 m) optimum olmuştur.

4. 1. 7. Üç dingil köşe yüklemesi için yapılan optimizasyon

Çizelge 4.31. Üç dingil köşe yüklemesi için S/N ve gerilme değerleri

SEA No	Üç Dingil Köşe Yükleme							
	-25°C		-15 °C		15 °C		25 °C	
	S/N	MPa	S/N	MPa	S/N	MPa	S/N	MPa
1	7,783	2,45	3,973	1,58	6,145	2,03	10,881	3,5
2	8,265	2,59	4,454	1,67	6,608	2,14	11,572	3,79
3	8,530	2,67	4,810	1,74	7,004	2,24	11,776	3,88
4	7,196	2,29	3,287	1,46	6,402	2,09	9,455	2,97
5	7,747	2,44	3,806	1,55	6,808	2,19	9,542	3,00
6	8,062	2,53	3,973	1,58	7,120	2,27	9,425	2,96
7	6,887	2,21	2,860	1,39	5,249	1,83	8,332	2,46
8	7,309	2,32	3,167	1,44	5,201	1,82	8,399	3,54
9	9,396	2,95	3,405	1,48	5,933	1,98	9,096	3,13
Ort.	7,908		3,748		6,274		9,831	

Çizelge 4.32. $\Delta T = -15^\circ\text{C}$ için ortalama S/N etkileri

Seviye No	h_1	E_1	L	h_2
1. Seviye	4,412	3,373	3,704	3,741
2. Seviye	3,688	3,809	3,715	3,762
3. Seviye	3,144	4,063	3,825	

Çizelge 4.33. $\Delta T = 15^\circ\text{C}$ için ortalama S/N etkileri

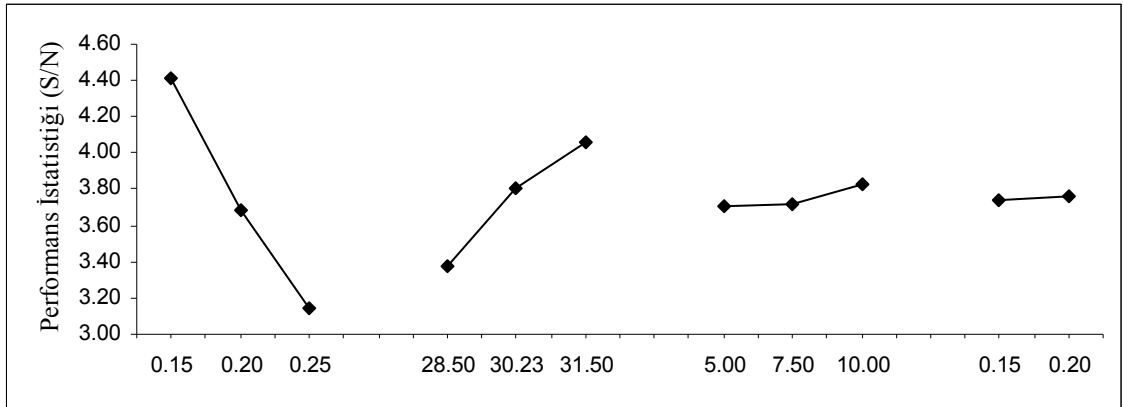
Seviye No	h_1	E_1	L	h_2
1. Seviye	6,586	5,932	6,155	6,249
2. Seviye	6,777	6,206	6,314	6,325
3. Seviye	5,461	6,686	6,354	

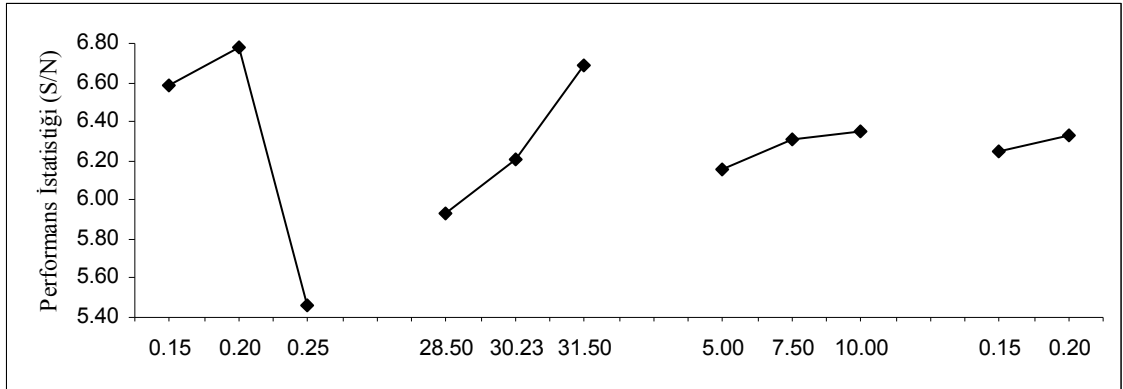
Çizelge 4.34. $\Delta T=25^{\circ}\text{C}$ için ortalama S/N etkileri

Seviye No	h_1	E_1	L	h_2
1. Seviye	11,410	9,556	9,568	9,858
2. Seviye	9,474	9,838	10,041	9,777
3. Seviye	9,609	10,099	9,883	

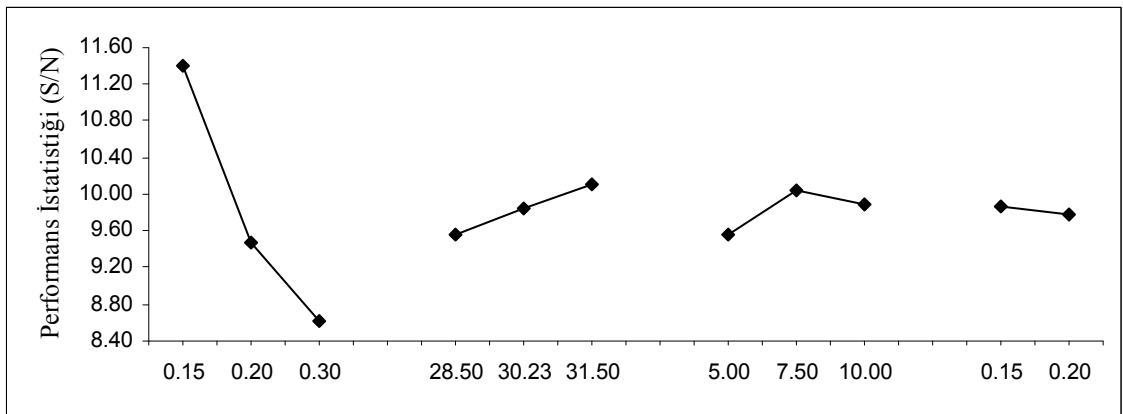
Çizelge 4.35. $\Delta T=-25^{\circ}\text{C}$ için ortalama S/N etkileri

Seviye No	h_1	E_1	L	h_2
1. Seviye	8,193	7,289	7,718	7,994
2. Seviye	7,668	7,774	8,286	7,738
3. Seviye	7,864	8,663	7,721	

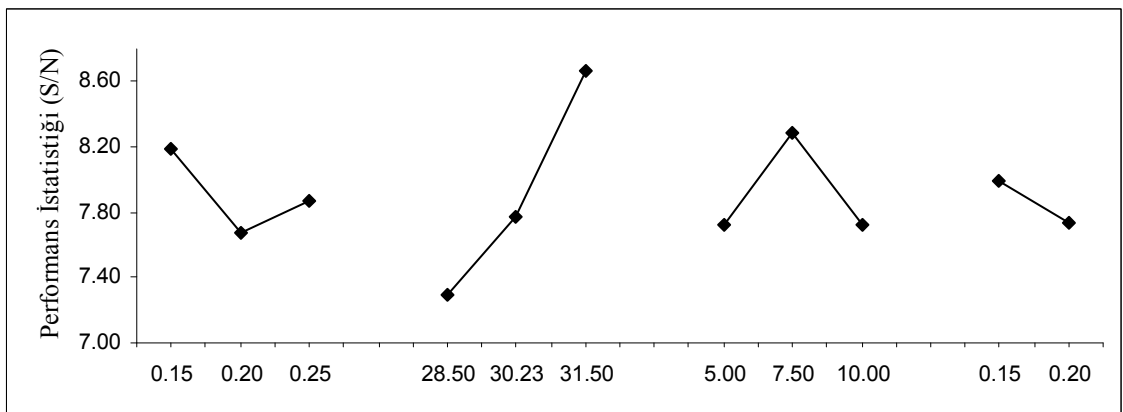
**Şekil 4.34.** Parametrelerin MAG üzerine etkisi ($\Delta T=-15^{\circ}\text{C}$)



Şekil 4.35. Parametrelerin MAG üzerine etkisi ($\Delta T=15^{\circ}\text{C}$)



Şekil 4.36. Parametrelerin MAG üzerine etkisi ($\Delta T=25^{\circ}\text{C}$)



Şekil 4.37. Parametrelerin MAG üzerine etkisi ($\Delta T=-25^{\circ}\text{C}$)

Üç dingilin köşeye yüklenmesi durumunda oluşan gerilmelerin S/N değerleri, Çizelge 4.31'de verilmiştir. Bu yükleme durumu için ortalama S/N etkileri ise Çizelge 4.32-4.35'de verilmiştir. Gerilmeyi maksimum yapan optimum durumlar Şekil 4.34-4.37'de gösterilmiştir. Beton plakta meydana gelen -15, 15, 25, -25°C'lik sıcaklık farkları için gerilmeyi maksimum yapan parametre ve seviyeleri sırasıyla 1 3 3 2, 2 3 3 2, 1 2 1 1 ve 1 3 2 1'dir. Plak alt ve üst yüzeyleri arasında oluşan -15°C'lik sıcaklık farkından dolayı meydana gelen gerilmelerin optimum durumunda h1'in 1. seviyesi (0,15 m), elastisite modülünün 3. seviyesi (31,50 GPa), plak boyunun 3. seviyesi (10 m) ve temel tabakası kalınlığının 2. seviyesi (0,20 m); 15°C'lik sıcaklık farkı için h1'in 2. seviyesi (0,20 m), elastisite modülünün 3. seviyesi (31,50 GPa), plak boyunun 3. seviyesi (7,5 m) ve temel tabakası kalınlığının 2. seviyesi (0,20 m); 25°C'lik sıcaklık farkı için h1'in 1. seviyesi (0,15 m), elastisite modülünün 2. seviyesi (30,23 GPa), plak boyunun 1. seviyesi (5 m) ve temel tabakası kalınlığının 1. seviyesi (0,15 m); -25°C'lik sıcaklık farkı için h1'in 1. seviyesi (0,15 m), elastisite modülünün 3. seviyesi (31,50 GPa), plak boyunun 2. seviyesi (7,5 m) ve temel tabakası kalınlığının 1. seviyesi (0,15 m) olmaktadır.

4. 1. 8. Üç dingil kenar yüklemesi için yapılan optimizasyon

Çizelge 4.36. Üç dingil kenar yüklemesi için S/N ve gerilme değerleri

SEA No	Üç Dingil Kenar Yükleme							
	-25°C		-15°C		15°C		25°C	
	S/N	MPa	S/N	MPa	S/N	MPa	S/N	MPa
1	7,458	2,36	3,917	1,57	6,361	2,08	10,731	3,44
2	7,993	2,51	4,190	1,62	6,769	2,18	11,410	3,72
3	8,265	2,59	4,506	1,68	7,082	2,26	11,776	3,88
4	7,120	2,27	2,922	1,4	6,361	2,08	9,827	3,1
5	7,604	2,40	3,579	1,51	6,729	2,17	10,048	3,18
6	8,028	2,52	3,862	1,56	6,887	2,21	9,685	3,05
7	6,848	2,2	2,670	1,36	5,296	1,84	8,497	2,66
8	7,196	2,29	3,106	1,43	5,845	1,96	7,783	2,45
9	7,640	2,41	3,346	1,47	6,107	2,02	9,066	2,84
Ort.	7,572		3,566		6,382		9,869	

Çizelge 4.37. $\Delta T = -15^\circ\text{C}$ için ortalama S/N etkileri

Seviye No	h_1	E_1	L	h_2
1. Seviye	4,204	3,170	3,629	3,563
2. Seviye	3,454	3,625	3,486	3,574
3. Seviye	3,041	3,905	3,585	

Çizelge 4.38. $\Delta T = 15^\circ\text{C}$ için ortalama S/N etkileri

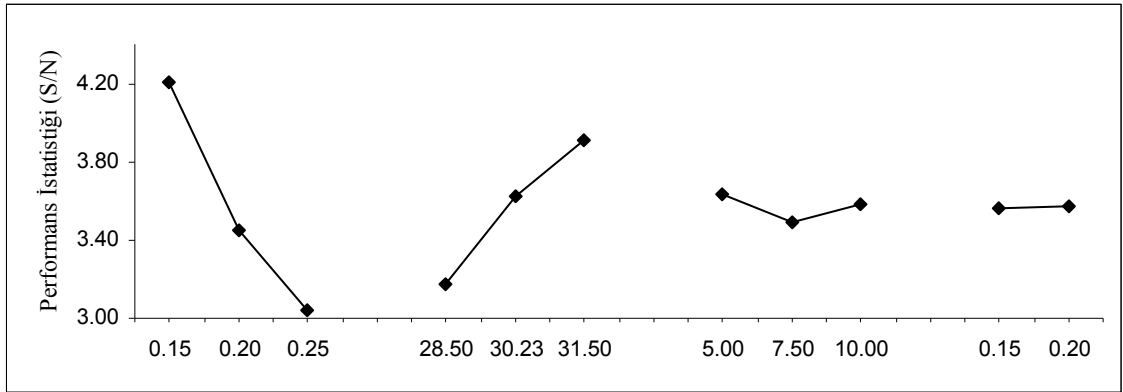
Seviye No	h_1	E_1	L	h_2
1. Seviye	6,737	6,006	6,364	6,414
2. Seviye	6,659	6,447	6,412	6,317
3. Seviye	5,749	6,692	6,369	

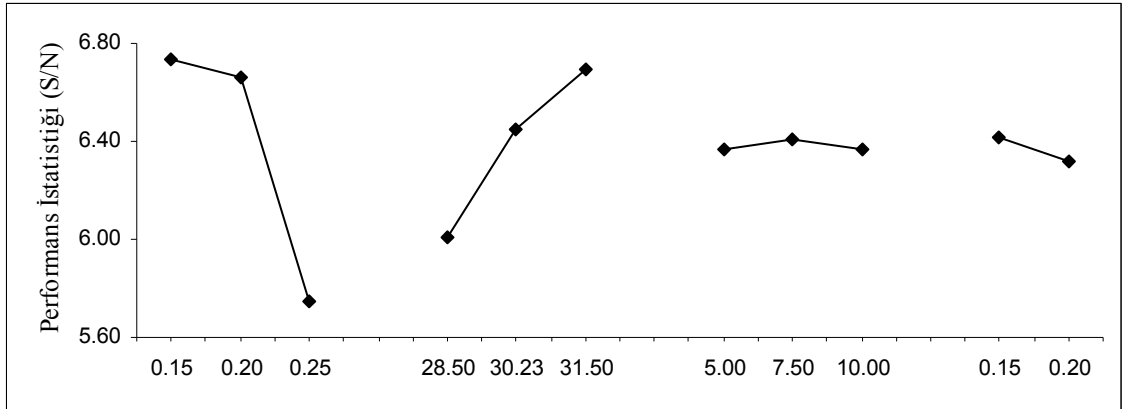
Çizelge 4.39. $\Delta T=25^{\circ}\text{C}$ için ortalama S/N etkileri

Seviye No	h_1	E_1	L	h_2
1. Seviye	11,306	9,685	9,400	9,872
2. Seviye	9,853	9,747	10,101	9,864
3. Seviye	8,449	10,176	10,107	

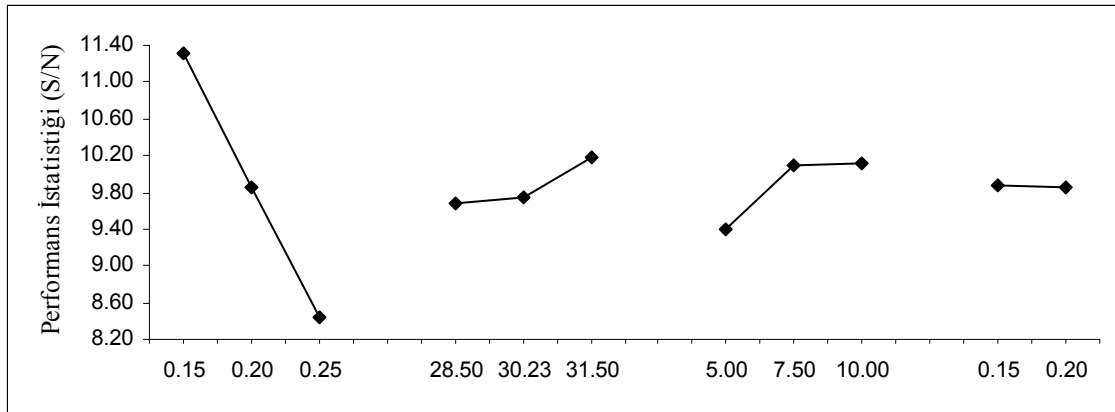
Çizelge 4.40. $\Delta T=25^{\circ}\text{C}$ için ortalama S/N etkileri

Seviye No	h_1	E_1	L	h_2
1. Seviye	7,905	7,142	7,56	7,547
2. Seviye	7,584	7,598	7,584	7,623
3. Seviye	7,228	7,978	7,572	

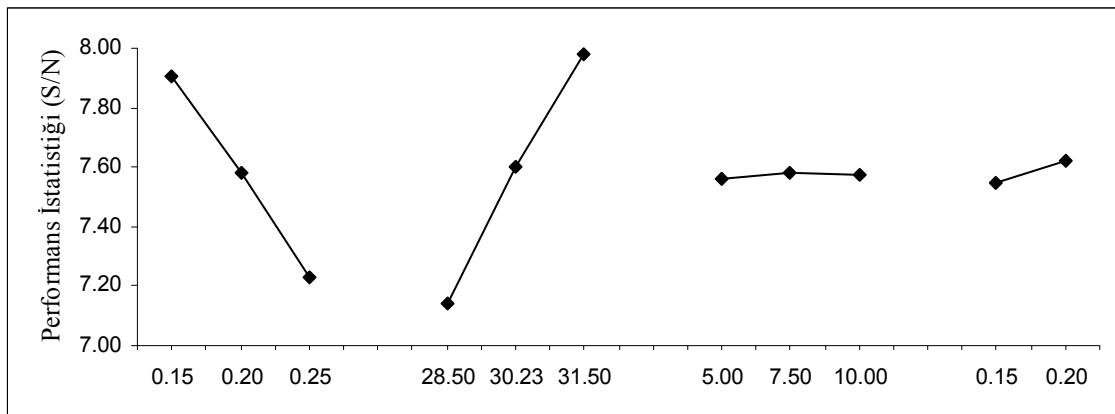
**Şekil 4.38.** Parametrelerin MAG üzerine etkisi ($\Delta T=-15^{\circ}\text{C}$)



Şekil 4.39. Parametrelerin MAG üzerine etkisi ($\Delta T=15^{\circ}\text{C}$)



Şekil 4.40. Parametrelerin MAG üzerine etkisi ($\Delta T=25^{\circ}\text{C}$)



Şekil 4.41. Parametrelerin MAG üzerine etkisi ($\Delta T=-25^{\circ}\text{C}$)

Plak kenarına üç dingilin yüklenmesi durumunda oluşan gerilmelerin S/N değerleri, Çizelge 4.36'da verilmiştir. Bu yükleme durumu için ortalama S/N etkileri ise Çizelge 4.37- 4.40'da verilmiştir. Gerilmeyi maksimum yapan optimum durumlar Şekil 4.38- 4.41'de gösterilmiştir. Beton plakta meydana gelen -15, 15, 25, -25°C'lik sıcaklık farkları için gerilmeyi maksimum yapan parametre ve seviyeleri sırasıyla 1 3 1 2, 1 3 2 1, 1 3 3 1 ve 1 3 2 2'dir. Plak alt ve üst yüzeyleri arasında oluşan -15°C'lik sıcaklık farkından dolayı meydana gelen gerilmelerin optimum durumunda h1'in 1. seviyesi (0,15 m), elastisite modülünün 3. seviyesi (31,5 0GPa), plak boyunun 1. seviyesi (5 m) ve temel tabakası kalınlığının 2. seviyesi (0,20 m); 15°C'lik sıcaklık farkı için h1'in 1. seviyesi (0,15 m), elastisite modülünün 3. seviyesi (31,50 GPa), plak boyunun 2. seviyesi (7,5 m) ve temel tabakası kalınlığının 1. seviyesi (0,15 m); 25°C'lik sıcaklık farkı için h1'in 1. seviyesi (0,15 m), elastisite modülünün 3. seviyesi (31,50 GPa), plak boyunun 3. seviyesi (10 m) ve temel tabakası kalınlığının 1. seviyesi (0,15 m); -25°C'lik sıcaklık farkı için h1'in 1. seviyesi (0,15 m), elastisite modülünün 3. seviyesi (31,50 GPa), plak boyunun 2. seviyesi (7,5 m) ve temel tabakası kalınlığının 2. seviyesi (0,20 m) olmaktadır.

4. 1. 9. Üç dingil orta yüklemesi için yapılan optimizasyon

Çizelge 4.41. Üç dingil kenar yüklemesi için S/N ve gerilme değerleri

SEA No	Üç Dingil Kenar Yükleme							
	-25°C		-15°C		15°C		25°C	
	S/N	MPa	S/N	MPa	S/N	MPa	S/N	MPa
1	7,384	2,34	3,405	1,48	6,361	1,96	9,910	3,13
2	8,265	2,59	3,917	1,57	6,769	2,1	10,856	3,49
3	8,399	2,63	4,190	1,62	7,082	2,17	11,316	3,68
4	7,082	2,26	2,860	1,39	6,361	1,97	9,277	2,91
5	7,567	2,39	3,521	1,5	6,729	2,01	9,600	3,02
6	8,164	2,56	3,750	1,54	6,887	1,97	9,628	3,03
7	6,848	2,2	2,860	1,39	5,296	1,77	8,232	2,58
8	7,082	2,26	3,045	1,42	5,845	1,77	7,923	2,49
9	7,567	2,39	3,287	1,46	6,107	1,92	8,849	2,77
Ort.	7,595		3,426		6,382		9,51	

Çizelge 4.42. $\Delta T = -15^\circ\text{C}$ için ortalama S/N etkileri

Seviye No	h_1	E_1	L	h_2
1. Seviye	3,837	3,041	3,400	3,385
2. Seviye	3,377	3,495	3,355	3,509
3. Seviye	3,064	3,742	3,524	

Çizelge 4.43. $\Delta T = 15^\circ\text{C}$ için ortalama S/N etkileri

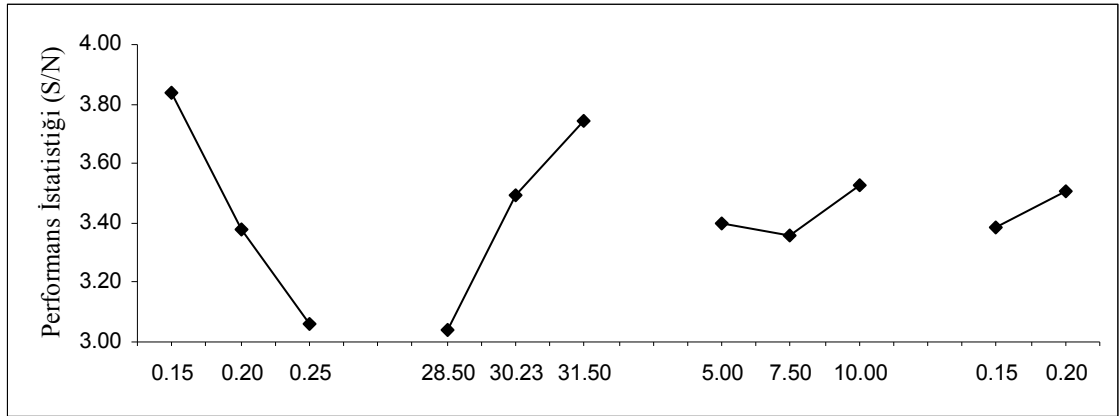
Seviye No	h_1	E_1	L	h_2
1. Seviye	6,737	6,006	6,364	6,414
2. Seviye	6,659	6,447	6,412	6,317
3. Seviye	5,749	6,692	6,369	

Çizelge 4.44. $\Delta T=25^{\circ}\text{C}$ için ortalama S/N etkileri

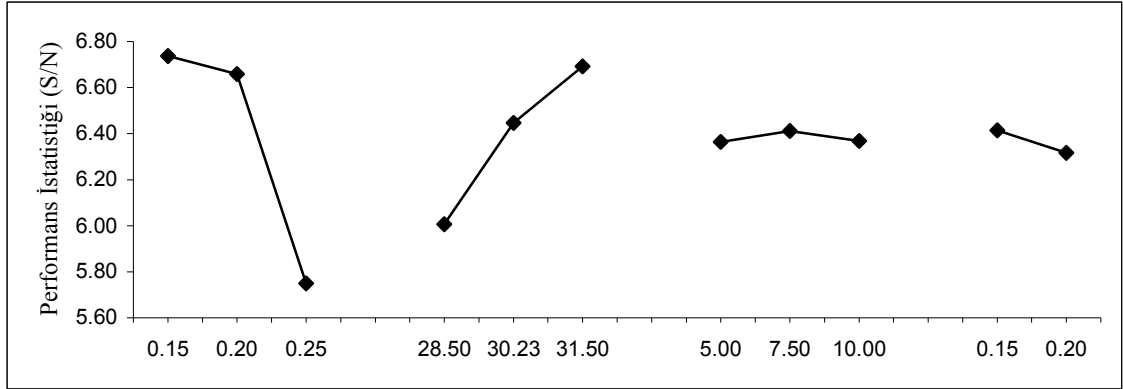
Seviye No	h_1	E_1	L	h_2
1. Seviye	10,694	9,140	9,154	9,479
2. Seviye	9,502	9,460	9,661	9,572
3. Seviye	8,335	9,931	9,716	

Çizelge 4.45. $\Delta T=-25^{\circ}\text{C}$ için ortalama S/N etkileri

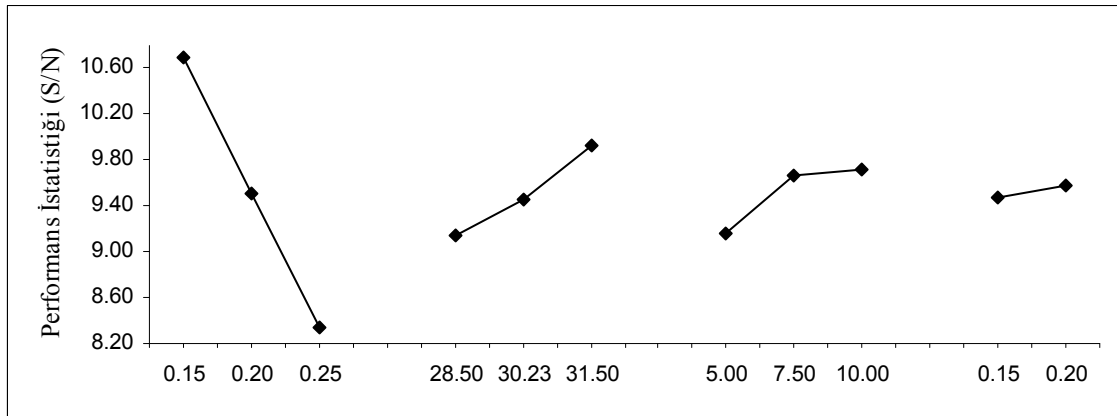
Seviye No	h_1	E_1	L	h_2
1. Seviye	8,016	7,104	8,543	7,513
2. Seviye	7,604	7,638	7,638	7,759
3. Seviye	7,166	8,043	7,605	



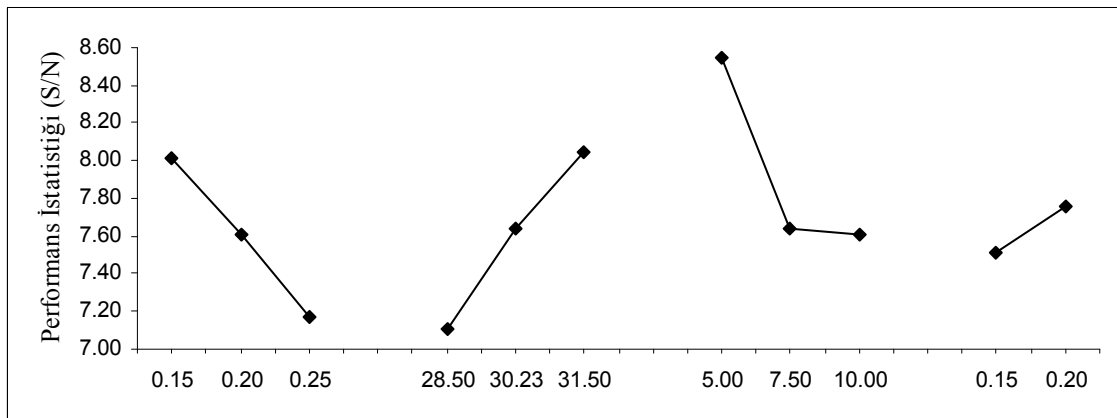
Şekil 4.42. Parametrelerin MAG üzerine etkisi ($\Delta T=15^{\circ}\text{C}$)



Şekil 4.43. Parametrelerin MAG üzerine etkisi ($\Delta T=15^{\circ}\text{C}$)



Şekil 4.44. Parametrelerin MAG üzerine etkisi ($\Delta T=25^{\circ}\text{C}$)



Şekil 4.45. Parametrelerin MAG üzerine etkisi ($\Delta T=-25^{\circ}\text{C}$)

Plak ortasına üç dingilin yüklenmesi durumunda oluşan MAG'nin S/N değerleri, Çizelge 4.41'de verilmiştir. Bu yükleme durumu için ortalama S/N etkileri ise Çizelge 4.42- 4.45'de verilmiştir. Gerilmeyi maksimum yapan optimum durumlar Şekil 4.42- 4.45'de gösterilmiştir. Beton plakta meydana gelen -15, 15, 25, -25°C'lik sıcaklık farkları için gerilmeyi maksimum yapan parametre ve seviyeleri sırasıyla 1 3 1 2, 1 3 2 1, 1 3 3 1 ve 1 3 2 2'dir. Plak alt ve üst yüzeyleri arasında oluşan -15°C'lik sıcaklık farkından dolayı meydana gelen gerilmelerin optimum durumunda h1'in 1. seviyesi (0,15 m), elastisite modülünün 3. seviyesi (31,50 GPa), plak boyunun 1. seviyesi (5 m) ve temel tabakası kalınlığının 2. seviyesi (0,20 m); 15°C'lik sıcaklık farkı için h1'in 1. seviyesi (0,15 m), elastisite modülünün 3. seviyesi (31,50 GPa), plak boyunun 2. seviyesi (7,5 m) ve temel tabakası kalınlığının 1. seviyesi (0,15 m); 25°C'lik sıcaklık farkı için h1'in 1. seviyesi (0,15 m), elastisite modülünün 3. seviyesi (31,50 GPa), plak boyunun 3.seviyesi (10 m) ve temel tabakası kalınlığının 1. seviyesi (0,15 m); -25°C'lik sıcaklık farkı için h1'in 1. seviyesi (0,15 m), elastisite modülünün 3. seviyesi (31,50 GPa), plak boyunun 2. seviyesi (7,5 m) ve temel tabakası kalınlığının 2. seviyesi (0,20 m) olmaktadır.

Buraya kadar hem mekanik hem de termal yüklerle yüklenen üstyapılar için optimum durumlar verilmiştir. Ancak, elde edilen optimum durumlar, kullanılan L₉ ortogonal dizisinde olmayabilir. Dolayısıyla optimum şartlara karşılık gelen parametre seviyelerine göre doğrulama analizleri yapılmıştır. Optimum şartlardaki bu gerilme analizi sonucu, bir nokta tahmin olduğundan belirli bir güven seviyesinde bu değer kontrol edilmelidir. Doğrulama analizlerinden elde edilen sonuçlar ve %95 önem seviyesinde hesaplanan güven aralıkları ile birlikte Çizelge 4.46-4.48'de verilmiştir.

4. 1. 10. Yapılan Taguchi optimizasyonlarının değerlendirilmesi

Yapılan optimizasyonlarda plaklarda meydana gelen MAG için en önemli iki parametre plak kalınlığı ve elastisite modülü olduğu görülmüştür. Tek, çift ve üç dingilin köşe yüklemeleri incelendiğinde, tüm dingiller ve sıcaklık farkları için plak kalınlığının 1.

seviyesi, meydana gelen gerilmeleri maksimum yapmaktadır (15°C'lik sıcaklık farkının olması durumunda tek dingil köşe ve orta, çift dingil kenar ve üç dingilin köşe yüklemesi durumu hariç)(Wei and Fang 2005; Wu and Shen 1996; Shoukry *et al.* 2007). Yapılan 36 optimizasyonun 35 tanesinde, optimum durumda elastisite modülünün 3. seviyesi olan 31,50 MPa çıkmıştır.

Çizelge 4.46. Tek dingil yüklemesi için doğrulama analizi sonuçları ve güven aralıkları

TEK DİNGİL YÜKLEMESİ						
Sıcaklık Farkı	KÖŞE		KENAR		ORTA	
	Doğrulama Sonucu (MPa)	Güven Aralığı (MPa)	Doğrulama Sonucu (MPa)	Güven Aralığı (MPa)	Doğrulama Sonucu (MPa)	Güven Aralığı (MPa)
-15°C	1,66	1,65-1,71	1,67	1,66-1,67	1,70	1,29-1,31
15°C	2,41	2,38-2,43	2,72	2,63-2,79	2,03	2,46-2,50
25°C	3,37	3,36-3,43	4,44	4,38-4,64	4,33	4,24-4,34
-25°C	2,68	2,66-2,75	2,70	2,70-2,84	2,60	2,56-2,83

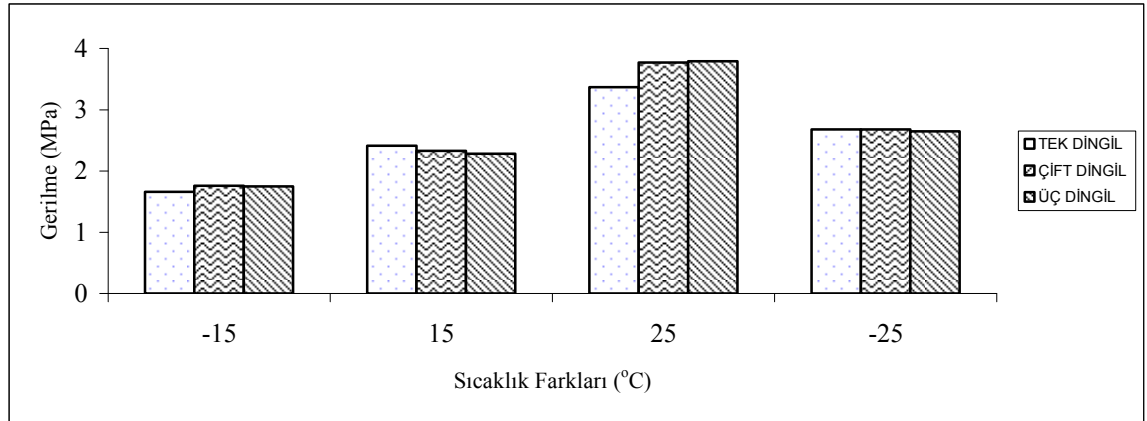
Çizelge 4.47. Çift dingil yüklemesi için doğrulama analizi sonuçları ve güven aralıkları

ÇİFT DİNGİL YÜKLEMESİ						
Sıcaklık Farkı	KÖŞE		KENAR		ORTA	
	Doğrulama Sonucu (MPa)	Güven Aralığı (MPa)	Doğrulama Sonucu (MPa)	Güven Aralığı (MPa)	Doğrulama Sonucu (MPa)	Güven Aralığı (MPa)
-15°C	1,76	1,76-1,77	1,70	1,66-1,70	1,64	1,62-1,69
15°C	2,33	2,19-2,40	2,34	2,25-2,42	2,18	2,17-2,19
25°C	3,77	3,75-3,87	3,96	3,73-4,18	3,71	3,57-3,76
-25°C	2,68	2,60-2,75	2,66	2,66-2,69	2,67	2,60-2,78

Çizelge 4.48. Üç dingil yüklemesi için doğrulama analizi sonuçları ve güven aralıkları

ÜÇ DİNGİL YÜKLEMESİ						
Sıcaklık Farkı	KÖŞE		KENAR		ORTA	
	Doğrulama Sonucu (MPa)	Güven Aralığı (MPa)	Doğrulama Sonucu (MPa)	Güven Aralığı (MPa)	Doğrulama Sonucu (MPa)	Güven Aralığı (MPa)
-15°C	1,75	1,73-1,75	1,71	1,67-1,73	1,63	1,63-1,66
15°C	2,28	2,28-2,36	2,28	2,26-2,28	2,25	2,25-2,28
25°C	3,79	3,79-4,68	3,88	3,81-4,02	3,68	3,67-3,74
-25°C	2,65	2,65-3,28	2,61	2,60-2,64	2,70	2,70-2,72

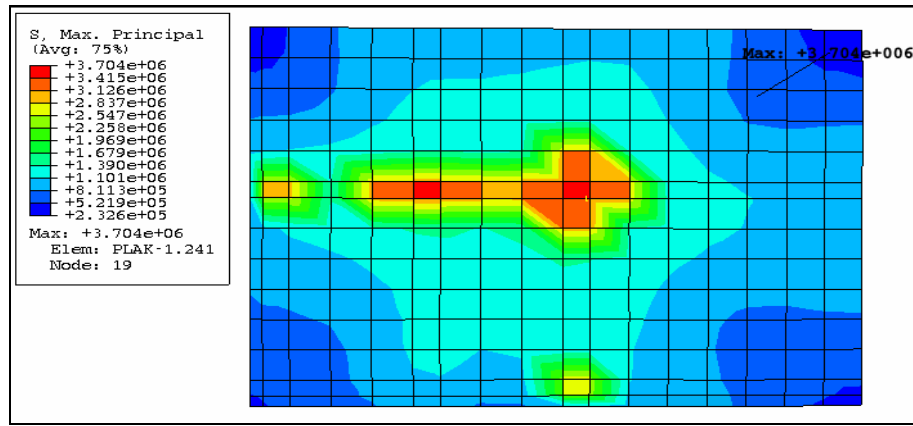
Optimizasyonlarda plak boyunun etkisi, plak kalınlığı ve elastisite modülünün yanında çok düşük olduğundan, plak boyunun etkisi ayrıca SEA'leri yapılarak bölüm 4.2'de anlatılmıştır.

**Şekil 4.46.** Köşe yükleme durumunda dingil yüklerinin ve sıcaklık farkının etkisi

Köşede yükleme yapılması durumunda farklı dingil yüklerinden dolayı meydana gelen gerilmeler Şekil 4.46'de görülmektedir. Farklı dingil yüklerinden dolayı meydana gelen gerilmelerin birbirlerinden çok farklı olmadığı görülmektedir. Ancak plak alt ve üst yüzeyi arasında meydana sıcaklık farklarından dolayı meydana gelen gerilmeler için 25°C'lik sıcaklık farkı olması durumu, -15°C'lik sıcaklık farkı olması durumundan

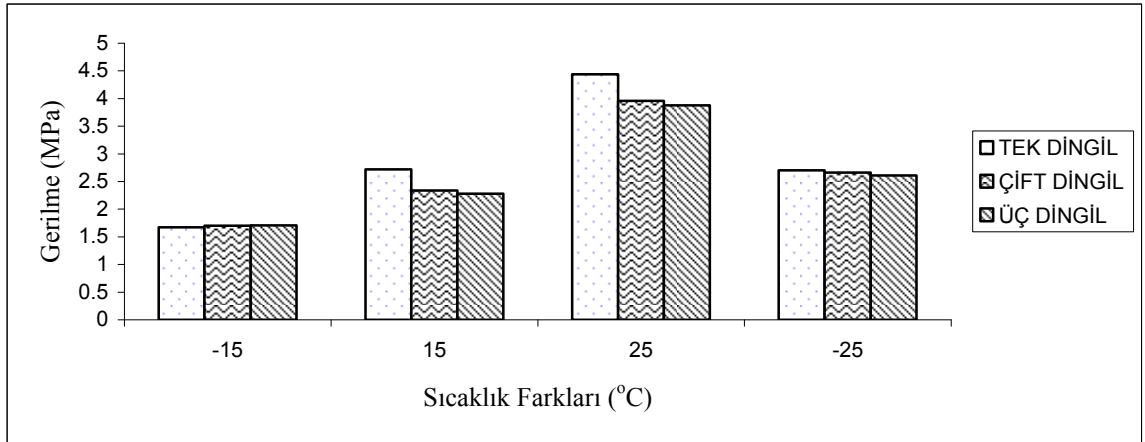
yaklaşık %55 daha fazladır. Meydana gelen gerilmelerin büyükten küçüğe sırasıyla 25°C, -25°C, 15°C ve -15°C’de olduğu görülmektedir.

Plağın üst yüzeyindeki sıcaklığın alt yüzeyinden düşük olması durumunda, plak yukarıya doğru bükülmekte ve üç dingil için yük plağın ortasına yakın bir yerden bastığından, maksimum MAG, plağın düşey ve yatay ortasında meydana gelmiştir (Şekil 4.47).

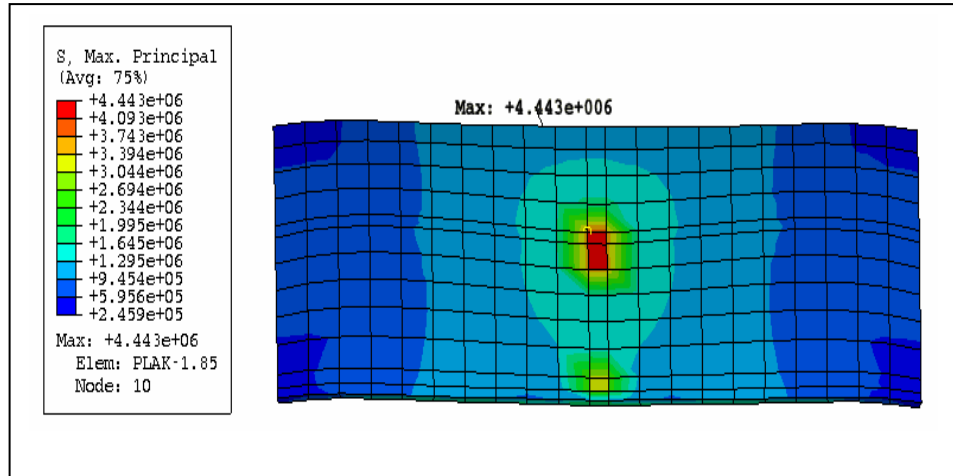


Şekil 4.47. Köşe yükleme durumunda dingil yüklerinin ve sıcaklık farkının etkisi

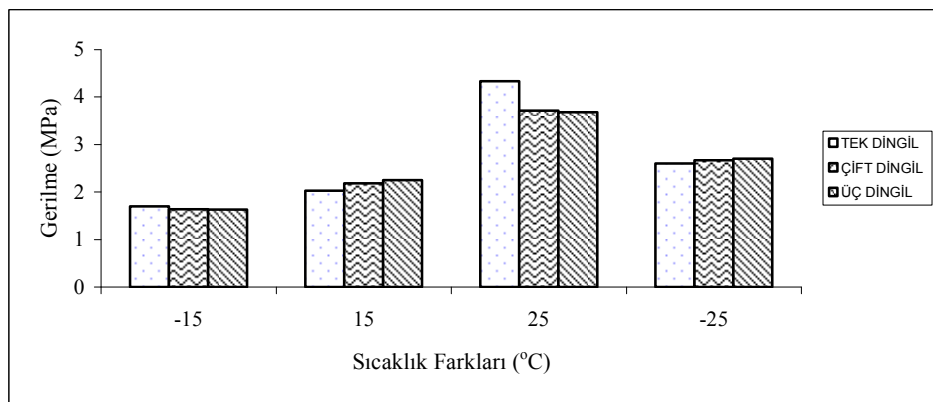
Kenar yüklemesi durumunda farklı dingil yüklerinden dolayı meydana gelen gerilmeler Şekil 4.48’te görülmektedir. Farklı dingil yüklerinden dolayı meydana gelen gerilmelerin -15°C ve -25°C’lik sıcaklık farklarında birbirlerinden çok farklı olmadığı ancak 15°C’lik sıcaklık farkının olduğu durumda tek dingil yüklemesinin diğerlerinden %19, 25°C’lik sıcaklık farkının olduğu durumda ise tek dingil yüklemesinin diğerlerinden %14 daha fazla olduğu bulunmuştur. Bu durum Salgado and Kim (2002) yaptığı çalışma ile uyumluluk göstermektedir. Aynı zamanda, meydana gelen maksimum gerilmeler yine 25°C’lik sıcaklık farkının olduğu durumda meydana gelmiştir. Meydana gelen gerilmelerin büyüklüğü ve yeri Şekil 4.49’da gösterilmiştir.



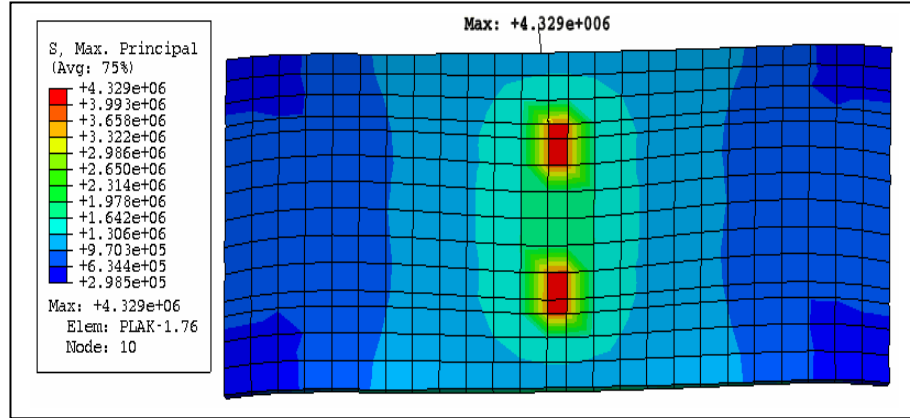
Şekil 4.48. Kenar yükleme durumunda dingil yüklerinin ve sıcaklık farkının etkisi



Şekil 4.49. Kenar yükleme durumunda dingil yüklerinin ve sıcaklık farkının etkisi



Şekil 4.50. Orta yükleme durumunda dingil yüklerinin ve sıcaklık farkının etkisi



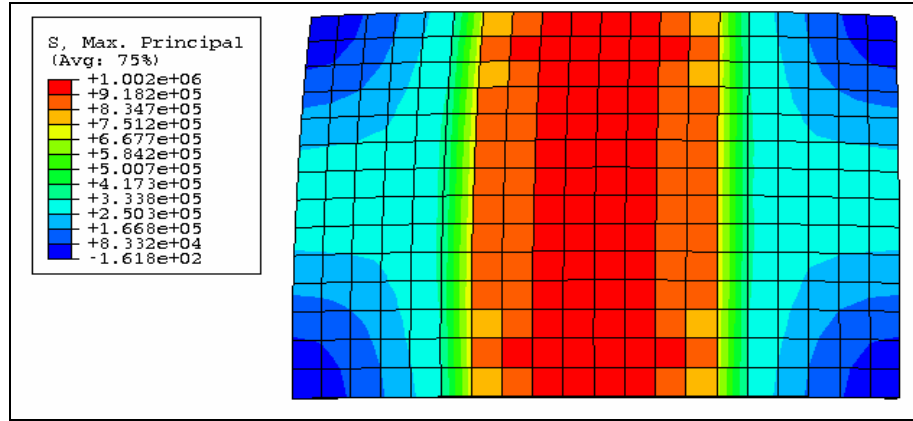
Şekil 4.51. Orta yükleme durumunda dingil yüklerinin ve sıcaklık farkının etkisi

Plak ortasına yapılan yükleme durumunda farklı dingil yükleri ve sıcaklık farklarından dolayı meydana gelen gerilmeler Şekil 4.50'de görülmektedir. 25°C'lik sıcaklık farkı olması durumu hariç diğer sıcaklık farkları için dingil yüklerinden dolayı meydana gelen gerilmelerin birbirlerinden çok farklı olmadığı görülmektedir. Maksimum gerilmeler büyükten küçüğe doğru sırasıyla 25°C, -25°C, 15°C ve -15°C'lik sıcaklık farklarının uygulanmasıyla meydana gelmiştir. 25°C'lik sıcaklık farkının olması durumu kendi içinde incelenecek olursa, tek dingil yüklemesinin diğerlerinden fazla olduğu görülmektedir. Bu durumda meydana gelen gerilme diğerlerinden yaklaşık %14 daha fazladır (Salgado and Kim 2002).

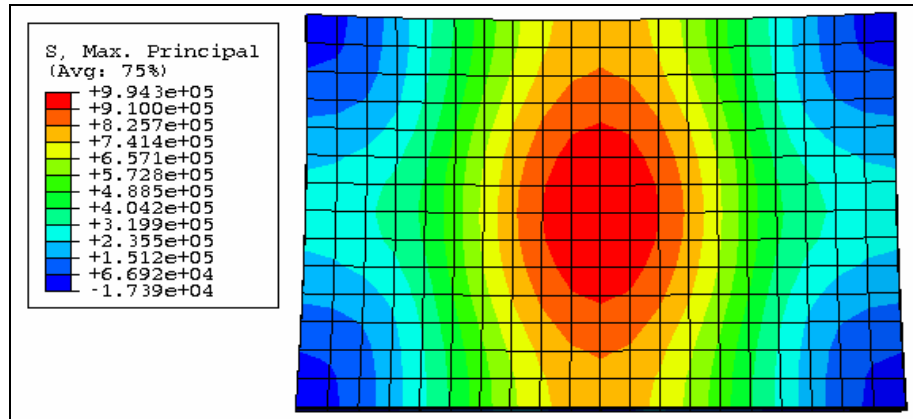
Shoukry *et al.* (2007), yaptıkları çalışmada tek dingil yükünden meydana gelen gerilmelerin daha fazla olduğunu söylemiştir. Şekil 4.46, 4.48 ve 4.50 incelendiğinde, aynı sıcaklıklar farklarında dingil yüklerinden dolayı meydana gelen gerilmelerin çok fazla farklılık göstermese de (yaklaşık olarak birbirlerine eşit) özellikle 25°C'lik sıcaklık farkı olması durumunda köşe ve orta yüklemeler için tek dingil yüklemesinden dolayı meydana gelen gerilmelerin diğerlerinden yaklaşık olarak %11-13 oranında fazla olduğu görülmektedir. Bu sonuç Shoukry *et al.* (2007) ile uyum sağlamaktadır.

4. 2. Plak Boyunun Etkisi

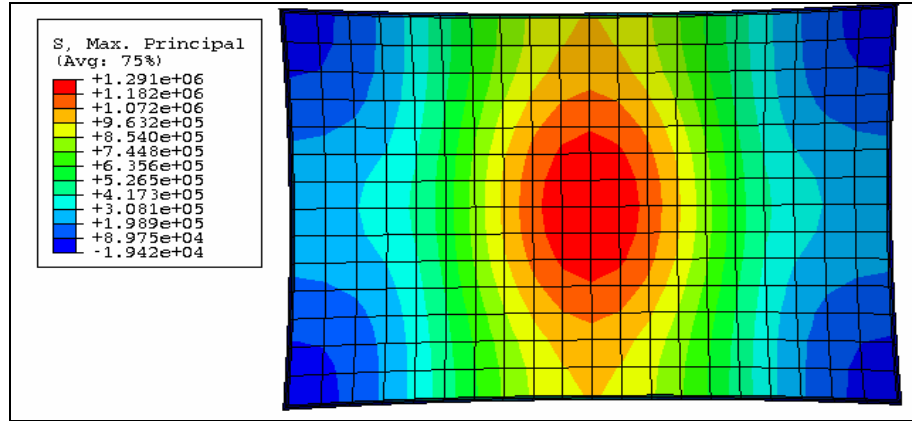
Yapılan optimizasyonlarda, plak boyunun etkisinin çok az olduğu görülmüştür. Ancak yapılan literatür çalışmalarında plak boyu arttıkça, meydana gelen çatlamların da artacağı görülmüştür (Shoukry *et al.* 2007; William and Shoukry 2001; Wei and Fang 2005).. Aynı zamanda sadece plak alt ve üst yüzey arasında meydana gelen sıcaklık farkının, plaktaki MAG üzerindeki etkisinin fazla olduğu görüldüğünden, farklı sıcaklık farkları kullanılarak, plakta meydana gelen MAG'nin plak boyları üzerine olan etkileri araştırılmıştır (Şekil 4.52-4.64).



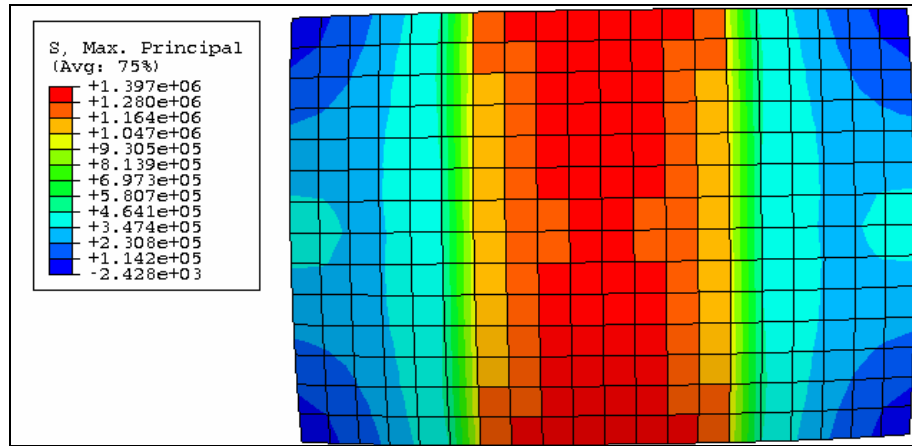
Şekil 4.52. 5m'lik plağa 15°C'lik sıcaklık farkı uygulanması durumu



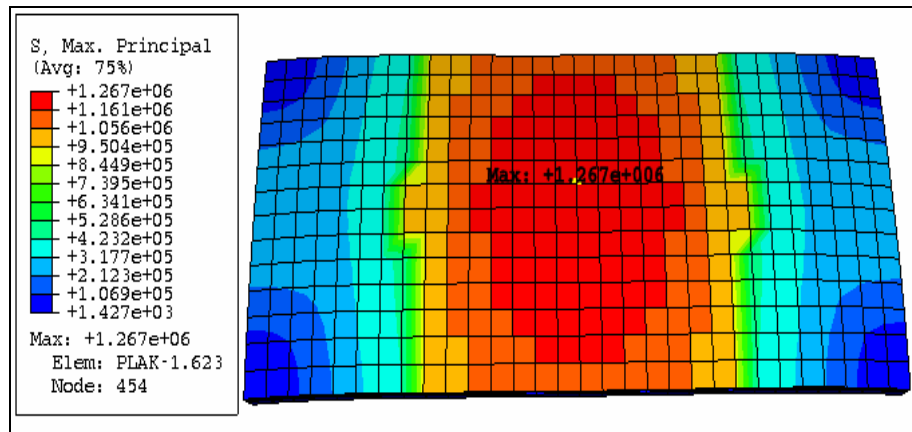
Şekil 4.53. 5m'lik plağa -15°C'lik sıcaklık farkı uygulanması durumu



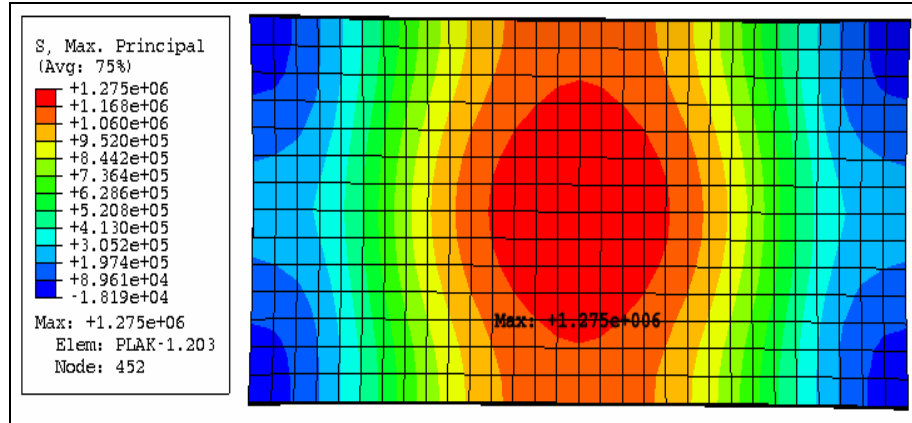
Şekil 4.54. 5m'lik plağa -25°C 'lik sıcaklık farkı uygulanması durumu



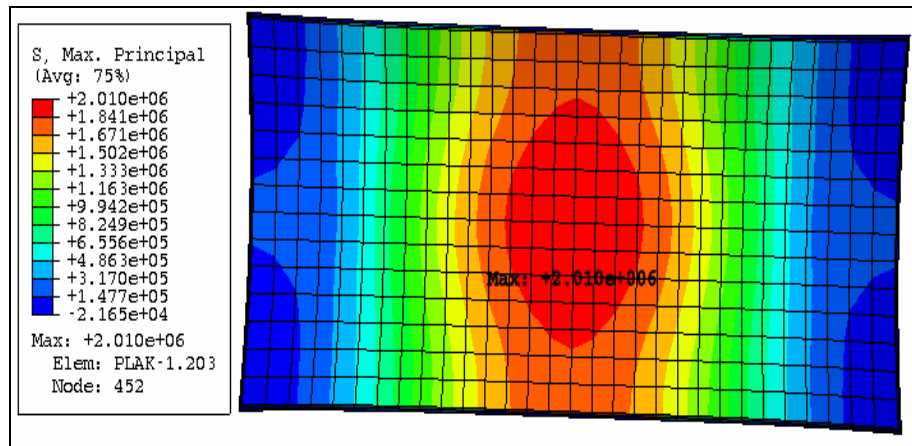
Şekil 4.55. 5m'lik plağa 25°C 'lik sıcaklık farkı uygulanması durumu



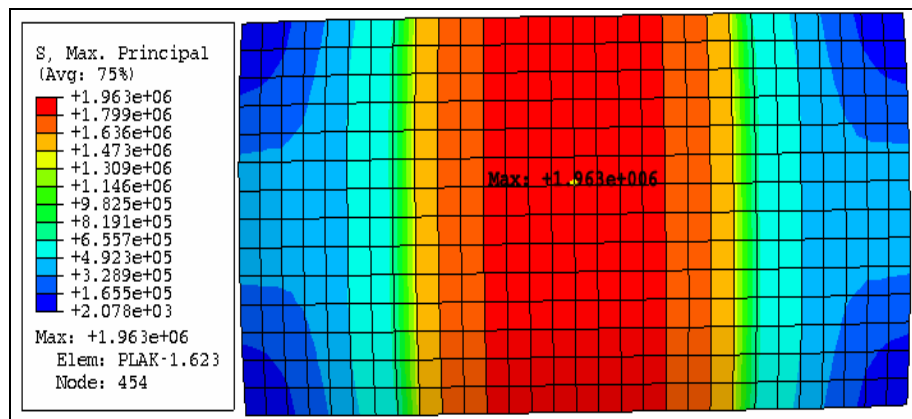
Şekil 4.56. 7,5m'lik plağa 15°C 'lik sıcaklık farkı uygulanması durumu



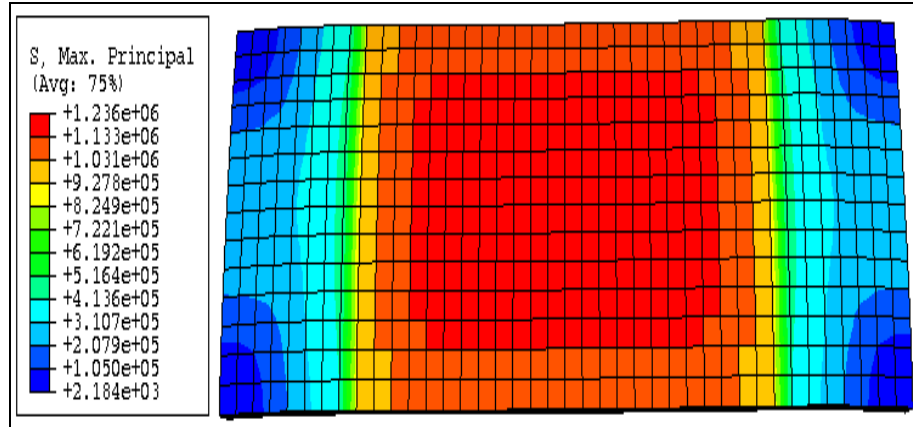
Şekil 4.57. 7,5m'lik plağa -15°C'lik sıcaklık farkı uygulanması durumu



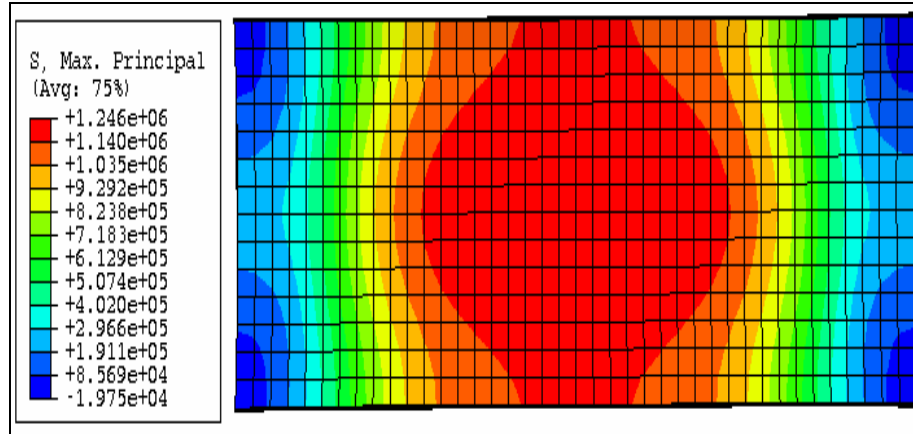
Şekil 4.58. 7,5m'lik plağa -25°C'lik sıcaklık farkı uygulanması durumu



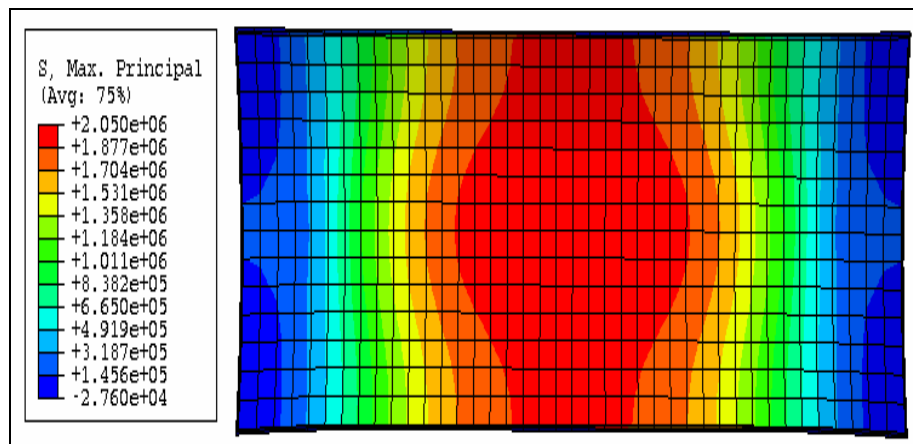
Şekil 4.59. 7,5m'lik plağa 25°C'lik sıcaklık farkı uygulanması durumu



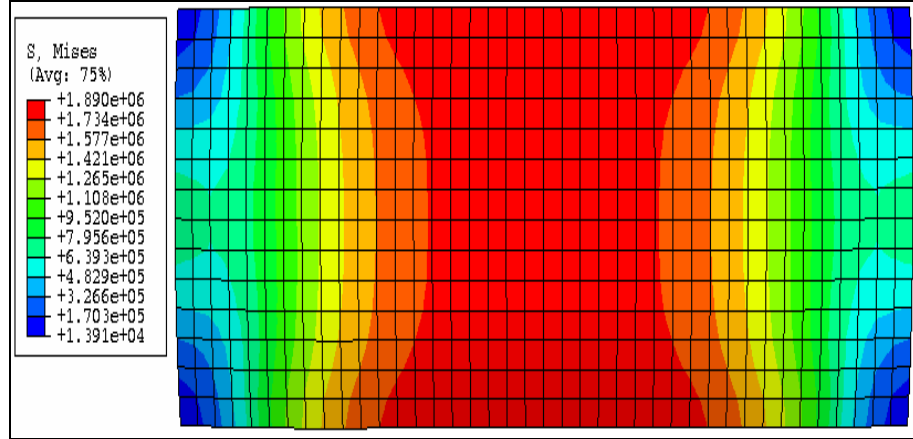
Şekil 4.60. 10m'lik plağa 15°C'lik sıcaklık farkı uygulanması durumu



Şekil 4.61. 10m'lik plağa -15°C'lik sıcaklık farkı uygulanması durumu



Şekil 4.62. 10m'lik plağa -25°C'lik sıcaklık farkı uygulanması durumu



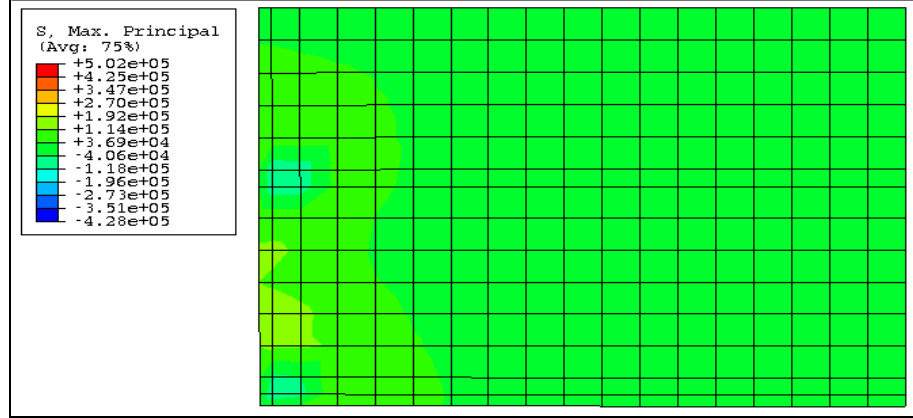
Şekil 4.63. 10m'lik plağa 25°C'lik sıcaklık farkı uygulanması durumu

Diğer özellikler sabit alınarak farklı sıcaklık farklarının farklı uzunluklardaki plaklara uygulanması durumunda meydana gelen MAG aşağıda özetlenmiştir. 5m'lik plakta 15, -15, 25, -25°C'lik sıcaklık farkı uygulanması durumunda meydana gelen MAG sırasıyla 1, 0,99, 1,29 ve 1,40 MPa olmaktadır. 7,5m'lik plakta ise 1,27, 1,28, 2,01 ve 1,96; 10m'lik plakta ise 1,24, 1,25, 2,10 ve 1,90 MPa olmaktadır. Buradaki sonuçlardan sıcaklık farkının artmasıyla, meydana gelen MAG'in de arttığı ve pozitif sıcaklık farklarının negatif sıcaklık farklarından daha büyük olduğu görülmektedir. Bu sonuç Nishizawa *et al.* (1999) buldukları sonuçla uyum göstermektedir. Plak boyunun artmasıyla özellikle plak alt yüzeyinin üst yüzeyinden soğuk olması durumunda %24-38 oranında arttığı görülmektedir (William and Shoukry 2001; Wei and Fang 2005).

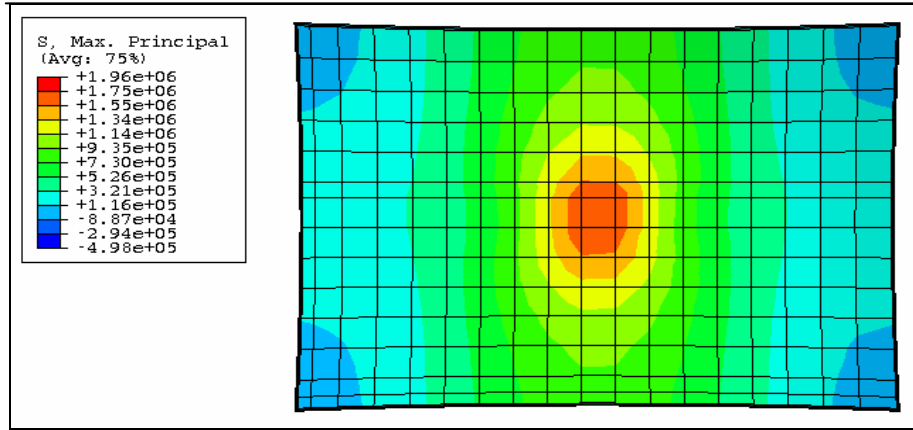
4. 3. Sıcaklık Farkı ve Yüklerin Birleşik Etkileri

Yapılan literatür çalışmasında, termal ve dingil yüklerinden dolayı meydana gelen birleşik etkilerin, yük ve sıcaklık farkından dolayı meydana gelen gerilmelerin basit toplamı olduğu görülmüştür (Lee *et al.* 2002). Her iki yükten dolayı meydana gelen gerilmeler ve ikisinin toplam etkisi Şekil 4.63, 4.64 ve 4.65'te verilmiştir. Şekil 4.63'te üstyapıya sadece yükün etkimesi durumu görülmektedir. Bu durumda meydana gelen MAG 0,5 MPa'dır. Şekil 4.64'te ise sadece sıcaklık farkından dolayı meydana gelen gerilmeler göstermektedir ki değeri 1,96 MPa'dır. Hem yük hem de sıcaklık farkının

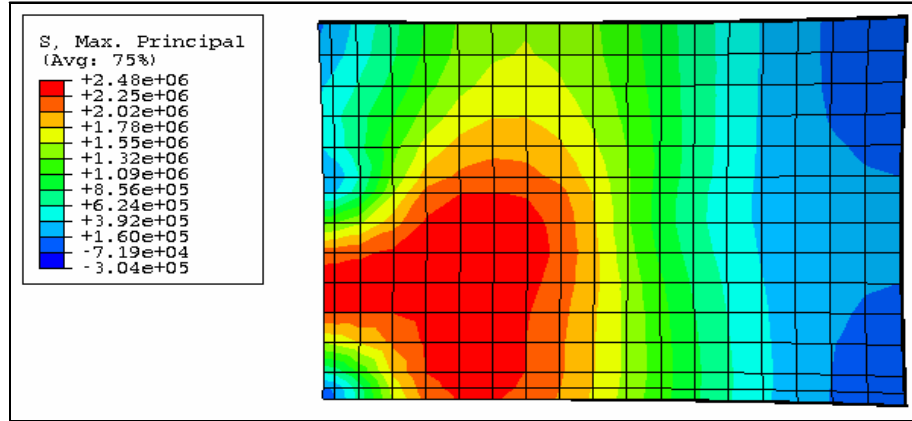
uygulanması durumunda ise bu iki gerilmenin toplamı olması beklenmektedir. Dolayısı ile meydana gelen gerilmenin $0,5 + 1,96 = 2,46$ MPa olması gerekmektedir. Yapılan analiz sonucu bu değerin 2,48 MPa olduğu görülmektedir (Şekil 4.65)



Şekil 4.64. Yükten dolayı meydana gelen MAG



Şekil 4.65. Sıcaklık farkından dolayı meydana gelen MAG



Şekil 4.66. Hem yük hem de sıcaklık farkından dolayı meydana gelen MAG

4. 4. Üstyapı Seçimi için Önerilen Yöntem

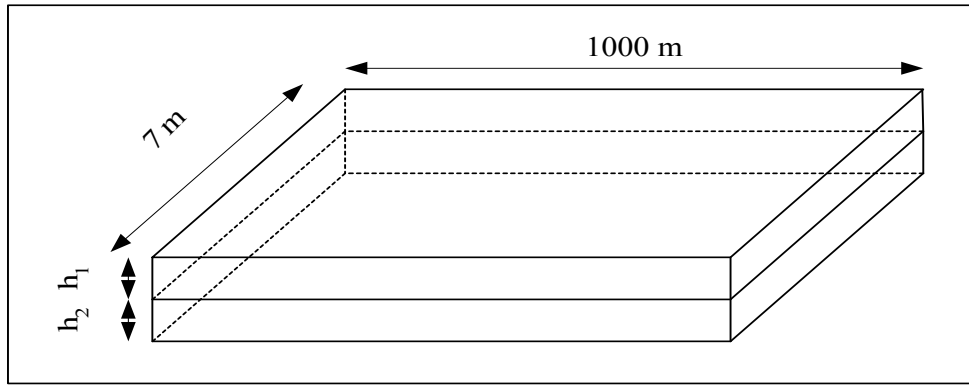
Buraya kadar farklı dingil tipleri ve yükleri, farklı yükleme yerleri, plak alt ve üst yüzeyi arasında meydana gelen farklı sıcaklık farkları, farklı plak ve temel tabakası kalınlıkları, farklı elastisite modülleri ve plak boyları ele alınarak üç boyutlu sonlu elemanlar analizi ve yapılan Taguchi optimizasyonundan elde edilen sonuçlar verilmiştir. Elde edilen bu verilerin ışığı altında, rijit üstyapı yapan tasarımcının kendi değerlendirmeleri öncesinde farklı dingil tipi ve yükü, yükleme şekli ve plak alt ve üst yüzeyinde meydana gelen sıcaklık farkı için tasarım kriterine (betonun kopma modülü(σ_{KM})) uyan farklı çözümler birim maliyetleri ile birlikte verilecektir.

Bu çalışmada amaç, en güvenilir ve en maliyet etkin (cost effective) üstyapı tasarımı yapmaktır. Fakat en güvenilir tasarım en ekonomik olmayacağından, çalışmada güvenilirliğin maliyetini minimum yapacak, yani hem güvenilir hem de ekonomik bir çözüm elde edilmeye çalışılmıştır. Bu amaç doğrultusunda, üstyapının seçimi

yapılırken, $\frac{\text{Maliyet}}{\sigma_{KM} - \sigma_{MAG}}$ şeklinde bir ifade önerilmiştir. Burada maliyet olarak, halen

Türkiye’de kullanılmakta olan beton sınıflarından C16, C20, C25 ve C30’un m³ fiyatları piyasadan alınarak (Çizelge 4.49) kullanılmıştır. Tasarım kriteri olarak (σ_{KM}) her beton sınıfına ait kopma modülünün %86’sı alınmıştır (Fwa 2003). Tasarıma ek bir

güvenilirlik sağlamak için, MAG değerleri olarak, Taguchi metodundan elde edilen ortalama tahmin değerleri yerine, hesaplanan güven aralıklarının üst sınırlarındaki değerler alınmıştır. Taguchi metoduna göre yapılan tahminler, maliyet hesapları ve birim gerilme için hesaplanan maliyet oranları Ek 1’de verilmiştir. Yapılan maliyet hesapları 7m genişliğinde 1km uzunluğundaki plakların 1cm kalınlığı ele alınarak yapılmıştır (Şekil 4.67).



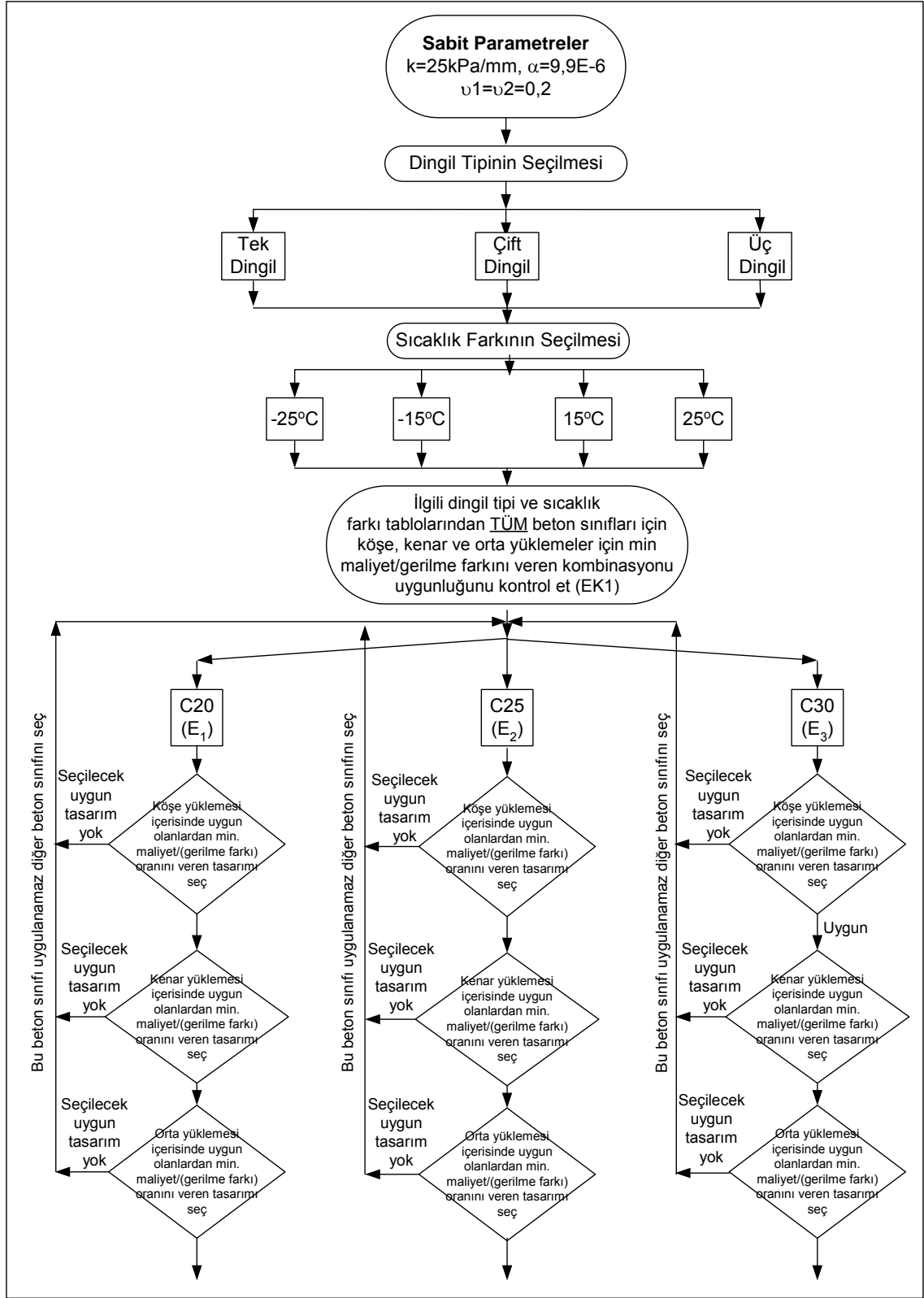
Şekil 4.67. Maliyet hesaplarında kullanılan üstyapı modeli

Piyasadan alınan beton sınıflarının birim fiyatları Çizelge 4.49’da verilmiştir.

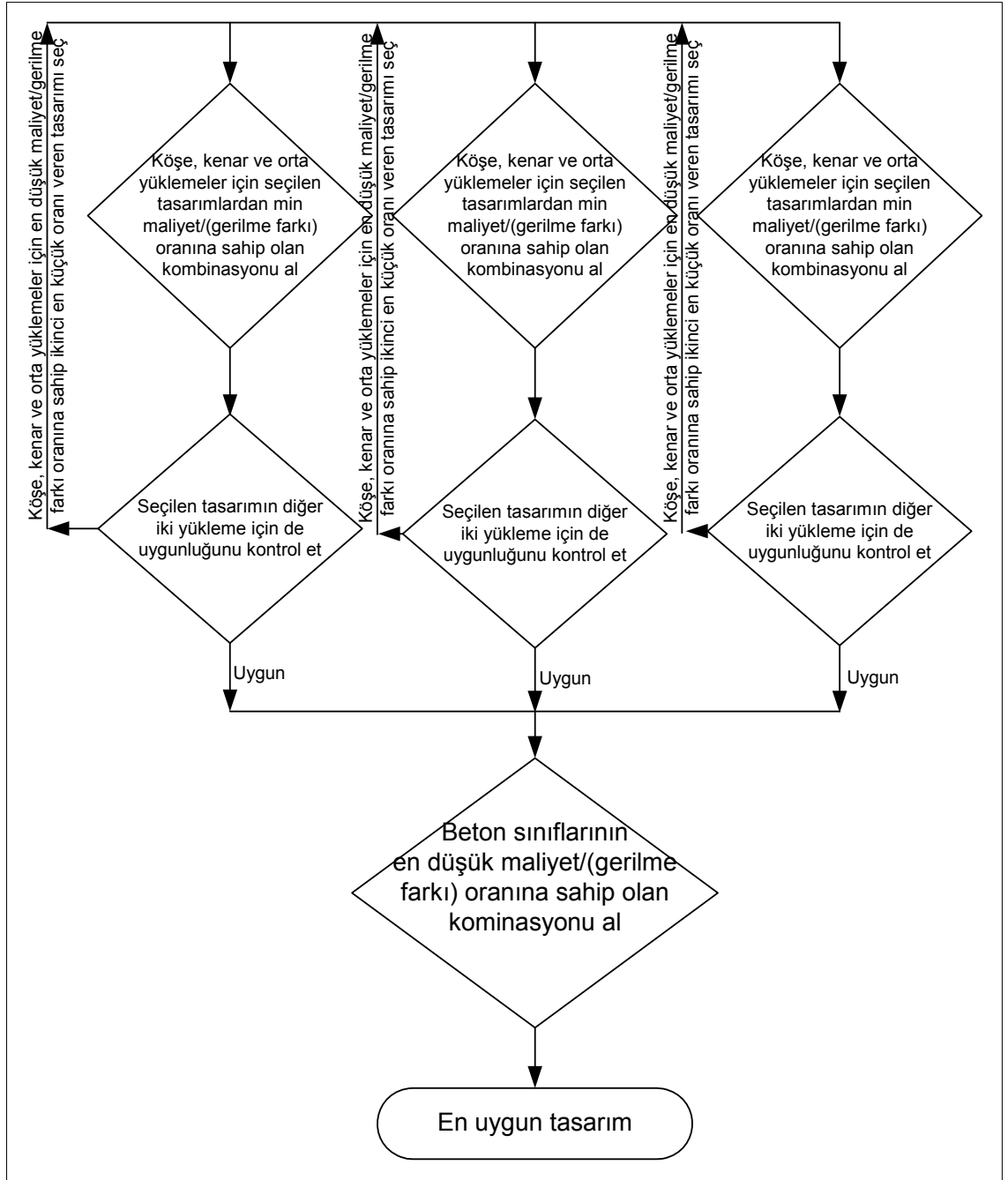
Çizelge 4.49. Beton sınıflarının birim fiyatları

Beton Sınıfı	Birim Fiyatı (YTL/m ³ KDV Dahil)
C16	101
C20	104
C25	107
C30	113

Yukarıda açıklanan bilgiler ışığı altında, tasarımcının önerilen üstyapıyı seçebilmesine yardımcı olacak akış şeması Şekil 4.68.a ve 4.68.b’de verilmiştir.



Şekil 4.68a. Üstyapı seçimi için akış şeması



Şekil 4.68b. Üstyapı seçimi için akış şeması

Not: Bu akış şeması Ek 1’de verilen çizelgeler birlikte kullanılmalıdır.

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Farklı dingil yükleri, dingil tipleri, yükleme durumları ve plak alt ve üst yüzeyinde meydana gelen sıcaklık farklarına maruz kalan rijit bir üstyapı için, en uygun beton sınıfı, plak kalınlığı, temel tabakası kalınlığı ve plak boyu araştırması, 3D lineer sonlu elemanlar analizi ile Taguchi metodun birlikte kullanılarak yapılmıştır. 3 farklı dingil tipi, 4 farklı sıcaklık ve 3 farklı yükleme durumu kullanılarak toplam 36 tane Taguchi optimizasyonu yapılmıştır. Yapılan analiz ve optimizasyonları değerlendirilerek, üstyapı tasarımcılarına kendi değerlendirmeleri öncesinde belirleyeceği dingil tipi ve yükü, yükleme şekli ve sıcaklık farkları için tasarım kriterine uyan farklı çözümler, birim maliyetleri ile sunulmuştur. Çalışma sonuçlarından çıkarılan sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

- Yapılan optimizasyonlar sonucu, üstyapıda meydana gelen maksimum asal gerilmeleri (MAG) (eğilmede çekme) üzerinde en etkili parametrelerin plak kalınlığı ve beton sınıfı olduğu bulunmuştur.
- Optimizasyonlardan elde edilen sonuçların 32 tanesinde, en yüksek MAG'ı veren plak kalınlığının 1. seviyesi (15cm) olarak bulunmuştur.
- Optimizasyondan elde edilen sonuçların 35 tanesinde, elastisite modülünün 3. seviyesi olan 31,5MPa optimum durum olarak bulunmuştur.
- Köşe, kenar ve orta yüklemeler için, beton plakta meydana gelen MAG için, sıcaklık farkının dingil yüklerine göre daha etkin olduğu bulunmuştur.
- Köşe yüklemeler için tek, çift ve üç dingil yüklerinden dolayı meydana gelen MAG'ler birbirinden çok farklı olmamakla birlikte, farklı sıcaklıkların uygulanması durumunda değiştiği gözlenmiştir. Sıcaklık farkları ele alındığında, optimum durumlarda meydana gelen maksimum MAG büyükten küçüğe -25, 25, 15, -15°C'de meydana gelmiştir.
- Kenar yüklemeleri için, farklı dingil yüklerinden dolayı meydana gelen MAG -25 ve -15°C'lerde birbirlerinden çok farklı değildir. Ancak, 15 ve 25°C'lerde pozitif tek dingil yüklemesi diğerlerinden yaklaşık %14-19 daha fazladır. Sıcaklık farkları

dikkate alındığında ise meydana gelen MAG'ler sırasıyla 25, -25, 15, -15°C'lik sıcaklık farklarında meydana gelmiştir.

- Plak ortasına yapılan yüklemelerde, 25°C'lik sıcaklık farkının olması durumu hariç oluşan MAG'ler birbirlerinden çok farklı değildir. Meydana gelen gerilmeler sırasıyla 25, -25, 15, -15°C'lik sıcaklık farkında meydana gelmiştir. 25°C'lik sıcaklık farkının olması durumunda, tek dingil yüklemelerinden dolayı meydana gelen MAG'ler diğerlerinden yaklaşık %14 daha fazla olduğu bulunmuştur.
- Üstyapıda sıcaklıktan dolayı meydana gelen gerilmeler, dingil yüklerinden dolayı meydana gelen gerilmelerden 3-4 kat daha fazla olduğu bulunmuştur.
- Plak boylarının artmasıyla, MAG'ler %24-38 oranında artış göstermiştir.

Bu çalışmada, lineer sıcaklık farkları dağılımı, beton plak ve temel tabakaları lineer elastik olarak kabul edilmiştir. Ancak plak içerisindeki gerçek durumda sıcaklık farkı lineer değildir. Bundan sonra yapılacak çalışmalarda, lineer olmayan sıcaklık farkları ve lineer elastik olmayan beton plak ve temel tabakaları alınarak, rijit üstyapılar için tasarımlar yapılabilir. Aynı zamanda yan yana birden fazla plak ve plaklar arasında kayma ve bağlantı demirleri ile daha gerçekçi modeller kurarak daha güvenilir üstyapı tasarımları yapılabilir.

KAYNAKLAR

- Ağar, E., 1998. Beton Yollar (Rijit Üstyapılar), İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi Matbaası Yayını, 392 s, İstanbul.
- Akman, M.S., 1998. İleri Beton Teknolojisi Ders Notları, s 115, İstanbul.
- Berktaş, İ., 1992. Plak Teorisi ve Uygulamaları-Küçük Sehimli İnce Plaklar. Yıldız Teknik Üniversitesi, 103 s, İstanbul.
- Bezine, G., 2002. On a method of comparison for plate elements in finite element engineering software programs. *Mechanics Research Communications*, 29, 35-43.
- Bhattacharya, K. 2004, Edge stresses of plain concrete pavement. *Journal-Institution of Engineers India Part CV Civil Engineering Division*, 85, 99-92.
- Bradbury, R. D., 1938. Reinforced Concrete Pavements. Wire Reinforcement Institute, 190, Washington, USA.
- Carera, E. and Ciuffreda, A., 2004. Closed-form solutions to assess multilayered-plate theories for various thermal stress problems. *Journal of Thermal Stresses*, 27, 1001-1031.)
- Choubane, B., and Tia, M., 1995. Analysis and verification of thermal-gradient effects on concrete pavements. *Journal of Transportation Engineering*, 121 (4), 75-81.
- Daloğlu, A., 2004. Elastik zemine oturan plaklar için parametreler. *İMO Teknik Dergi*, 220, 3283-3293.
- Davids, G.W., 2001. 3D finite element study on load transfer at doweled joints in flat and curled rigid pavements. *The International Journal of Geomechanics*, 1 (3), 309-323.
- Davids, W. G., 2000. Foundation modeling for jointed concrete pavements. *Transportation Research Record*, No: 1730, 34-42.
- Davids, W. G., Turkiyyah, G. M., and Mahoney, J. P., 1998. EverFE Rigid Pavement Three-Dimensional Finite Element Analysis Tool. *Transportation Research Record*, No:1629, 41-49.
- Davids, W.G., 2000. Effect of dowel looseness on response of jointed concrete pavements. *Journal of Transportation Engineering*, 126 (1), 50-57.
- Dere, Y., Asgari, A., Sotelino, E. D., and Archer, G. C., 2006. Failure prediction of skewed jointed plain concrete pavements using 3D FE analysis. *Engineering Failure Analysis*, 13, 898-913.
- Ersoy, U., 1985. Betonarme, Taşıma gücü ilkeleri ve taşıma gücü hesabı. Evrim Yayınevi ve Ticaret Ltd. Şti, 643 s, 1985.
- Fwa, T. F., 2003. Civil engineering handbook, Section VIII, Transportation engineering. CRC Pres, Washington D.C. <http://www.engnetbase.com>.
- Hammons, M. I., 1998. Advanced pavement design: Finite element modeling for rigid pavement joints, Report II: Model development. National Technical Information Service (NTIS), Springfield, VA 22161.
- Hammons, M. I., 1998. Validation of three-dimensional finite element modeling technique for joints in concrete airport pavements. *Transportation Research Record*, No.1629, 67-75.

- Hammons, M.I. (1997). Development of an Analysis System for Discontinuities in Rigid Airfield Pavements. Technical Report GL-97-3, Waterways Experimental Station, U.S. Army Corps of Engineers, Vicksburg, Mississippi.
- Hansen, W., Smiley, D. L., and Jensen, E. A., 2006. Effects of paving conditions on built-in curling pavement performance. *International Journal of Pavement Engineering*, 7 (4), 291-296.
- Harik, I. E., Jianping, P., Southgate, H., and Allen, D., 1994. Temperature effects on rigid pavements. *Journal of Transportation Engineering*, 120 (1), 127-143.
- Health, A. C., Roesler, J. R., and Harvey, J. T., 2003. Modeling Longitudinal, corner and transverse cracking in jointed concrete pavements. *The International Journal of Pavement Engineering*, 4 (1), 51-58.
- Hınıslioğlu, H., and Bayrak, O. Ü., 2004. Optimization of early flexural strength of pavement concrete with silica fume and fly ash by Taguchi Method. *Civil Engineering and Environmental Systems*, 21 (2), 79-90.
- Hınıslioğlu, H., and Bayrak, O. Ü., 2005. A robust approach for evaluating modulus of elasticity of pavement concrete. *Indian Journal of Engineering & Materials Sciences*, 12, 111-116.
- Hibbitt, Karlsson and Sorenson, Inc., 2006. ABAQUS Finite Element Computer Program, Pawtucket, R.I.
- Huang, Y. H., 2004. *Pavement Analysis and Design*. Pearson Education Inc., 775. New Jersey, USA.
- Ioannides A. M., and Hammons M. I., 1996. Westergaard type solution for edge load transfer problem. *Transportation Research Record*, No.1525, 28-34.
- Ioannides A. M., and Khazanovich L., 1998. Nonlinear temperature effects on multilayered concrete pavements, *Journal of Transportation Engineering*, 124 (2), 128-136.
- Ioannides, A.M., Peng, J., and Swindler J. R., 2006. Abaqus model for PCC slab cracking. *International Journal of Pavement Engineering*, 7 (4), 311-321.
- Jeong, J., and Zollinger, D. G., 2006. Environmental effects of the behavior of jointed plain concrete pavements. *Journal of Transportation Engineering*, 131 (2), 140-148.
- Ju, J. W., and Zhang, Y., 1998. Axisymmetric thermo mechanical constitutive and damage modeling for airfield concrete pavement under transient high temperature. *Mechanics of Materials*, 29, 307-323.
- Kim, S. M., and Nelson, P. K., 2004. Experimental and numerical analysis of PCC overlays on PCC slab-on-grade subjected to climatic loading. *International Journal of Solids and Structures*, 41, 785-800.
- Kim, S. M., Won, M. C., and McCullough, B. F., 2000. Three dimensional analysis of continuously reinforced concrete pavements. *Transportation Research Record*, No:1730, 43-52.
- Köksal, T., 1995. *Sonlu Elemanlar Metodu*. Yıldız Teknik Üniversitesi, 163, İstanbul.
- Kuo, C. K., 1998. Study of load transfer parameter in AASHTO design guide for concrete pavement. *Transportation Research Record*, No:1629, 1-5.
- Kuo, C. M., 1998. Effective temperature differential in concrete pavements. *Journal of Transportation Engineering*, 124 (2), 112-116.
- Ladeveze, P., 2003. The exact theory of plate bending. *Journal of Elasticity*, 68, 37-71.

- Lee, Y. H., Lee, Y. M., and Yen, S. T., 2002. Corner loading and curling analysis for concrete pavements – an alternative approach. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 29, 576-588.
- Lee, Y. H., Lee, Y. M., and Yen, S. T., 2002. Corner loading and curling analysis for concrete pavements. *Transportation Research Record*, No:1525,44-56.
- Lee, Y. H., Yen, S. T., Lee, C. T., Bair, J. H., and Lee, Y. M., 1997. Development of new stress analysis and thickness design procedures for jointed concrete pavements. *Proceedings of the 6th International Conference of Concrete Pavements*, Purdue University, West Lafayette.
- Lee, Y., 1999. TKUPAV: Stress analysis and thickness design program for rigid pavements. *Journal of Transportation Engineering*, 125 (4), 338-346.
- Liang, R. Y., and Niu, Y. Z., 1998. Temperature and curling stress in concrete pavements: Analytical solutions. *Journal of Transportation Engineering*, 124 (1), 91-100.
- Liu, W., Fwa, T. F., 2006. Nine-slab model for jointed concrete pavements. *International Journal of Pavement Engineering*, 1, 1-30.
- Mahboub, K., C., Liu, Y., and Allen, D. L., 2004. Evaluation of temperature response in concrete pavements. *Journal of Transportation Engineering*, 130 (4), 395-401.
- Masad, E., Taha, R., and Muhunthan, B., 1996. Finite-element analysis of temperature effects on plain-jointed concrete pavement. *Journal of Transportation Engineering*, 122 (5), 388-398.
- Mohamed, A. R., and Hansen, W., 1996. Prediction of stresses in concrete pavements subjected to on-linear gradient. *Cement and Concrete Composites*, 18, 381-387.
- Ndon, U. J., and Bergeson, K.L., (1995). Thermal expansion of concretes: Case study in Iowa, *Journal of Materials in Civil Engineering*, 7, 246-251.
- Nishizawa, T., Fukuda, T., Matsuno, S., and Himeno, K., 1996. Curling stress equation for transverse joint edge of a concrete pavement slab based on finite-element method analysis. *Transportation Research Record*, No: 1525, 35-43.
- Nishizawa, T., Fukute, T., and Kokubun, S., 1999. Study of a method for analyzing the mechanical behavior of composite pavement. *Transportation Research Record*, No:1684,101-109.
- Pane, I., Hansen, W., and Mohamed, A. R., 1998. Three Dimensional finite element studies on effects of nonlinear temperature gradients in concrete pavement. *Transportation Research Record*, No: 1629, 58-66.
- Ramadan, R., and Wahhab, H., 1997. Temperature variations of flexible and rigid pavements in eastern Saudi Arabia. *Building and Environment*, 32 (4), 367-373.
- Ramsamooj, D. V., 1999. Stresses in jointed concrete pavements. *Journal of Transportation Engineering*, 125 (2), 101-107.
- Ramsamooj, D. V., Lin, G. S., and Ramadan, J., 1998. Stress at joints and cracks in highway and airport pavements. *Engineering Fracture Mechanics*, 60 (5-6), 507-518.
- Riad, M. Y., Shoukry, S. N., William, G. W., and Rao-Hejamadi, D., 2006. Curling of concrete slabs: experimental versus theoretical analysis *Structure and Infrastructure Engineering*, 1-16.
- Rufino, D., Roesler, J., Barenberg, E., 2004. Effect of pavement temperature on concrete pavement joint responses. *FAA Worldwide Airport Technology Transfer Conference*, Atlantic City, New Jersey, USA.

- Salgado, R., and Kim, D., 2002. Effects of heavier truck loadings and super-single tires on subgrade. Final report, Indiana Department of Transportation and Federal Highway Administration.
- Sherif, A. G., and Dilger, W. H., 1998. Analysis and deflections of reinforced concrete flat slabs. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 25 (3), 451-466.
- Shi, X. P., Fwa, T. F., Hu, Y., and Zhang, J., 2000. Thick-plate model for warping stresses in concrete pavements. *International Journal of Pavement Engineering*, 1 (2), 107-117.
- Shoukry, S. N., 2000. Back calculation of thermally deformed concrete pavements. *Transportation Research Record*, No: 1716, 64-72.
- Shoukry, S. N., Fahmy, M., Prucz, J. William, G., 2007. Validation of 3DFE analysis of rigid pavements dynamic response to moving traffic and nonlinear temperature gradient effects. *International Journal of Geomechanics*, 7 (1), 16-24.
- Shoukry, S. N., William, G. W., and Riad, M. Y., 2004. Validation of 3DFE model of jointed concrete pavement response to temperature variations. *The International Journal of Pavement Engineering*, 5 (3), 123-136.
- Shoukry, S. N., William, G. W., and Riad, M., 2002. Characteristics of concrete contact stresses in doweled transverse joints. *The International Journal of Pavement Engineering*, 3 (2), 117-129.
- Shoukry, S. N., William, G. W., and Riad, M., 2003. Nonlinear temperature gradient effects in doweled jointed concrete slabs. *The International Journal of Pavement Engineering*, 4 (3), 131-142.
- Shoukry, S.N., William, G. W., and Riad, M.Y., 2002. Effect of thermal stress on mid-slab cracking in doweled jointed concrete pavements. *Structure and Infrastructure Engineering*, 3 (1), 43-51.
- Siddique, Z., Hossain, M., Meggers, D., 2005. Temperature and curling measurements on concrete pavement. *Proceedings of the 2005 Mid-Continent Transportation Research Symposium*, Ames, Iowa.
- Tang, T., Zollinger, D. G., and Senadheera, S., 1993. Analysis of concave curling in concrete slabs. *Journal of Transportation Engineering*, 119 (4), 618-633.
- Thompson, M.R., Dempsey, B.J., Hill, H., and Vogel, J., 1987. Characterizing temperature effects for pavement analysis and design. *Transportation Research Record*, No: 1121, 14-22.
- Timoshenko, S., 1964. *Plak ve Kabuklar Teorisi*. İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi Matbaası, 510. İstanbul (Çevirenler : Mustafa İnan, Fahri Sönmez).
- Topçu, M., 2007. Özel konular.
<http://mtopcu.pamukkale.edu.tr/pdf/onbirinci%20b%C3%B6l%C3%BCm,%20%C3%B6zel%20konular.doc>
- Tunç, A., 2001. *Yol Malzemeleri ve Uygulamaları (Kaplama ve Zeminin Islahı – Dizayn ve Yapım Metotları)*, Atlas Yayın Dağıtım yayını, s. 44, İstanbul.
- Türk Standartları Enstitüsü, 1984. *Betonarme yapıların hesap ve yapım kuralları*. TS 500, Ankara.
- Umar, F., Açar, E., 1991. *Yol Üstyapısı*, İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi Matbaası Yayını, 339 s, İstanbul.

- Wei, L., and Fang, F. T., 2005. Effects of joint load transfer on concrete pavement response. *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, 6, 1258-1273.
- Wells, S. A., Phillips, B. M., and Vandenbossche, J. M., 2006. Quantifying built-in construction gradients and early-age slab deformation caused by environmental loads in a jointed plain concrete pavement. *International Journal of Pavement Engineering*, 7 (4), 275-289.
- Westergaard, H.M., (1926). Stresses in Concrete Pavements Computed by Theoretical Analysis. *Public Roads*, Vol. 7, No. 2, pp. 25-35.
- Westergaard, H.M., (1927). Analysis of Stresses in Concrete Pavements Due to Variations of Temperature. *Proceedings of the 6th Annual Meeting Highway Research Board, National Research Council*, Vol. 6, pp. 201-215, Washington, D.C.
- Westergaard, H.M., (1929). Spacing of Dowels. *Proceedings of Highway Research Board No. 8, National Research Council*, Washington, D.C., pp. 154-158.
- William, G. W., 2003. Effect of temperature variations on premature cracking of dowel jointed concrete pavements. Ph.D. Thesis, West Virginia University, Morgantown, West Virginia.
- Wu, C., Shen, P., 1995. Dynamic analysis of concrete pavements subjected to moving loads. *Journal of Transportation Engineering*, 1995, 122 (5), 367-373.
- Zaman, M., and Alvappillai, A., 1995. Contact-Element model for dynamic analysis of jointed concrete pavements. *Journal of Transportation Engineering*, 121 (5), 425-433.
- Zhang, J., Fwa, T. F., Tan, K. H., and Shi, P., 2002. Model for nonlinear thermal effect on pavement warping stresses. *Journal of Transportation Engineering*, 129 (6), 695-702.

EKLER

EK 1. Üstyapı seçiminde kullanılan çizelgeler

Tek Dingil Köşe Yükleme (-15°C) ($\sigma_k=2,75$ MPa) (C20)										
h_1	E_1	L	h_2	Tahmin (S/N)	Gerilme (MPa)	GA	Toplam (MPa)	Kontrol	Maliyet	(YTL/MPa)
1	1	1	1	3.588	1.511	0.278	1.561	UYGUN	215250	180969
1	1	2	1	3.616	1.516	0.278	1.566	UYGUN	215250	181739
1	1	3	1	3.734	1.537	0.278	1.587	UYGUN	215250	185085
2	1	1	1	3.365	1.473	0.278	1.521	UYGUN	251650	204762
2	1	2	1	3.393	1.478	0.278	1.526	UYGUN	251650	205584
2	1	3	1	3.511	1.498	0.278	1.547	UYGUN	251650	209150
3	1	1	1	2.667	1.359	0.278	1.404	UYGUN	288050	213936
1	1	1	2	3.696	1.530	0.278	1.580	UYGUN	250600	214206
3	1	2	1	2.695	1.364	0.278	1.408	UYGUN	288050	214658
1	1	2	2	3.724	1.535	0.278	1.585	UYGUN	250600	215144
3	1	3	1	2.813	1.382	0.278	1.427	UYGUN	288050	217784
1	1	3	2	3.842	1.556	0.278	1.607	UYGUN	250600	219225
2	1	1	2	3.473	1.492	0.278	1.540	UYGUN	287000	237199
2	1	2	2	3.501	1.496	0.278	1.545	UYGUN	287000	238178
2	1	3	2	3.619	1.517	0.278	1.566	UYGUN	287000	242429
3	1	1	2	2.775	1.376	0.278	1.421	UYGUN	323400	243364
3	1	2	2	2.803	1.381	0.278	1.426	UYGUN	323400	244208
3	1	3	2	2.921	1.400	0.278	1.445	UYGUN	323400	247858

Tek Dingil Köşe Yüklemesi (-15°C) ($\sigma_k=3,10$ MPa) (C25)										
h_1	E_1	L	h_2	Tahmin (S/N)	Gerilme (MPa)	GA	Toplam (MPa)	Kontrol	Maliyet	(YTL/MPa)
1	2	1	1	3.891	1.565	0.278	1.616	UYGUN	218400	147167
1	2	2	1	3.919	1.570	0.278	1.621	UYGUN	218400	147686
1	2	3	1	4.037	1.592	0.278	1.643	UYGUN	218400	149934
2	2	1	1	3.668	1.525	0.278	1.575	UYGUN	255850	167772
2	2	2	1	3.696	1.530	0.278	1.580	UYGUN	255850	168333
2	2	3	1	3.814	1.551	0.278	1.602	UYGUN	255850	170761
1	2	1	2	3.999	1.585	0.278	1.636	UYGUN	253750	173349
1	2	2	2	4.027	1.590	0.278	1.641	UYGUN	253750	173977
1	2	3	2	4.145	1.612	0.278	1.664	UYGUN	253750	176697
3	2	1	1	2.970	1.408	0.278	1.453	UYGUN	293300	178124
3	2	2	1	2.998	1.412	0.278	1.458	UYGUN	293300	178633
3	2	3	1	3.116	1.432	0.278	1.478	UYGUN	293300	180830
2	2	1	2	3.776	1.545	0.278	1.595	UYGUN	291200	193452
2	2	2	2	3.804	1.550	0.278	1.600	UYGUN	291200	194116
2	2	3	2	3.922	1.571	0.278	1.622	UYGUN	291200	196989
3	2	1	2	3.078	1.425	0.278	1.472	UYGUN	328650	201821
3	2	2	2	3.106	1.430	0.278	1.476	UYGUN	328650	202412
3	2	3	2	3.224	1.449	0.278	1.497	UYGUN	328650	204961

Tek Dingil Köşe Yüklemesi (-15°C) ($\sigma_k=3,27$ MPa) (C30)										
h_1	E_1	L	h_2	Tahmin (S/N)	Gerilme (MPa)	GA	Toplam (MPa)	Kontrol	Maliyet	(YTL/MPa)
1	3	1	1	4.250	1.631	0.278	1.684	UYGUN	224700	141692
1	3	2	1	4.278	1.636	0.278	1.690	UYGUN	224700	142179
1	3	3	1	4.396	1.659	0.278	1.713	UYGUN	224700	144289
2	3	1	1	4.027	1.590	0.278	1.641	UYGUN	264250	162263
2	3	2	1	4.055	1.595	0.278	1.647	UYGUN	264250	162793
2	3	3	1	4.173	1.617	0.278	1.669	UYGUN	264250	165084
1	3	1	2	4.358	1.652	0.278	1.705	UYGUN	260050	166191
1	3	2	2	4.386	1.657	0.278	1.711	UYGUN	260050	166778
1	3	3	2	4.504	1.680	0.278	1.734	UYGUN	260050	169319
3	3	1	1	3.329	1.467	0.278	1.515	UYGUN	303800	173078
3	3	2	1	3.357	1.472	0.278	1.520	UYGUN	303800	173562
3	3	3	1	3.475	1.492	0.278	1.540	UYGUN	303800	175648
2	3	1	2	4.135	1.610	0.278	1.662	UYGUN	299600	186319
2	3	2	2	4.163	1.615	0.278	1.667	UYGUN	299600	186943
2	3	3	2	4.281	1.637	0.278	1.690	UYGUN	299600	189642
3	3	1	2	3.437	1.485	0.278	1.534	UYGUN	339150	195326
3	3	2	2	3.465	1.490	0.278	1.539	UYGUN	339150	195885
3	3	3	2	3.583	1.511	0.278	1.560	UYGUN	339150	198295

Tek Dingil Kenar Yükleme (-15°C) ($\sigma_k=2,75$ MPa) (C20)										
h_1	E_1	L	h_2	Tahmin (S/N)	Gerilme (MPa)	GA	Toplam (MPa)	Kontrol	Maliyet	(YTL/MPa)
1	1	2	1	3.373	1.475	0.216	1.691	UYGUN	215250	203180
1	1	1	1	3.466	1.490	0.216	1.706	UYGUN	215250	206270
1	1	3	1	3.470	1.491	0.216	1.707	UYGUN	215250	206406
3	1	2	1	2.465	1.328	0.216	1.362	UYGUN	288050	207471
2	1	2	1	3.051	1.421	0.216	1.637	UYGUN	251650	226087
2	1	1	1	3.144	1.436	0.216	1.652	UYGUN	251650	229237
2	1	3	1	3.148	1.437	0.216	1.653	UYGUN	251650	229375
1	1	2	2	3.485	1.494	0.216	1.710	UYGUN	250600	240899
3	1	1	1	2.558	1.342	0.216	1.559	UYGUN	288050	241760
3	1	3	1	2.562	1.343	0.216	1.559	UYGUN	288050	241886
1	1	1	2	3.578	1.510	0.216	1.726	UYGUN	250600	244681
1	1	3	2	3.582	1.510	0.216	1.727	UYGUN	250600	244847
2	1	2	2	3.163	1.439	0.216	1.655	UYGUN	287000	262189
2	1	1	2	3.256	1.455	0.216	1.671	UYGUN	287000	265953
2	1	3	2	3.260	1.455	0.216	1.672	UYGUN	287000	266119
3	1	2	2	2.577	1.345	0.216	1.561	UYGUN	323400	272101
3	1	1	2	2.670	1.360	0.216	1.576	UYGUN	323400	275457
3	1	3	2	2.674	1.361	0.216	1.577	UYGUN	323400	275604

Tek Dingil Kenar Yükleme (-15°C) ($\sigma_k=3,10$ MPa) (C25)										
h_1	E_1	L	h_2	Tahmin (S/N)	Gerilme (MPa)	GA	Toplam (MPa)	Kontrol	Maliyet	(YTL/MPa)
1	2	2	1	3.864	1.560	0.216	1.776	UYGUN	218400	164998
1	2	1	1	3.957	1.577	0.216	1.793	UYGUN	218400	167118
1	2	3	1	3.961	1.578	0.216	1.794	UYGUN	218400	167211
3	2	2	1	2.956	1.405	0.216	1.441	UYGUN	293300	176772
2	2	2	1	3.542	1.503	0.216	1.720	UYGUN	255850	185340
2	2	1	1	3.635	1.520	0.216	1.736	UYGUN	255850	187539
2	2	3	1	3.639	1.520	0.216	1.736	UYGUN	255850	187635
1	2	2	2	3.976	1.581	0.216	1.797	UYGUN	253750	194682
1	2	1	2	4.069	1.598	0.216	1.814	UYGUN	253750	197257
1	2	3	2	4.073	1.598	0.216	1.814	UYGUN	253750	197370
3	2	1	1	3.049	1.421	0.216	1.637	UYGUN	293300	200424
3	2	3	1	3.053	1.421	0.216	1.637	UYGUN	293300	200514
2	2	2	2	3.654	1.523	0.216	1.739	UYGUN	291200	213972
2	2	1	2	3.747	1.539	0.216	1.755	UYGUN	291200	216581
2	2	3	2	3.751	1.540	0.216	1.756	UYGUN	291200	216695
3	2	2	2	3.068	1.424	0.216	1.640	UYGUN	328650	225059
3	2	1	2	3.161	1.439	0.216	1.655	UYGUN	328650	227446
3	2	3	2	3.165	1.440	0.216	1.656	UYGUN	328650	227550

Tek Dingil Kenar Yükleme (-15°C) ($\sigma_k=3,27$ MPa) (C30)										
h_1	E_1	L	h_2	Tahmin (S/N)	Gerilme (MPa)	GA	Toplam (MPa)	Kontrol	Maliyet	(YTL/MPa)
1	3	2	1	4.257	1.632	0.216	1.849	UYGUN	224700	158079
1	3	1	1	4.350	1.650	0.216	1.866	UYGUN	224700	160058
1	3	3	1	4.354	1.651	0.216	1.867	UYGUN	224700	160145
3	3	2	1	3.349	1.470	0.216	1.507	UYGUN	303800	172368
2	3	2	1	3.935	1.573	0.216	1.789	UYGUN	264250	178445
2	3	1	1	4.028	1.590	0.216	1.806	UYGUN	264250	180509
2	3	3	1	4.032	1.591	0.216	1.807	UYGUN	264250	180600
1	3	2	2	4.369	1.654	0.216	1.870	UYGUN	260050	185717
1	3	1	2	4.462	1.671	0.216	1.888	UYGUN	260050	188108
1	3	3	2	4.466	1.672	0.216	1.888	UYGUN	260050	188213
3	3	1	1	3.442	1.486	0.216	1.702	UYGUN	303800	193794
3	3	3	1	3.446	1.487	0.216	1.703	UYGUN	303800	193878
2	3	2	2	4.047	1.593	0.216	1.810	UYGUN	299600	205145
2	3	1	2	4.140	1.611	0.216	1.827	UYGUN	299600	207583
2	3	3	2	4.144	1.611	0.216	1.827	UYGUN	299600	207690
3	3	2	2	3.461	1.490	0.216	1.706	UYGUN	339150	216793
3	3	1	2	3.554	1.506	0.216	1.722	UYGUN	339150	219038
3	3	3	2	3.558	1.506	0.216	1.722	UYGUN	339150	219137

Tek Dingil Orta Yükleme (-15°C) ($\sigma_k=2,75$ MPa) (C20)										
h_1	E_1	L	h_2	Tahmin (S/N)	Gerilme (MPa)	GA	Toplam (MPa)	Kontrol	Maliyet	(YTL/MPa)
1	1	1	1	3.608	1.515	0.166	1.681	UYGUN	215250	201267
3	1	1	1	2.264	1.298	0.166	1.323	UYGUN	288050	201822
1	1	2	1	3.661	1.524	0.166	1.690	UYGUN	215250	203027
1	1	3	1	3.715	1.534	0.166	1.699	UYGUN	215250	204864
2	1	1	1	2.775	1.376	0.166	1.542	UYGUN	251650	208317
2	1	2	1	2.828	1.385	0.166	1.550	UYGUN	251650	209780
2	1	3	1	2.882	1.393	0.166	1.559	UYGUN	251650	211301
3	1	2	1	2.317	1.306	0.166	1.471	UYGUN	288050	225266
3	1	3	1	2.371	1.314	0.166	1.479	UYGUN	288050	226710
1	1	1	2	3.648	1.522	0.166	1.688	UYGUN	250600	235863
1	1	2	2	3.701	1.531	0.166	1.697	UYGUN	250600	237949
2	1	1	2	2.815	1.383	0.166	1.548	UYGUN	287000	238836
1	1	3	2	3.755	1.541	0.166	1.706	UYGUN	250600	240126
2	1	2	2	2.868	1.391	0.166	1.557	UYGUN	287000	240530
2	1	3	2	2.922	1.400	0.166	1.565	UYGUN	287000	242292
3	1	1	2	2.304	1.304	0.166	1.469	UYGUN	323400	252525
3	1	2	2	2.357	1.312	0.166	1.477	UYGUN	323400	254109
3	1	3	2	2.411	1.320	0.166	1.485	UYGUN	323400	255753

Tek Dingil Orta Yükleme (-15°C) ($\sigma_k=3,10$ MPa) (C25)										
h_1	E_1	L	h_2	Tahmin (S/N)	Gerilme (MPa)	GA	Toplam (MPa)	Kontrol	Maliyet	(YTL/MPa)
1	2	1	1	4.044	1.593	0.066	1.659	UYGUN	218400	151548
1	2	2	1	4.097	1.603	0.066	1.669	UYGUN	218400	152580
1	2	3	1	4.151	1.613	0.066	1.679	UYGUN	218400	153653
2	2	1	1	3.211	1.447	0.066	1.513	UYGUN	255850	161237
2	2	2	1	3.264	1.456	0.066	1.522	UYGUN	255850	162142
2	2	3	1	3.318	1.465	0.066	1.531	UYGUN	255850	163080
3	2	1	1	2.700	1.365	0.278	1.409	UYGUN	293300	173438
3	2	2	1	2.753	1.373	0.066	1.439	UYGUN	293300	176566
1	2	1	2	4.084	1.600	0.066	1.666	UYGUN	253750	176980
3	2	3	1	2.807	1.381	0.066	1.447	UYGUN	293300	177481
1	2	2	2	4.137	1.610	0.066	1.676	UYGUN	253750	178198
1	2	3	2	4.191	1.620	0.066	1.686	UYGUN	253750	179463
2	2	1	2	3.251	1.454	0.066	1.520	UYGUN	291200	184290
2	2	2	2	3.304	1.463	0.066	1.529	UYGUN	291200	185334
2	2	3	2	3.358	1.472	0.066	1.538	UYGUN	291200	186416
3	2	1	2	2.740	1.371	0.066	1.437	UYGUN	328650	197603
3	2	2	2	2.793	1.379	0.066	1.445	UYGUN	328650	198604
3	2	3	2	2.847	1.388	0.066	1.454	UYGUN	328650	199642

Tek Dingil Orta Yükleme (-15°C) ($\sigma_k=3,27$ MPa) (C30)										
h_1	E_1	L	h_2	Tahmin (S/N)	Gerilme (MPa)	GA	Toplam (MPa)	Kontrol	Maliyet	(YTL/MPa)
1	3	1	1	4.430	1.665	0.066	1.731	UYGUN	224700	146029
1	3	2	1	4.483	1.676	0.066	1.741	UYGUN	224700	147002
1	3	3	1	4.537	1.686	0.066	1.752	UYGUN	224700	148014
2	3	1	1	3.597	1.513	0.066	1.579	UYGUN	264250	156266
2	3	2	1	3.650	1.522	0.066	1.588	UYGUN	264250	157126
2	3	3	1	3.704	1.532	0.066	1.598	UYGUN	264250	158018
3	3	1	1	3.086	1.427	0.278	1.473	UYGUN	303800	169053
1	3	1	2	4.470	1.673	0.066	1.739	UYGUN	260050	169850
1	3	2	2	4.523	1.683	0.066	1.749	UYGUN	260050	170994
3	3	2	1	3.139	1.435	0.066	1.501	UYGUN	303800	171760
1	3	3	2	4.577	1.694	0.066	1.760	UYGUN	260050	172182
3	3	3	1	3.193	1.444	0.066	1.510	UYGUN	303800	172634
2	3	1	2	3.637	1.520	0.066	1.586	UYGUN	299600	177905
2	3	2	2	3.690	1.529	0.066	1.595	UYGUN	299600	178893
2	3	3	2	3.744	1.539	0.066	1.605	UYGUN	299600	179918
3	3	1	2	3.126	1.433	0.066	1.499	UYGUN	339150	191514
3	3	2	2	3.179	1.442	0.066	1.508	UYGUN	339150	192467
3	3	3	2	3.233	1.451	0.066	1.517	UYGUN	339150	193454

Tek Dingil Köşe Yükleme (15°C) ($\sigma_k=2,75$ MPa) (C20)										
h_1	E_1	L	h_2	Tahmin (S/N)	Gerilme (MPa)	GA	Toplam (MPa)	Kontrol	Maliyet	(YTL/MPa)
3	1	2	1	4.46	1.671	0.217	1.713	UYGUN	288050	277874
3	1	1	1	4.469	1.673	0.217	1.715	UYGUN	288050	278351
3	1	3	1	4.529	1.684	0.217	1.727	UYGUN	288050	281586
3	1	2	2	4.333	1.647	0.217	1.689	UYGUN	323400	304666
3	1	1	2	4.342	1.649	0.217	1.690	UYGUN	323400	305169
3	1	3	2	4.402	1.660	0.217	1.702	UYGUN	323400	308580
2	1	2	1	5.723	1.933	0.217	1.982	UYGUN	251650	327474
2	1	1	1	5.732	1.935	0.217	1.984	UYGUN	251650	328352
2	1	3	1	5.792	1.948	0.217	1.997	UYGUN	251650	334350
2	1	2	2	5.596	1.905	0.217	1.953	UYGUN	287000	360001
2	1	1	2	5.605	1.907	0.217	1.955	UYGUN	287000	360917
2	1	3	2	5.665	1.920	0.217	1.968	UYGUN	287000	367174
1	1	2	1	6.91	2.216	0.217	2.272	UYGUN	215250	450042
1	1	1	1	6.919	2.218	0.217	2.274	UYGUN	215250	452269
1	1	3	1	6.979	2.233	0.217	2.290	UYGUN	215250	467762
1	1	2	2	6.783	2.183	0.217	2.239	UYGUN	250600	490159
1	1	1	2	6.792	2.186	0.217	2.241	UYGUN	250600	492394
1	1	3	2	6.852	2.201	0.217	2.257	UYGUN	250600	507897

Tek Dingil Köşe Yükleme (15°C) ($\sigma_k=3,10$ MPa) (C25)										
h_1	E_1	L	h_2	Tahmin (S/N)	Gerilme (MPa)	GA	Toplam (MPa)	Kontrol	Maliyet	(YTL/MPa)
3	2	2	1	4.719	1.722	0.217	1.765	UYGUN	293300	219739
3	2	1	1	4.728	1.723	0.217	1.767	UYGUN	293300	220041
3	2	3	1	4.788	1.735	0.217	1.779	UYGUN	293300	222082
3	2	2	2	4.592	1.697	0.217	1.740	UYGUN	328650	241586
2	2	2	1	5.982	1.991	0.217	2.042	UYGUN	255850	241714
3	2	1	2	4.601	1.698	0.217	1.741	UYGUN	328650	241907
2	2	1	1	5.991	1.993	0.217	2.044	UYGUN	255850	242198
3	2	3	2	4.661	1.710	0.217	1.753	UYGUN	328650	244075
2	2	3	1	6.051	2.007	0.217	2.058	UYGUN	255850	245490
2	2	2	2	5.855	1.962	0.217	2.012	UYGUN	291200	267619
2	2	1	2	5.864	1.964	0.217	2.014	UYGUN	291200	268133
2	2	3	2	5.924	1.978	0.217	2.028	UYGUN	291200	271624
1	2	2	1	7.169	2.283	0.217	2.340	UYGUN	218400	287546
1	2	1	1	7.178	2.285	0.217	2.343	UYGUN	218400	288468
1	2	3	1	7.238	2.301	0.217	2.359	UYGUN	218400	294791
1	2	2	2	7.042	2.250	0.217	2.306	UYGUN	253750	319785
1	2	1	2	7.051	2.252	0.217	2.309	UYGUN	253750	320752
1	2	3	2	7.111	2.268	0.217	2.325	UYGUN	253750	327375

Tek Dingil Köşe Yükleme (15°C) ($\sigma_k=3,27$ MPa) (C30)										
h_1	E_1	L	h_2	Tahmin (S/N)	Gerilme (MPa)	GA	Toplam (MPa)	Kontrol	Maliyet	(YTL/MPa)
3	3	2	1	5.088	1.796	0.217	1.842	UYGUN	303800	212722
3	3	1	1	5.097	1.798	0.217	1.844	UYGUN	303800	213007
3	3	3	1	5.157	1.811	0.217	1.857	UYGUN	303800	214933
2	3	2	1	6.351	2.078	0.217	2.130	UYGUN	264250	231822
2	3	1	1	6.36	2.080	0.217	2.132	UYGUN	264250	232272
3	3	2	2	4.961	1.770	0.217	1.815	UYGUN	339150	233111
3	3	1	2	4.97	1.772	0.217	1.817	UYGUN	339150	233412
2	3	3	1	6.42	2.094	0.217	2.147	UYGUN	264250	235329
3	3	3	2	5.03	1.784	0.217	1.830	UYGUN	339150	235453
2	3	2	2	6.224	2.047	0.217	2.099	UYGUN	299600	255893
2	3	1	2	6.233	2.050	0.217	2.101	UYGUN	299600	256369
2	3	3	2	6.293	2.064	0.217	2.116	UYGUN	299600	259605
1	3	2	1	7.538	2.382	0.217	2.442	UYGUN	224700	271391
1	3	1	1	7.547	2.384	0.217	2.445	UYGUN	224700	272223
1	3	3	1	7.607	2.401	0.217	2.462	UYGUN	224700	277929
1	3	2	2	7.411	2.347	0.217	2.407	UYGUN	260050	301192
1	3	1	2	7.42	2.350	0.217	2.409	UYGUN	260050	302064
1	3	3	2	7.48	2.366	0.217	2.426	UYGUN	260050	308039

Tek Dingil Kenar Yükleme (15°C) ($\sigma_k=2,75$ MPa) (C20)										
h_1	E_1	L	h_2	Tahmin (S/N)	Gerilme (MPa)	GA	Toplam (MPa)	Kontrol	Maliyet	(YTL/MPa)
1	1	2	1	6.734	2.171	0.350	2.260	UYGUN	215250	439714
1	1	1	1	6.794	2.186	0.350	2.276	UYGUN	215250	454254
1	1	3	1	6.928	2.220	0.350	2.312	UYGUN	215250	490916
3	1	2	1	6.368	2.082	0.350	2.167	UYGUN	288050	494257
3	1	1	1	6.428	2.096	0.350	2.182	UYGUN	288050	507334
1	1	2	2	6.779	2.182	0.350	2.272	UYGUN	250600	524508
3	1	3	1	6.562	2.129	0.350	2.216	UYGUN	288050	539577
1	1	1	2	6.839	2.198	0.350	2.288	UYGUN	250600	542388
3	1	2	2	6.413	2.092	0.350	2.178	UYGUN	323400	565843
3	1	1	2	6.473	2.107	0.350	2.194	UYGUN	323400	581199
1	1	3	2	6.973	2.232	0.350	2.324	UYGUN	250600	587629
3	1	3	2	6.607	2.140	0.350	2.228	UYGUN	323400	619145
2	1	2	1	7.804	2.456	0.350	2.557	UYGUN	251650	1302674
2	1	1	1	7.864	2.473	0.350	2.575	UYGUN	251650	1434259
2	1	2	2	7.849	2.469	0.350	2.570	UYGUN	287000	1595342
2	1	1	2	7.909	2.486	0.350	2.588	UYGUN	287000	1770691
2	1	3	1	7.998	2.511	0.350	2.615	UYGUN	251650	1858153
2	1	3	2	8.043	2.524	0.350	2.628	UYGUN	287000	2355365

Tek Dingil Kenar Yükleme (15°C) ($\sigma_k=3,10$ MPa) (C25)										
h_1	E_1	L	h_2	Tahmin (S/N)	Gerilme (MPa)	GA	Toplam (MPa)	Kontrol	Maliyet	(YTL/MPa)
1	2	2	1	6.841	2.198	0.350	2.288	UYGUN	218400	269130
1	2	1	1	6.901	2.213	0.350	2.304	UYGUN	218400	274496
1	2	3	1	7.035	2.248	0.350	2.340	UYGUN	218400	287438
1	2	2	2	6.886	2.210	0.350	2.300	UYGUN	253750	317340
3	2	2	1	6.475	2.107	0.350	2.194	UYGUN	293300	323755
1	2	1	2	6.946	2.225	0.350	2.316	UYGUN	253750	323797
3	2	1	1	6.535	2.122	0.350	2.209	UYGUN	293300	329283
1	2	3	2	7.08	2.259	0.350	2.352	UYGUN	253750	339393
3	2	3	1	6.669	2.155	0.350	2.244	UYGUN	293300	342490
3	2	2	2	6.52	2.118	0.350	2.205	UYGUN	328650	367398
3	2	1	2	6.58	2.133	0.350	2.221	UYGUN	328650	373786
3	2	3	2	6.714	2.166	0.350	2.255	UYGUN	328650	389063
2	2	2	1	7.911	2.486	0.350	2.589	UYGUN	255850	500208
2	2	1	1	7.971	2.504	0.350	2.606	UYGUN	255850	518392
2	2	3	1	8.105	2.542	0.350	2.647	UYGUN	255850	564762
2	2	2	2	7.956	2.499	0.350	2.602	UYGUN	291200	584689
2	2	1	2	8.016	2.517	0.350	2.620	UYGUN	291200	606659
2	2	3	2	8.15	2.556	0.350	2.661	UYGUN	291200	662913

Tek Dingil Kenar Yükleme (15°C) ($\sigma_k=3,27$ MPa) (C30)										
h_1	E_1	L	h_2	Tahmin (S/N)	Gerilme (MPa)	GA	Toplam (MPa)	Kontrol	Maliyet	(YTL/MPa)
1	3	2	1	7.355	2.332	0.350	2.428	UYGUN	224700	266867
1	3	1	1	7.415	2.348	0.350	2.445	UYGUN	224700	272310
1	3	3	1	7.549	2.385	0.350	2.483	UYGUN	224700	285460
1	3	2	2	7.4	2.344	0.350	2.441	UYGUN	260050	313548
1	3	1	2	7.46	2.360	0.350	2.458	UYGUN	260050	320076
3	3	2	1	6.989	2.236	0.350	2.328	UYGUN	303800	322445
3	3	1	1	7.049	2.251	0.350	2.344	UYGUN	303800	328064
1	3	3	2	7.594	2.397	0.350	2.496	UYGUN	260050	335871
3	3	3	1	7.183	2.286	0.350	2.380	UYGUN	303800	341502
3	3	2	2	7.034	2.248	0.350	2.340	UYGUN	339150	364644
3	3	1	2	7.094	2.263	0.350	2.356	UYGUN	339150	371116
3	3	3	2	7.228	2.298	0.350	2.393	UYGUN	339150	386613
2	3	2	1	8.425	2.638	0.350	2.746	UYGUN	264250	504597
2	3	1	1	8.485	2.656	0.350	2.765	UYGUN	264250	523631
2	3	3	1	8.619	2.697	0.350	2.808	UYGUN	264250	572395
2	3	2	2	8.47	2.652	0.350	2.761	UYGUN	299600	588119
2	3	1	2	8.53	2.670	0.350	2.780	UYGUN	299600	611073
2	3	3	2	8.664	2.711	0.350	2.823	UYGUN	299600	670142

Tek Dingil Orta Yükleme (15°C) ($\sigma_k=2,75$ MPa) (C20)										
h_1	E_1	L	h_2	Tahmin (S/N)	Gerilme (MPa)	GA	Toplam (MPa)	Kontrol	Maliyet	(YTL/MPa)
3	1	3	1	6.101	2.019	0.232	2.073	UYGUN	288050	425679
3	1	2	1	6.14	2.028	0.232	2.083	UYGUN	288050	431631
3	1	1	1	6.186	2.038	0.232	2.094	UYGUN	288050	438904
1	1	3	1	6.864	2.204	0.232	2.264	UYGUN	215250	442613
1	1	2	1	6.903	2.214	0.232	2.274	UYGUN	215250	452083
1	1	1	1	6.949	2.226	0.232	2.286	UYGUN	215250	463846
3	1	3	2	6.236	2.050	0.232	2.106	UYGUN	323400	502013
3	1	2	2	6.275	2.059	0.232	2.115	UYGUN	323400	509508
3	1	1	2	6.321	2.070	0.232	2.127	UYGUN	323400	518686
1	1	3	2	6.999	2.238	0.232	2.299	UYGUN	250600	555829
1	1	2	2	7.038	2.249	0.232	2.309	UYGUN	250600	568884
1	1	1	2	7.084	2.260	0.232	2.322	UYGUN	250600	585174
2	1	3	1	7.097	2.264	0.232	2.325	UYGUN	251650	592437
2	1	2	1	7.136	2.274	0.232	2.336	UYGUN	251650	607400
2	1	1	1	7.182	2.286	0.232	2.348	UYGUN	251650	626143
2	1	3	2	7.232	2.299	0.232	2.362	UYGUN	287000	739026
2	1	2	2	7.271	2.310	0.232	2.372	UYGUN	287000	759820
2	1	1	2	7.317	2.322	0.232	2.385	UYGUN	287000	786033

Tek Dingil Orta Yükleme (15°C) ($\sigma_k=3,10$ MPa) (C25)										
h_1	E_1	L	h_2	Tahmin (S/N)	Gerilme (MPa)	GA	Toplam (MPa)	Kontrol	Maliyet	(YTL/MPa)
1	2	3	1	7.099	2.264	0.232	2.326	UYGUN	218400	282085
1	2	2	1	7.138	2.275	0.232	2.336	UYGUN	218400	285950
1	2	1	1	7.184	2.287	0.232	2.349	UYGUN	218400	290671
3	2	3	1	6.336	2.074	0.232	2.130	UYGUN	293300	302426
3	2	2	1	6.375	2.083	0.232	2.140	UYGUN	293300	305446
3	2	1	1	6.421	2.094	0.232	2.151	UYGUN	293300	309103
1	2	3	2	7.234	2.300	0.232	2.362	UYGUN	253750	343926
1	2	2	2	7.273	2.310	0.232	2.373	UYGUN	253750	348953
3	2	3	2	6.471	2.106	0.232	2.164	UYGUN	328650	350951
3	2	2	2	6.51	2.116	0.232	2.173	UYGUN	328650	354638
1	2	1	2	7.319	2.322	0.232	2.385	UYGUN	253750	355106
3	2	1	2	6.556	2.127	0.232	2.185	UYGUN	328650	359110
2	2	3	1	7.332	2.326	0.232	2.389	UYGUN	255850	359844
2	2	2	1	7.371	2.336	0.232	2.400	UYGUN	255850	365369
2	2	1	1	7.417	2.349	0.232	2.412	UYGUN	255850	372141
2	2	3	2	7.467	2.362	0.232	2.426	UYGUN	291200	432316
2	2	2	2	7.506	2.373	0.232	2.437	UYGUN	291200	439440
2	2	1	2	7.552	2.386	0.232	2.450	UYGUN	291200	448193

Tek Dingil Orta Yükleme (15°C) ($\sigma_k=3,27$ MPa) (C30)										
h_1	E_1	L	h_2	Tahmin (S/N)	Gerilme (MPa)	GA	Toplam (MPa)	Kontrol	Maliyet	(YTL/MPa)
1	3	3	1	7.436	2.354	0.232	2.418	UYGUN	224700	263662
1	3	2	1	7.475	2.365	0.232	2.429	UYGUN	224700	267072
1	3	1	1	7.521	2.377	0.232	2.442	UYGUN	224700	271230
3	3	3	1	6.673	2.156	0.232	2.214	UYGUN	303800	287812
3	3	2	1	6.712	2.166	0.232	2.224	UYGUN	303800	290555
3	3	1	1	6.758	2.177	0.232	2.236	UYGUN	303800	293875
1	3	3	2	7.571	2.391	0.232	2.456	UYGUN	260050	319333
1	3	2	2	7.61	2.402	0.232	2.467	UYGUN	260050	323726
1	3	1	2	7.656	2.414	0.232	2.480	UYGUN	260050	329092
3	3	3	2	6.808	2.190	0.232	2.249	UYGUN	339150	332219
3	3	2	2	6.847	2.200	0.232	2.259	UYGUN	339150	335545
2	3	3	1	7.669	2.418	0.232	2.484	UYGUN	264250	335986
3	3	1	2	6.893	2.211	0.232	2.271	UYGUN	339150	339576
2	3	2	1	7.708	2.429	0.232	2.495	UYGUN	264250	340829
2	3	1	1	7.754	2.442	0.232	2.508	UYGUN	264250	346754
2	3	3	2	7.804	2.456	0.232	2.522	UYGUN	299600	400755
2	3	2	2	7.843	2.467	0.232	2.534	UYGUN	299600	406933
2	3	1	2	7.889	2.480	0.232	2.547	UYGUN	299600	414508

Tek Dingil Köşe Yükleme (25°C) ($\sigma_k=2,75$ MPa) (C20)										
h_1	E_1	L	h_2	Tahmin (S/N)	Gerilme (MPa)	GA	Toplam (MPa)	Kontrol	Maliyet	(YTL/MPa)
3	1	1	1	7.140	2.275	0.173	2.321	UYGUN	288050	671301
3	1	2	1	7.143	2.276	0.173	2.322	UYGUN	288050	672557
3	1	3	1	7.163	2.281	0.173	2.327	UYGUN	288050	681068
3	1	1	2	7.250	2.304	0.173	2.350	UYGUN	323400	809485
3	1	2	2	7.253	2.305	0.173	2.351	UYGUN	323400	811134
3	1	3	2	7.273	2.310	0.173	2.357	UYGUN	323400	822313
2	1	1	1	8.430	2.639	0.173	2.693	UYGUN	251650	4377530
2	1	2	1	8.433	2.640	0.173	2.693	UYGUN	251650	4449522
2	1	3	1	8.453	2.646	0.173	2.700	UYGUN	251650	4998251
2	1	1	2	8.540	2.673	0.173	2.727	UYGUN	287000	12385984
2	1	2	2	8.543	2.674	0.173	2.728	UYGUN	287000	12910844
2	1	3	2	8.563	2.680	0.173	2.734	UYGUN	287000	18003646
1	1	1	1	10.018	3.169	0.173	3.233	UYGUN DEĞİL	215250	-445981
1	1	2	1	10.021	3.170	0.173	3.234	UYGUN DEĞİL	215250	-444952
1	1	3	1	10.041	3.177	0.173	3.241	UYGUN DEĞİL	215250	-438199
1	1	1	2	10.128	3.209	0.173	3.274	UYGUN DEĞİL	250600	-478388
1	1	2	2	10.131	3.210	0.173	3.275	UYGUN DEĞİL	250600	-477357
1	1	3	2	10.151	3.218	0.173	3.283	UYGUN DEĞİL	250600	-470590

Tek Dingil Köşe Yüklemesi (25°C) ($\sigma_k=3,10$ MPa) (C25)										
h_1	E_1	L	h_2	Tahmin (S/N)	Gerilme (MPa)	GA	Toplam (MPa)	Kontrol	Maliyet	(YTL/MPa)
3	2	1	1	7.380	2.339	0.173	2.386	UYGUN	293300	410745
3	2	2	1	7.383	2.340	0.173	2.387	UYGUN	293300	411219
3	2	3	1	7.403	2.345	0.173	2.392	UYGUN	293300	414416
3	2	1	2	7.490	2.369	0.173	2.416	UYGUN	328650	480721
3	2	2	2	7.493	2.369	0.173	2.417	UYGUN	328650	481308
3	2	3	2	7.513	2.375	0.173	2.423	UYGUN	328650	485268
2	2	1	1	8.670	2.713	0.173	2.768	UYGUN	255850	770511
2	2	2	1	8.673	2.714	0.173	2.769	UYGUN	255850	772736
2	2	3	1	8.693	2.721	0.173	2.775	UYGUN	255850	787926
2	2	1	2	8.780	2.748	0.173	2.803	UYGUN	291200	981212
2	2	2	2	8.783	2.749	0.173	2.804	UYGUN	291200	984425
2	2	3	2	8.803	2.755	0.173	2.811	UYGUN	291200	1006418
1	2	1	1	10.258	3.258	0.173	3.323	UYGUN DEĞİL	218400	-978449
1	2	2	1	10.261	3.259	0.173	3.324	UYGUN DEĞİL	218400	-973442
1	2	3	1	10.281	3.266	0.173	3.332	UYGUN DEĞİL	218400	-941290
1	2	1	2	10.368	3.299	0.173	3.366	UYGUN DEĞİL	253750	-955514
1	2	2	2	10.371	3.300	0.173	3.367	UYGUN DEĞİL	253750	-951349
1	2	3	2	10.391	3.308	0.173	3.374	UYGUN DEĞİL	253750	-924449

Tek Dingil Köşe Yüklemesi (25°C) ($\sigma_k=3,27$ MPa) (C30)										
h_1	E_1	L	h_2	Tahmin (S/N)	Gerilme (MPa)	GA	Toplam (MPa)	Kontrol	Maliyet	(YTL/MPa)
3	3	1	1	7.607	2.401	0.173	2.449	UYGUN	303800	370085
3	3	2	1	7.610	2.402	0.173	2.450	UYGUN	303800	370467
3	3	3	1	7.630	2.407	0.173	2.456	UYGUN	303800	373036
3	3	1	2	7.717	2.431	0.173	2.480	UYGUN	339150	429478
3	3	2	2	7.720	2.432	0.173	2.481	UYGUN	339150	429945
3	3	3	2	7.740	2.438	0.173	2.487	UYGUN	339150	433085
2	3	1	1	8.897	2.785	0.173	2.841	UYGUN	264250	616311
2	3	2	1	8.900	2.786	0.173	2.842	UYGUN	264250	617726
2	3	3	1	8.920	2.793	0.173	2.849	UYGUN	264250	627334
2	3	1	2	9.007	2.821	0.173	2.877	UYGUN	299600	763216
2	3	2	2	9.010	2.822	0.173	2.878	UYGUN	299600	765153
2	3	3	2	9.030	2.828	0.173	2.885	UYGUN	299600	778343
1	3	1	1	10.485	3.344	0.173	3.411	UYGUN DEĞİL	224700	-1591301
1	3	2	1	10.488	3.345	0.173	3.412	UYGUN DEĞİL	224700	-1578131
1	3	3	1	10.508	3.353	0.173	3.420	UYGUN DEĞİL	224700	-1495508
1	3	1	2	10.595	3.386	0.173	3.455	UYGUN DEĞİL	260050	-1408110
1	3	2	2	10.598	3.388	0.173	3.456	UYGUN DEĞİL	260050	-1399069
1	3	3	2	10.618	3.395	0.173	3.464	UYGUN DEĞİL	260050	-1341569

Tek Dingil Kenar Yükleme (25°C) ($\sigma_k=2,75$ MPa) (C20)										
h_1	E_1	L	h_2	Tahmin (S/N)	Gerilme (MPa)	GA	Toplam (MPa)	Kontrol	Maliyet	(YTL/MPa)
3	1	1	2	8.771	2.745	0.522	2.915	UYGUN DEĞİL	323400	-1960380
3	1	1	1	8.805	2.756	0.522	2.926	UYGUN DEĞİL	288050	-1632930
3	1	3	2	9.276	2.909	0.522	3.089	UYGUN DEĞİL	323400	-952665
3	1	2	2	9.288	2.913	0.522	3.094	UYGUN DEĞİL	323400	-940828
3	1	3	1	9.310	2.921	0.522	3.102	UYGUN DEĞİL	288050	-819288
3	1	2	1	9.322	2.925	0.522	3.106	UYGUN DEĞİL	288050	-809416
2	1	1	2	10.261	3.259	0.522	3.460	UYGUN DEĞİL	287000	-403964
2	1	1	1	10.295	3.272	0.522	3.474	UYGUN DEĞİL	251650	-347568
2	1	3	2	10.766	3.454	0.522	3.668	UYGUN DEĞİL	287000	-312767
2	1	2	2	10.778	3.459	0.522	3.673	UYGUN DEĞİL	287000	-311048
2	1	3	1	10.800	3.467	0.522	3.682	UYGUN DEĞİL	251650	-270011
2	1	2	1	10.812	3.472	0.522	3.687	UYGUN DEĞİL	251650	-268544
1	1	1	2	12.137	4.044	0.522	4.295	UYGUN DEĞİL	250600	-162231
1	1	3	2	12.642	4.286	0.522	4.552	UYGUN DEĞİL	250600	-139083
1	1	2	2	12.654	4.292	0.522	4.558	UYGUN DEĞİL	250600	-138599
1	1	1	1	12.171	4.060	0.522	4.312	UYGUN DEĞİL	215250	-137843
1	1	3	1	12.676	4.303	0.522	4.570	UYGUN DEĞİL	215250	-118291
1	1	2	1	12.688	4.309	0.522	4.576	UYGUN DEĞİL	215250	-117882

Tek Dingil Kenar Yükleme (25°C) ($\sigma_k=3,10$ MPa) (C25)										
h_1	E_1	L	h_2	Tahmin (S/N)	Gerilme (MPa)	GA	Toplam (MPa)	Kontrol	Maliyet	(YTL/MPa)
3	2	1	1	8.900	2.786	0.522	2.959	UYGUN	293300	2074011
3	2	1	2	8.866	2.775	0.522	2.947	UYGUN	328650	2148388
3	2	3	2	9.371	2.941	0.522	3.123	UYGUN DEĞİL	328650	-14018223
3	2	2	2	9.383	2.945	0.522	3.128	UYGUN DEĞİL	328650	-11837841
3	2	3	1	9.405	2.953	0.522	3.136	UYGUN DEĞİL	293300	-8216874
3	2	2	1	9.417	2.957	0.522	3.140	UYGUN DEĞİL	293300	-7327013
2	2	1	2	10.356	3.295	0.522	3.499	UYGUN DEĞİL	291200	-730712
2	2	1	1	10.390	3.308	0.522	3.512	UYGUN DEĞİL	255850	-620638
2	2	3	2	10.861	3.492	0.522	3.708	UYGUN DEĞİL	291200	-478987
2	2	2	2	10.873	3.497	0.522	3.713	UYGUN DEĞİL	291200	-474982
2	2	3	1	10.895	3.506	0.522	3.722	UYGUN DEĞİL	255850	-411009
2	2	2	1	10.907	3.510	0.522	3.728	UYGUN DEĞİL	255850	-407639
1	2	1	2	12.232	4.089	0.522	4.342	UYGUN DEĞİL	253750	-204317
1	2	1	1	12.266	4.105	0.522	4.359	UYGUN DEĞİL	218400	-173475
1	2	3	2	12.737	4.334	0.522	4.602	UYGUN DEĞİL	253750	-168957
1	2	2	2	12.749	4.340	0.522	4.608	UYGUN DEĞİL	253750	-168244
1	2	3	1	12.771	4.351	0.522	4.620	UYGUN DEĞİL	218400	-143692
1	2	2	1	12.783	4.357	0.522	4.626	UYGUN DEĞİL	218400	-143091

Tek Dingil Kenar Yükleme (25°C) ($\sigma_k=3,27$ MPa) (C30)										
h_1	E_1	L	h_2	Tahmin (S/N)	Gerilme (MPa)	GA	Toplam (MPa)	Kontrol	Maliyet	(YTL/MPa)
3	3	1	1	9.197	2.883	0.522	3.061	UYGUN	303800	1457051
3	3	1	2	9.163	2.872	0.522	3.050	UYGUN	339150	1538348
3	3	3	2	9.668	3.044	0.522	3.232	UYGUN	339150	8946796
3	3	2	2	9.680	3.048	0.522	3.237	UYGUN	339150	10142337
3	3	3	1	9.702	3.056	0.522	3.245	UYGUN	303800	12040769
3	3	2	1	9.714	3.060	0.522	3.249	UYGUN	303800	14644468
2	3	1	2	10.653	3.409	0.522	3.620	UYGUN DEĞİL	299600	-855486
2	3	1	1	10.687	3.423	0.522	3.634	UYGUN DEĞİL	264250	-725147
2	3	3	2	11.158	3.613	0.522	3.837	UYGUN DEĞİL	299600	-528461
2	3	2	2	11.170	3.618	0.522	3.842	UYGUN DEĞİL	299600	-523562
2	3	3	1	11.192	3.627	0.522	3.852	UYGUN DEĞİL	264250	-454055
2	3	2	1	11.204	3.632	0.522	3.857	UYGUN DEĞİL	264250	-449938
1	3	1	2	12.529	4.231	0.522	4.493	UYGUN DEĞİL	260050	-212638
1	3	1	1	12.563	4.248	0.522	4.511	UYGUN DEĞİL	224700	-181123
1	3	3	2	13.034	4.484	0.522	4.762	UYGUN DEĞİL	260050	-174303
1	3	2	2	13.046	4.491	0.522	4.769	UYGUN DEĞİL	260050	-173538
1	3	3	1	13.068	4.502	0.522	4.781	UYGUN DEĞİL	224700	-148747
1	3	2	1	13.080	4.508	0.522	4.787	UYGUN DEĞİL	224700	-148099

Tek Dingil Orta Yükleme (25°C) ($\sigma_k=2,75$ MPa) (C25)										
h_1	E_1	L	h_2	Tahmin (S/N)	Gerilme (MPa)	GA	Toplam (MPa)	Kontrol	Maliyet	(YTL/MPa)
3	1	1	1	8.613	2.696	0.430	2.832	UYGUN DEĞİL	288050	-3503605
3	1	1	2	8.650	2.707	0.430	2.844	UYGUN DEĞİL	323400	-3429274
3	1	3	2	8.787	2.750	0.430	2.890	UYGUN DEĞİL	323400	-2317885
3	1	3	1	8.750	2.738	0.430	2.877	UYGUN DEĞİL	288050	-2263811
3	1	2	2	9.036	2.830	0.430	2.974	UYGUN DEĞİL	323400	-1446611
3	1	2	1	8.999	2.818	0.430	2.961	UYGUN DEĞİL	288050	-1365702
2	1	1	2	10.174	3.226	0.430	3.390	UYGUN DEĞİL	287000	-448566
2	1	3	2	10.311	3.278	0.430	3.444	UYGUN DEĞİL	287000	-413719
2	1	1	1	10.137	3.213	0.430	3.375	UYGUN DEĞİL	251650	-402377
2	1	3	1	10.274	3.264	0.430	3.429	UYGUN DEĞİL	251650	-370581
2	1	2	2	10.560	3.373	0.430	3.544	UYGUN DEĞİL	287000	-361526
2	1	2	1	10.523	3.359	0.430	3.529	UYGUN DEĞİL	251650	-323128
1	1	1	2	11.798	3.890	0.430	4.087	UYGUN DEĞİL	250600	-187472
1	1	3	2	11.935	3.951	0.430	4.152	UYGUN DEĞİL	250600	-178783
1	1	2	2	12.184	4.066	0.430	4.272	UYGUN DEĞİL	250600	-164604
1	1	1	1	11.761	3.873	0.430	4.069	UYGUN DEĞİL	215250	-163147
1	1	3	1	11.898	3.935	0.430	4.134	UYGUN DEĞİL	215250	-155521
1	1	2	1	12.147	4.049	0.430	4.254	UYGUN DEĞİL	215250	-143092

Tek Dingil Orta Yükleme (25°C) ($\sigma_k=3,10$ MPa) (C25)										
h_1	E_1	L	h_2	Tahmin (S/N)	Gerilme (MPa)	GA	Toplam (MPa)	Kontrol	Maliyet	(YTL/MPa)
3	2	1	1	8.787	2.750	0.430	2.890	UYGUN	293300	1393506
3	2	1	2	8.824	2.762	0.430	2.902	UYGUN	328650	1658665
3	2	3	1	8.924	2.794	0.430	2.935	UYGUN	293300	1782553
3	2	3	2	8.961	2.806	0.430	2.948	UYGUN	328650	2162054
3	2	2	1	9.173	2.875	0.430	3.021	UYGUN	293300	3704680
3	2	2	2	9.210	2.887	0.430	3.034	UYGUN	328650	4958912
2	2	1	1	10.312	3.278	0.430	3.444	UYGUN DEĞİL	255850	-743525
2	2	1	2	10.349	3.292	0.430	3.459	UYGUN DEĞİL	291200	-811580
2	2	3	1	10.449	3.330	0.430	3.499	UYGUN DEĞİL	255850	-641457
2	2	3	2	10.486	3.344	0.430	3.514	UYGUN DEĞİL	291200	-703732
2	2	2	1	10.698	3.427	0.430	3.601	UYGUN DEĞİL	255850	-511075
2	2	2	2	10.735	3.442	0.430	3.616	UYGUN DEĞİL	291200	-564361
1	2	1	1	11.935	3.951	0.430	4.152	UYGUN DEĞİL	218400	-207663
1	2	1	2	11.972	3.968	0.430	4.169	UYGUN DEĞİL	253750	-237277
1	2	3	1	12.072	4.014	0.430	4.218	UYGUN DEĞİL	218400	-195400
1	2	3	2	12.109	4.031	0.430	4.236	UYGUN DEĞİL	253750	-223428
1	2	2	1	12.321	4.131	0.430	4.340	UYGUN DEĞİL	218400	-176077
1	2	2	2	12.358	4.149	0.430	4.359	UYGUN DEĞİL	253750	-201566

Tek Dingil Orta Yükleme (25°C) ($\sigma_k=3,27$ MPa) (C30)										
h_1	E_1	L	h_2	Tahmin (S/N)	Gerilme (MPa)	GA	Toplam (MPa)	Kontrol	Maliyet	(YTL/MPa)
3	3	1	1	9.069	2.841	0.430	2.985	UYGUN	303800	1065501
3	3	1	2	9.106	2.853	0.430	2.998	UYGUN	339150	1245126
3	3	3	1	9.206	2.886	0.430	3.032	UYGUN	303800	1278236
3	3	3	2	9.243	2.898	0.430	3.045	UYGUN	339150	1509166
3	3	2	1	9.455	2.970	0.430	3.121	UYGUN	303800	2032310
3	3	2	2	9.492	2.983	0.430	3.134	UYGUN	339150	2490747
2	3	1	1	10.593	3.386	0.430	3.557	UYGUN DEĞİL	264250	-919619
2	3	1	2	10.630	3.400	0.430	3.573	UYGUN DEĞİL	299600	-990305
2	3	3	1	10.730	3.440	0.430	3.614	UYGUN DEĞİL	264250	-768389
2	3	3	2	10.767	3.454	0.430	3.629	UYGUN DEĞİL	299600	-833778
2	3	2	1	10.979	3.540	0.430	3.719	UYGUN DEĞİL	264250	-588529
2	3	2	2	11.016	3.555	0.430	3.735	UYGUN DEĞİL	299600	-644472
1	3	1	1	12.217	4.082	0.430	4.289	UYGUN DEĞİL	224700	-220574
1	3	1	2	12.254	4.099	0.430	4.307	UYGUN DEĞİL	260050	-250768
1	3	3	1	12.354	4.147	0.430	4.357	UYGUN DEĞİL	224700	-206737
1	3	3	2	12.391	4.164	0.430	4.375	UYGUN DEĞİL	260050	-235236
1	3	2	1	12.603	4.267	0.430	4.484	UYGUN DEĞİL	224700	-185153
1	3	2	2	12.640	4.285	0.430	4.503	UYGUN DEĞİL	260050	-210954

Tek Dingil Köşe Yükleme (-25°C) ($\sigma_k=2,75$ MPa) (C20)										
h_1	E_1	L	h_2	Tahmin (S/N)	Gerilme (MPa)	GA	Toplam (MPa)	Kontrol	Maliyet	(YTL/MPa)
3	1	1	1	6.657	2.152	0.196	2.201	UYGUN	288050	524909
3	1	2	1	6.724	2.169	0.196	2.218	UYGUN	288050	541736
3	1	3	1	6.779	2.182	0.196	2.232	UYGUN	288050	556484
2	1	1	1	7.102	2.265	0.196	2.317	UYGUN	251650	581114
3	1	1	2	6.686	2.159	0.196	2.209	UYGUN	323400	597340
2	1	2	1	7.169	2.283	0.196	2.335	UYGUN	251650	606230
3	1	2	2	6.753	2.176	0.196	2.226	UYGUN	323400	616825
2	1	3	1	7.224	2.297	0.196	2.350	UYGUN	251650	628693
3	1	3	2	6.808	2.190	0.196	2.240	UYGUN	323400	633919
2	1	1	2	7.131	2.273	0.196	2.325	UYGUN	287000	674819
2	1	2	2	7.198	2.290	0.196	2.343	UYGUN	287000	704644
2	1	3	2	7.253	2.305	0.196	2.358	UYGUN	287000	731366
1	1	1	1	7.733	2.436	0.196	2.492	UYGUN	215250	832803
1	1	2	1	7.800	2.455	0.196	2.511	UYGUN	215250	899982
1	1	3	1	7.855	2.470	0.196	2.527	UYGUN	215250	964286
1	1	1	2	7.762	2.444	0.196	2.500	UYGUN	250600	1001871
1	1	2	2	7.829	2.463	0.196	2.519	UYGUN	250600	1085909
1	1	3	2	7.884	2.479	0.196	2.535	UYGUN	250600	1166820

Tek Dingil Köşe Yükleme (-25°C) ($\sigma_k=3,10$ MPa) (C25)										
h_1	E_1	L	h_2	Tahmin (S/N)	Gerilme (MPa)	GA	Toplam (MPa)	Kontrol	Maliyet	(YTL/MPa)
3	2	1	1	7.093	2.263	0.196	2.315	UYGUN	293300	373418
3	2	1	2	7.122	2.270	0.196	2.322	UYGUN	328650	422589
3	2	2	1	7.160	2.280	0.196	2.332	UYGUN	293300	382138
3	2	2	2	7.189	2.288	0.196	2.340	UYGUN	328650	432591
3	2	3	1	7.215	2.295	0.196	2.347	UYGUN	293300	389660
3	2	3	2	7.244	2.303	0.196	2.355	UYGUN	328650	441225
2	2	1	1	7.538	2.382	0.196	2.436	UYGUN	255850	385446
2	2	1	2	7.567	2.390	0.196	2.444	UYGUN	291200	444153
2	2	2	1	7.605	2.400	0.196	2.455	UYGUN	255850	396721
2	2	2	2	7.634	2.408	0.196	2.463	UYGUN	291200	457357
2	2	3	1	7.660	2.415	0.196	2.471	UYGUN	255850	406552
2	2	3	2	7.689	2.424	0.196	2.479	UYGUN	291200	468880
1	2	1	1	8.169	2.561	0.196	2.620	UYGUN	218400	454804
1	2	1	2	8.198	2.570	0.196	2.629	UYGUN	253750	538239
1	2	2	1	8.236	2.581	0.196	2.640	UYGUN	218400	474865
1	2	2	2	8.265	2.590	0.196	2.649	UYGUN	253750	562525
1	2	3	1	8.291	2.597	0.196	2.657	UYGUN	218400	492836
1	2	3	2	8.320	2.606	0.196	2.666	UYGUN	253750	584321

Tek Dingil Köşe Yükleme (-25°C) ($\sigma_k=3,27$ MPa) (C30)										
h_1	E_1	L	h_2	Tahmin (S/N)	Gerilme (MPa)	GA	Toplam (MPa)	Kontrol	Maliyet	(YTL/MPa)
3	3	1	1	7.414	2.348	0.196	2.402	UYGUN	303800	349875
2	3	1	1	7.859	2.471	0.196	2.528	UYGUN	264250	356104
3	3	2	1	7.481	2.366	0.196	2.420	UYGUN	303800	357533
3	3	3	1	7.536	2.381	0.196	2.436	UYGUN	303800	364121
2	3	2	1	7.926	2.491	0.196	2.548	UYGUN	264250	365753
2	3	3	1	7.981	2.506	0.196	2.564	UYGUN	264250	374132
3	3	1	2	7.443	2.356	0.196	2.410	UYGUN	339150	394233
3	3	2	2	7.510	2.374	0.196	2.428	UYGUN	339150	402974
1	3	1	1	8.490	2.658	0.196	2.718	UYGUN	224700	407378
2	3	1	2	7.888	2.480	0.196	2.536	UYGUN	299600	408395
3	3	3	2	7.565	2.389	0.196	2.444	UYGUN	339150	410498
2	3	2	2	7.955	2.499	0.196	2.556	UYGUN	299600	419629
1	3	2	1	8.557	2.678	0.196	2.739	UYGUN	224700	423541
2	3	3	2	8.010	2.515	0.196	2.572	UYGUN	299600	429394
1	3	3	1	8.612	2.695	0.196	2.757	UYGUN	224700	437905
1	3	1	2	8.519	2.667	0.196	2.728	UYGUN	260050	479368
1	3	2	2	8.586	2.687	0.196	2.749	UYGUN	260050	498787
1	3	3	2	8.641	2.704	0.196	2.766	UYGUN	260050	516069

Tek Dingil Kenar Yükleme (-25°C) ($\sigma_k=2,75$ MPa) (C20)										
h_1	E_1	L	h_2	Tahmin (S/N)	Gerilme (MPa)	GA	Toplam (MPa)	Kontrol	Maliyet	(YTL/MPa)
3	1	1	1	6.045	2.006	0.452	2.113	UYGUN	288050	451947
3	1	2	1	6.155	2.031	0.452	2.140	UYGUN	288050	471882
3	1	3	1	6.195	2.041	0.452	2.149	UYGUN	288050	479642
3	1	1	2	6.292	2.063	0.452	2.174	UYGUN	323400	561055
3	1	2	2	6.402	2.090	0.452	2.201	UYGUN	323400	589380
3	1	3	2	6.442	2.099	0.452	2.211	UYGUN	323400	600500
2	1	1	1	6.966	2.230	0.452	2.349	UYGUN	251650	627504
2	1	2	1	7.076	2.258	0.452	2.379	UYGUN	251650	678126
2	1	3	1	7.116	2.269	0.452	2.390	UYGUN	251650	698804
2	1	1	2	7.213	2.294	0.452	2.417	UYGUN	287000	861146
2	1	2	2	7.323	2.324	0.452	2.448	UYGUN	287000	948835
2	1	3	2	7.363	2.334	0.452	2.459	UYGUN	287000	985648
1	1	1	1	7.637	2.409	0.452	2.538	UYGUN	215250	1013522
1	1	2	1	7.747	2.440	0.452	2.570	UYGUN	215250	1195589
1	1	3	1	7.787	2.451	0.452	2.582	UYGUN	215250	1279921
1	1	1	2	7.884	2.479	0.452	2.611	UYGUN	250600	1800544
1	1	2	2	7.994	2.510	0.452	2.644	UYGUN	250600	2366251
1	1	3	2	8.034	2.522	0.452	2.656	UYGUN	250600	2674455

Tek Dingil Kenar Yükleme (-25°C) ($\sigma_k=3,10$ MPa) (C25)										
h_1	E_1	L	h_2	Tahmin (S/N)	Gerilme (MPa)	GA	Toplam (MPa)	Kontrol	Maliyet	(YTL/MPa)
3	2	1	1	6.349	2.077	0.452	2.188	UYGUN	293300	321565
3	2	2	1	6.459	2.104	0.452	2.216	UYGUN	293300	331705
3	2	3	1	6.499	2.113	0.452	2.226	UYGUN	293300	335587
2	2	1	1	7.270	2.309	0.452	2.433	UYGUN	255850	383373
3	2	1	2	6.596	2.137	0.452	2.251	UYGUN	328650	387106
3	2	2	2	6.706	2.164	0.452	2.280	UYGUN	328650	400644
2	2	2	1	7.380	2.339	0.452	2.464	UYGUN	255850	402051
3	2	3	2	6.746	2.174	0.452	2.290	UYGUN	328650	405850
2	2	3	1	7.420	2.350	0.452	2.475	UYGUN	255850	409366
1	2	1	1	7.941	2.495	0.452	2.628	UYGUN	218400	462721
2	2	1	2	7.517	2.376	0.452	2.503	UYGUN	291200	487612
1	2	2	1	8.051	2.527	0.452	2.662	UYGUN	218400	498065
1	2	3	1	8.091	2.538	0.452	2.674	UYGUN	218400	512421
2	2	2	2	7.627	2.406	0.452	2.535	UYGUN	291200	515127
2	2	3	2	7.667	2.417	0.452	2.546	UYGUN	291200	526013
1	2	1	2	8.188	2.567	0.452	2.704	UYGUN	253750	640483
1	2	2	2	8.298	2.600	0.452	2.738	UYGUN	253750	701498
1	2	3	2	8.338	2.612	0.452	2.751	UYGUN	253750	726897

Tek Dingil Kenar Yükleme (-25°C) ($\sigma_k=3,27$ MPa) (C30)										
h_1	E_1	L	h_2	Tahmin (S/N)	Gerilme (MPa)	GA	Toplam (MPa)	Kontrol	Maliyet	(YTL/MPa)
3	3	1	1	6.859	2.203	0.452	2.320	UYGUN	303800	319859
3	3	2	1	6.969	2.231	0.452	2.350	UYGUN	303800	330138
3	3	3	1	7.009	2.241	0.452	2.361	UYGUN	303800	334075
2	3	1	1	7.780	2.449	0.452	2.580	UYGUN	264250	382830
3	3	1	2	7.106	2.266	0.452	2.387	UYGUN	339150	384147
3	3	2	2	7.216	2.295	0.452	2.418	UYGUN	339150	397857
2	3	2	1	7.890	2.480	0.452	2.613	UYGUN	264250	401977
3	3	3	2	7.256	2.306	0.452	2.429	UYGUN	339150	403134
2	3	3	1	7.930	2.492	0.452	2.625	UYGUN	264250	409489
1	3	1	1	8.451	2.646	0.452	2.787	UYGUN	224700	465155
2	3	1	2	8.027	2.520	0.452	2.654	UYGUN	299600	486489
1	3	2	1	8.561	2.679	0.452	2.822	UYGUN	224700	502072
2	3	2	2	8.137	2.552	0.452	2.688	UYGUN	299600	514764
1	3	3	1	8.601	2.692	0.452	2.835	UYGUN	224700	517125
2	3	3	2	8.177	2.564	0.452	2.700	UYGUN	299600	525976
1	3	1	2	8.698	2.722	0.452	2.867	UYGUN	260050	645806
1	3	2	2	8.808	2.757	0.452	2.904	UYGUN	260050	710263
1	3	3	2	8.848	2.769	0.452	2.917	UYGUN	260050	737253

Tek Dingil Orta Yükleme (-25°C) ($\sigma_k=2,75$ MPa) (C20)										
h_1	E_1	L	h_2	Tahmin (S/N)	Gerilme (MPa)	GA	Toplam (MPa)	Kontrol	Maliyet	(YTL/MPa)
3	1	1	1	5.921	1.977	0.636	2.127	UYGUN	288050	462700
3	1	3	1	6.072	2.012	0.636	2.165	UYGUN	288050	492196
3	1	2	1	6.138	2.027	0.636	2.181	UYGUN	288050	506486
3	1	1	2	6.209	2.044	0.636	2.199	UYGUN	323400	587126
2	1	1	1	6.742	2.173	0.636	2.338	UYGUN	251650	611332
3	1	3	2	6.360	2.080	0.636	2.238	UYGUN	323400	631329
3	1	2	2	6.426	2.096	0.636	2.255	UYGUN	323400	653090
2	1	3	1	6.893	2.211	0.636	2.379	UYGUN	251650	678969
2	1	2	1	6.959	2.228	0.636	2.398	UYGUN	251650	713927
2	1	1	2	7.030	2.246	0.636	2.417	UYGUN	287000	862356
1	1	1	1	7.343	2.329	0.636	2.506	UYGUN	215250	881753
2	1	3	2	7.181	2.286	0.636	2.460	UYGUN	287000	988224
2	1	2	2	7.247	2.303	0.636	2.478	UYGUN	287000	1056469
1	1	3	1	7.494	2.370	0.636	2.550	UYGUN	215250	1075328
1	1	2	1	7.560	2.388	0.636	2.569	UYGUN	215250	1191051
1	1	1	2	7.631	2.407	0.636	2.590	UYGUN	250600	1569831
1	1	3	2	7.782	2.450	0.636	2.636	UYGUN	250600	2194222
1	1	2	2	7.848	2.468	0.636	2.656	UYGUN	250600	2662994

Tek Dingil Orta Yükleme (-25°C) ($\sigma_k=3,10$ MPa) (C25)										
h_1	E_1	L	h_2	Tahmin (S/N)	Gerilme (MPa)	GA	Toplam (MPa)	Kontrol	Maliyet	(YTL/MPa)
3	2	1	1	5.996	1.994	0.636	2.146	UYGUN	293300	307412
3	2	3	1	6.147	2.029	0.636	2.184	UYGUN	293300	320035
3	2	2	1	6.213	2.045	0.636	2.200	UYGUN	293300	325959
2	2	1	1	6.817	2.192	0.636	2.359	UYGUN	255850	345107
2	2	3	1	6.968	2.230	0.636	2.400	UYGUN	255850	365499
3	2	1	2	6.284	2.062	0.636	2.218	UYGUN	328650	372726
2	2	2	1	7.034	2.248	0.636	2.418	UYGUN	255850	375314
1	2	1	1	7.418	2.349	0.636	2.528	UYGUN	218400	381562
3	2	3	2	6.435	2.098	0.636	2.257	UYGUN	328650	389928
3	2	2	2	6.501	2.114	0.636	2.274	UYGUN	328650	398059
1	2	3	1	7.569	2.390	0.636	2.572	UYGUN	218400	413590
1	2	2	1	7.635	2.409	0.636	2.592	UYGUN	218400	429548
2	2	1	2	7.105	2.266	0.636	2.438	UYGUN	291200	439981
2	2	3	2	7.256	2.306	0.636	2.481	UYGUN	291200	470368
2	2	2	2	7.322	2.323	0.636	2.500	UYGUN	291200	485198
1	2	1	2	7.706	2.428	0.636	2.613	UYGUN	253750	520864
1	2	3	2	7.857	2.471	0.636	2.659	UYGUN	253750	574939
1	2	2	2	7.923	2.490	0.636	2.679	UYGUN	253750	602628

Tek Dingil Orta Yükleme (-25°C) ($\sigma_k=3,27$ MPa) (C30)										
h_1	E_1	L	h_2	Tahmin (S/N)	Gerilme (MPa)	GA	Toplam (MPa)	Kontrol	Maliyet	(YTL/MPa)
3	3	1	1	6.674	2.156	0.636	2.320	UYGUN	303800	319831
3	3	3	1	6.825	2.194	0.636	2.361	UYGUN	303800	334143
3	3	2	1	6.891	2.211	0.636	2.379	UYGUN	303800	340895
2	3	1	1	7.495	2.370	0.636	2.550	UYGUN	264250	367076
3	3	1	2	6.962	2.229	0.636	2.398	UYGUN	339150	389086
2	3	3	1	7.646	2.412	0.636	2.595	UYGUN	264250	391390
2	3	2	1	7.712	2.430	0.636	2.615	UYGUN	264250	403210
3	3	3	2	7.113	2.268	0.636	2.440	UYGUN	339150	408811
3	3	2	2	7.179	2.285	0.636	2.459	UYGUN	339150	418195
1	3	1	1	8.096	2.540	0.636	2.733	UYGUN	224700	418295
1	3	3	1	8.247	2.584	0.636	2.781	UYGUN	224700	459269
2	3	1	2	7.783	2.450	0.636	2.636	UYGUN	299600	472626
1	3	2	1	8.313	2.604	0.636	2.802	UYGUN	224700	480081
2	3	3	2	7.934	2.493	0.636	2.682	UYGUN	299600	509803
2	3	2	2	8.000	2.512	0.636	2.703	UYGUN	299600	528192
1	3	1	2	8.384	2.625	0.636	2.825	UYGUN	260050	584318
1	3	3	2	8.535	2.671	0.636	2.874	UYGUN	260050	657507
1	3	2	2	8.601	2.692	0.636	2.896	UYGUN	260050	696095

Çift Dingil Köşe Yükleme (-15°C) ($\sigma_k=2,75$ MPa) (C20)										
h_1	E_1	L	h_2	Tahmin (S/N)	Gerilme (MPa)	GA	Toplam (MPa)	Kontrol	Maliyet	(YTL/MPa)
1	1	1	1	3.964	1.578	0.208	1.617	UYGUN	215250	189914
1	1	2	1	3.996	1.584	0.208	1.623	UYGUN	215250	190919
1	1	3	1	4.118	1.607	0.208	1.646	UYGUN	215250	194886
2	1	1	1	3.263	1.456	0.208	1.491	UYGUN	251650	199920
2	1	2	1	3.295	1.461	0.208	1.497	UYGUN	251650	200798
2	1	3	1	3.417	1.482	0.208	1.518	UYGUN	251650	204249
3	1	1	1	2.562	1.343	0.208	1.376	UYGUN	288050	209586
3	1	2	1	2.594	1.348	0.208	1.381	UYGUN	288050	210363
3	1	3	1	2.716	1.367	0.208	1.400	UYGUN	288050	213407
1	1	1	2	3.982	1.582	0.208	1.620	UYGUN	250600	221759
1	1	2	2	4.014	1.587	0.208	1.626	UYGUN	250600	222938
1	1	3	2	4.136	1.610	0.208	1.649	UYGUN	250600	227595
2	1	1	2	3.281	1.459	0.208	1.494	UYGUN	287000	228565
2	1	2	2	3.313	1.464	0.208	1.500	UYGUN	287000	229574
2	1	3	2	3.435	1.485	0.208	1.521	UYGUN	287000	233537
3	1	1	2	2.580	1.346	0.208	1.378	UYGUN	323400	235796
3	1	2	2	2.612	1.351	0.208	1.384	UYGUN	323400	236674
3	1	3	2	2.734	1.370	0.208	1.403	UYGUN	323400	240113

Çift Dingil Köşe Yükleme (-15°C) ($\sigma_k=3,10$ MPa) (C25)										
h_1	E_1	L	h_2	Tahmin (S/N)	Gerilme (MPa)	GA	Toplam (MPa)	Kontrol	Maliyet	(YTL/MPa)
1	2	1	1	4.456	1.670	0.208	1.711	UYGUN	218400	157213
1	2	2	1	4.488	1.676	0.208	1.717	UYGUN	218400	157931
1	2	3	1	4.610	1.700	0.208	1.741	UYGUN	218400	160754
2	2	1	1	3.755	1.541	0.208	1.578	UYGUN	255850	168118
2	2	2	1	3.787	1.547	0.208	1.584	UYGUN	255850	168764
2	2	3	1	3.909	1.568	0.208	1.606	UYGUN	255850	171296
3	2	1	1	3.054	1.421	0.208	1.456	UYGUN	293300	178384
3	2	2	1	3.086	1.427	0.208	1.461	UYGUN	293300	178969
3	2	3	1	3.208	1.447	0.208	1.482	UYGUN	293300	181255
1	2	1	2	4.474	1.674	0.208	1.714	UYGUN	253750	183127
1	2	2	2	4.506	1.680	0.208	1.721	UYGUN	253750	183967
1	2	3	2	4.628	1.704	0.208	1.745	UYGUN	253750	187272
2	2	1	2	3.773	1.544	0.208	1.581	UYGUN	291200	191759
2	2	2	2	3.805	1.550	0.208	1.587	UYGUN	291200	192499
2	2	3	2	3.927	1.572	0.208	1.610	UYGUN	291200	195399
3	2	1	2	3.072	1.424	0.208	1.459	UYGUN	328650	200251
3	2	2	2	3.104	1.430	0.208	1.464	UYGUN	328650	200911
3	2	3	2	3.226	1.450	0.208	1.485	UYGUN	328650	203487

Çift Dingil Köşe Yükleme (-15°C) ($\sigma_k=3,27$ MPa) (C30)										
h_1	E_1	L	h_2	Tahmin (S/N)	Gerilme (MPa)	GA	Toplam (MPa)	Kontrol	Maliyet	(YTL/MPa)
1	3	1	1	4.765	1.731	0.208	1.773	UYGUN	224700	150076
1	3	2	1	4.797	1.737	0.208	1.779	UYGUN	224700	150735
1	3	3	1	4.919	1.762	0.208	1.804	UYGUN	224700	153323
2	3	1	1	4.064	1.597	0.208	1.635	UYGUN	264250	161651
2	3	2	1	4.096	1.603	0.208	1.641	UYGUN	264250	162250
2	3	3	1	4.218	1.625	0.208	1.665	UYGUN	264250	164597
3	3	1	1	3.363	1.473	0.208	1.509	UYGUN	303800	172468
3	3	2	1	3.395	1.478	0.208	1.514	UYGUN	303800	173015
1	3	1	2	4.783	1.734	0.208	1.776	UYGUN	260050	174114
1	3	2	2	4.815	1.741	0.208	1.783	UYGUN	260050	174882
3	3	3	1	3.517	1.499	0.208	1.535	UYGUN	303800	175151
1	3	3	2	4.937	1.765	0.208	1.808	UYGUN	260050	177899
2	3	1	2	4.082	1.600	0.208	1.639	UYGUN	299600	183657
2	3	2	2	4.114	1.606	0.208	1.645	UYGUN	299600	184341
2	3	3	2	4.236	1.629	0.208	1.668	UYGUN	299600	187018
3	3	1	2	3.381	1.476	0.208	1.512	UYGUN	339150	192879
3	3	2	2	3.413	1.481	0.208	1.517	UYGUN	339150	193493
3	3	3	2	3.535	1.502	0.208	1.539	UYGUN	339150	195892

Çift Dingil Kenar Yükleme (-15°C) ($\sigma_k=2,75$ MPa) (C20)										
h_1	E_1	L	h_2	Tahmin (S/N)	Gerilme (MPa)	GA	Toplam (MPa)	Kontrol	Maliyet	(YTL/MPa)
1	1	2	1	3.723	1.535	0.128	1.558	UYGUN	215250	180558
1	1	3	1	3.745	1.539	0.128	1.562	UYGUN	215250	181158
1	1	1	1	3.767	1.543	0.128	1.566	UYGUN	215250	181764
2	1	2	1	3.085	1.426	0.128	1.448	UYGUN	251650	193211
2	1	3	1	3.107	1.430	0.128	1.451	UYGUN	251650	193757
2	1	1	1	3.129	1.434	0.128	1.455	UYGUN	251650	194307
3	1	2	1	2.549	1.341	0.128	1.361	UYGUN	288050	207366
3	1	3	1	2.571	1.344	0.128	1.364	UYGUN	288050	207882
3	1	1	1	2.593	1.348	0.128	1.368	UYGUN	288050	208403
1	1	2	2	3.759	1.542	0.128	1.564	UYGUN	250600	211358
1	1	3	2	3.781	1.545	0.128	1.568	UYGUN	250600	212067
1	1	1	2	3.803	1.549	0.128	1.572	UYGUN	250600	212783
2	1	2	2	3.121	1.432	0.128	1.454	UYGUN	287000	221373
2	1	3	2	3.143	1.436	0.128	1.457	UYGUN	287000	222004
2	1	1	2	3.165	1.440	0.128	1.461	UYGUN	287000	222641
3	1	2	2	2.585	1.347	0.128	1.367	UYGUN	323400	233765
3	1	3	2	2.607	1.350	0.128	1.370	UYGUN	323400	234352
3	1	1	2	2.629	1.353	0.128	1.374	UYGUN	323400	234944

Çift Dingil Kenar Yükleme (-15°C) ($\sigma_k=3,10$ MPa) (C25)										
h_1	E_1	L	h_2	Tahmin (S/N)	Gerilme (MPa)	GA	Toplam (MPa)	Kontrol	Maliyet	(YTL/MPa)
1	2	2	1	4.154	1.613	0.128	1.637	UYGUN	218400	149294
1	2	3	1	4.176	1.617	0.128	1.641	UYGUN	218400	149719
1	2	1	1	4.198	1.621	0.128	1.645	UYGUN	218400	150147
2	2	2	1	3.516	1.499	0.128	1.521	UYGUN	255850	162051
2	2	3	1	3.538	1.503	0.128	1.525	UYGUN	255850	162448
2	2	1	1	3.560	1.507	0.128	1.529	UYGUN	255850	162848
1	2	2	2	4.190	1.620	0.128	1.644	UYGUN	253750	174269
1	2	3	2	4.212	1.624	0.128	1.648	UYGUN	253750	174769
1	2	1	2	4.234	1.628	0.128	1.652	UYGUN	253750	175273
3	2	2	1	2.980	1.409	0.128	1.430	UYGUN	293300	175644
3	2	3	1	3.002	1.413	0.128	1.434	UYGUN	293300	176026
3	2	1	1	3.024	1.416	0.128	1.437	UYGUN	293300	176411
2	2	2	2	3.552	1.505	0.128	1.527	UYGUN	291200	185182
2	2	3	2	3.574	1.509	0.128	1.531	UYGUN	291200	185639
2	2	1	2	3.596	1.513	0.128	1.535	UYGUN	291200	186100
3	2	2	2	3.016	1.415	0.128	1.436	UYGUN	328650	197516
3	2	3	2	3.038	1.419	0.128	1.440	UYGUN	328650	197949
3	2	1	2	3.060	1.422	0.128	1.443	UYGUN	328650	198385

Çift Dingil Kenar Yükleme (-15°C) ($\sigma_k=3,27$ MPa) (C30)										
h_1	E_1	L	h_2	Tahmin (S/N)	Gerilme (MPa)	GA	Toplam (MPa)	Kontrol	Maliyet	(YTL/MPa)
1	3	2	1	4.420	1.663	0.128	1.688	UYGUN	224700	142038
1	3	3	1	4.442	1.668	0.128	1.692	UYGUN	224700	142423
1	3	1	1	4.464	1.672	0.128	1.697	UYGUN	224700	142812
2	3	2	1	3.782	1.546	0.128	1.568	UYGUN	264250	155302
2	3	3	1	3.804	1.550	0.128	1.572	UYGUN	264250	155666
2	3	1	1	3.826	1.553	0.128	1.576	UYGUN	264250	156033
1	3	2	2	4.456	1.670	0.128	1.695	UYGUN	260050	165115
1	3	3	2	4.478	1.675	0.128	1.699	UYGUN	260050	165567
1	3	1	2	4.500	1.679	0.128	1.704	UYGUN	260050	166022
3	3	2	1	3.246	1.453	0.128	1.475	UYGUN	303800	169212
3	3	3	1	3.268	1.457	0.128	1.478	UYGUN	303800	169565
3	3	1	1	3.290	1.460	0.128	1.482	UYGUN	303800	169921
2	3	2	2	3.818	1.552	0.128	1.575	UYGUN	299600	176755
2	3	3	2	3.840	1.556	0.128	1.579	UYGUN	299600	177172
2	3	1	2	3.862	1.560	0.128	1.583	UYGUN	299600	177593
3	3	2	2	3.282	1.459	0.128	1.481	UYGUN	339150	189548
3	3	3	2	3.304	1.463	0.128	1.484	UYGUN	339150	189946
3	3	1	2	3.326	1.467	0.128	1.488	UYGUN	339150	190348

Çift Dingil Orta Yükleme (-15°C) ($\sigma_k=2,75$ MPa) (C20)										
h_1	E_1	L	h_2	Tahmin (S/N)	Gerilme (MPa)	GA	Toplam (MPa)	Kontrol	Maliyet	(YTL/MPa)
1	1	1	1	3.297	1.462	0.299	1.513	UYGUN	215250	173996
1	1	2	1	3.372	1.474	0.299	1.526	UYGUN	215250	175861
1	1	3	1	3.479	1.493	0.299	1.545	UYGUN	215250	178621
2	1	1	1	2.838	1.386	0.299	1.435	UYGUN	251650	191373
2	1	2	1	2.913	1.398	0.299	1.447	UYGUN	251650	193201
2	1	3	1	3.020	1.416	0.299	1.465	UYGUN	251650	195900
1	1	1	2	3.392	1.478	0.299	1.530	UYGUN	250600	205332
1	1	2	2	3.467	1.491	0.299	1.543	UYGUN	250600	207588
3	1	1	1	2.522	1.337	0.299	1.384	UYGUN	288050	210834
1	1	3	2	3.574	1.509	0.299	1.562	UYGUN	250600	210929
3	1	2	1	2.597	1.348	0.299	1.396	UYGUN	288050	212702
3	1	3	1	2.704	1.365	0.299	1.413	UYGUN	288050	215454
2	1	1	2	2.933	1.402	0.299	1.451	UYGUN	287000	220907
2	1	2	2	3.008	1.414	0.299	1.463	UYGUN	287000	223067
2	1	3	2	3.115	1.431	0.299	1.482	UYGUN	287000	226257
3	1	1	2	2.617	1.352	0.299	1.399	UYGUN	323400	239374
3	1	2	2	2.692	1.363	0.299	1.411	UYGUN	323400	241543
3	1	3	2	2.799	1.380	0.299	1.429	UYGUN	323400	244740

Çift Dingil Orta Yükleme (-15°C) ($\sigma_k=3,10$ MPa) (C25)										
h_1	E_1	L	h_2	Tahmin (S/N)	Gerilme (MPa)	GA	Toplam (MPa)	Kontrol	Maliyet	(YTL/MPa)
1	2	1	1	3.750	1.540	0.299	1.594	UYGUN	218400	145010
1	2	2	1	3.825	1.553	0.299	1.608	UYGUN	218400	146353
1	2	3	1	3.932	1.573	0.299	1.628	UYGUN	218400	148334
2	2	1	1	3.291	1.461	0.299	1.512	UYGUN	255850	161100
2	2	2	1	3.366	1.473	0.299	1.525	UYGUN	255850	162441
2	2	3	1	3.473	1.492	0.299	1.544	UYGUN	255850	164414
1	2	1	2	3.845	1.557	0.299	1.611	UYGUN	253750	170465
1	2	2	2	3.920	1.570	0.299	1.625	UYGUN	253750	172080
1	2	3	2	4.027	1.590	0.299	1.646	UYGUN	253750	174464
3	2	1	1	2.975	1.408	0.299	1.458	UYGUN	293300	178606
3	2	2	1	3.050	1.421	0.299	1.470	UYGUN	293300	179992
3	2	3	1	3.157	1.438	0.299	1.489	UYGUN	293300	182028
2	2	1	2	3.386	1.477	0.299	1.528	UYGUN	291200	185298
2	2	2	2	3.461	1.490	0.299	1.542	UYGUN	291200	186875
2	2	3	2	3.568	1.508	0.299	1.561	UYGUN	291200	189195
3	2	1	2	3.070	1.424	0.299	1.474	UYGUN	328650	202106
3	2	2	2	3.145	1.436	0.299	1.487	UYGUN	328650	203707
3	2	3	2	3.252	1.454	0.299	1.505	UYGUN	328650	206061

Çift Dingil Orta Yükleme (-15°C) ($\sigma_k=3,27$ MPa) (C30)										
h_1	E_1	L	h_2	Tahmin (S/N)	Gerilme (MPa)	GA	Toplam (MPa)	Kontrol	Maliyet	(YTL/MPa)
1	3	1	1	4.115	1.606	0.299	1.662	UYGUN	224700	139765
1	3	2	1	4.190	1.620	0.299	1.677	UYGUN	224700	141030
1	3	3	1	4.297	1.640	0.299	1.698	UYGUN	224700	142894
2	3	1	1	3.656	1.523	0.299	1.577	UYGUN	264250	156060
2	3	2	1	3.731	1.537	0.299	1.590	UYGUN	264250	157330
2	3	3	1	3.838	1.556	0.299	1.610	UYGUN	264250	159199
1	3	1	2	4.210	1.624	0.299	1.681	UYGUN	260050	163613
1	3	2	2	4.285	1.638	0.299	1.695	UYGUN	260050	165128
1	3	3	2	4.392	1.658	0.299	1.716	UYGUN	260050	167361
3	3	1	1	3.340	1.469	0.299	1.520	UYGUN	303800	173640
3	3	2	1	3.415	1.482	0.299	1.534	UYGUN	303800	174959
3	3	3	1	3.522	1.500	0.299	1.553	UYGUN	303800	176895
2	3	1	2	3.751	1.540	0.299	1.594	UYGUN	299600	178767
2	3	2	2	3.826	1.553	0.299	1.608	UYGUN	299600	180254
2	3	3	2	3.933	1.573	0.299	1.628	UYGUN	299600	182442
3	3	1	2	3.435	1.485	0.299	1.537	UYGUN	339150	195716
3	3	2	2	3.510	1.498	0.299	1.550	UYGUN	339150	197233
3	3	3	2	3.617	1.517	0.299	1.570	UYGUN	339150	199462

Çift Dingil Köşe Yükleme (15°C) ($\sigma_k=2,75$ MPa) (C20)										
h_1	E_1	L	h_2	Tahmin (S/N)	Gerilme (MPa)	GA	Toplam (MPa)	Kontrol	Maliyet	(YTL/MPa)
3	1	1	1	4.140	1.611	0.412	1.689	UYGUN	288050	271452
3	1	3	1	4.260	1.633	0.412	1.712	UYGUN	288050	277598
3	1	2	1	4.305	1.642	0.412	1.721	UYGUN	288050	279998
3	1	1	2	4.124	1.608	0.412	1.686	UYGUN	323400	303875
3	1	3	2	4.244	1.630	0.412	1.709	UYGUN	323400	310722
3	1	2	2	4.289	1.639	0.412	1.718	UYGUN	323400	313395
1	1	1	1	6.459	2.104	0.412	2.206	UYGUN	215250	395447
1	1	3	1	6.579	2.133	0.412	2.236	UYGUN	215250	419071
1	1	2	1	6.624	2.144	0.412	2.248	UYGUN	215250	428768
2	1	1	1	6.427	2.096	0.412	2.198	UYGUN	251650	455532
1	1	1	2	6.443	2.100	0.412	2.202	UYGUN	250600	456983
2	1	3	1	6.547	2.125	0.412	2.228	UYGUN	251650	482217
1	1	3	2	6.563	2.129	0.412	2.232	UYGUN	250600	484016
2	1	2	1	6.592	2.136	0.412	2.240	UYGUN	251650	493154
1	1	2	2	6.608	2.140	0.412	2.244	UYGUN	250600	495103
2	1	1	2	6.411	2.092	0.412	2.194	UYGUN	287000	515746
2	1	3	2	6.531	2.121	0.412	2.224	UYGUN	287000	545668
2	1	2	2	6.576	2.132	0.412	2.236	UYGUN	287000	557922

Çift Dingil Köşe Yükleme (15°C) ($\sigma_k=3,10$ MPa) (C25)										
h_1	E_1	L	h_2	Tahmin (S/N)	Gerilme (MPa)	GA	Toplam (MPa)	Kontrol	Maliyet	(YTL/MPa)
3	2	1	1	4.420	1.663	0.412	1.744	UYGUN	293300	216327
3	2	3	1	4.540	1.687	0.412	1.768	UYGUN	293300	220269
3	2	2	1	4.585	1.695	0.412	1.778	UYGUN	293300	221799
3	2	1	2	4.404	1.660	0.412	1.741	UYGUN	328650	241828
3	2	3	2	4.524	1.683	0.412	1.765	UYGUN	328650	246216
3	2	2	2	4.569	1.692	0.412	1.774	UYGUN	328650	247919
1	2	1	1	6.739	2.172	0.412	2.278	UYGUN	218400	265674
1	2	3	1	6.859	2.203	0.412	2.310	UYGUN	218400	276326
1	2	2	1	6.904	2.214	0.412	2.322	UYGUN	218400	280585
1	2	1	2	6.723	2.168	0.412	2.274	UYGUN	253750	307110
2	2	1	1	6.707	2.164	0.412	2.270	UYGUN	255850	308091
1	2	3	2	6.843	2.199	0.412	2.305	UYGUN	253750	319335
2	2	3	1	6.827	2.195	0.412	2.301	UYGUN	255850	320268
1	2	2	2	6.888	2.210	0.412	2.317	UYGUN	253750	324221
2	2	2	1	6.872	2.206	0.412	2.313	UYGUN	255850	325132
2	2	1	2	6.691	2.160	0.412	2.265	UYGUN	291200	348904
2	2	3	2	6.811	2.191	0.412	2.297	UYGUN	291200	362596
2	2	2	2	6.856	2.202	0.412	2.309	UYGUN	291200	368064

Çift Dingil Köşe Yükleme (15°C) ($\sigma_k=3,27$ MPa) (C30)										
h_1	E_1	L	h_2	Tahmin (S/N)	Gerilme (MPa)	GA	Toplam (MPa)	Kontrol	Maliyet	(YTL/MPa)
3	3	1	1	4.734	1.725	0.412	1.808	UYGUN	303800	207853
3	3	3	1	4.854	1.749	0.412	1.834	UYGUN	303800	211493
3	3	2	1	4.899	1.758	0.412	1.843	UYGUN	303800	212905
3	3	1	2	4.718	1.721	0.412	1.805	UYGUN	339150	231512
3	3	3	2	4.838	1.745	0.412	1.830	UYGUN	339150	235549
3	3	2	2	4.883	1.754	0.412	1.840	UYGUN	339150	237115
1	3	1	1	7.053	2.252	0.412	2.362	UYGUN	224700	247412
1	3	3	1	7.173	2.284	0.412	2.395	UYGUN	224700	256698
1	3	2	1	7.218	2.296	0.412	2.407	UYGUN	224700	260398
1	3	1	2	7.037	2.248	0.412	2.357	UYGUN	260050	284971
2	3	1	1	7.021	2.244	0.412	2.353	UYGUN	264250	288203
1	3	3	2	7.157	2.280	0.412	2.390	UYGUN	260050	295594
2	3	3	1	7.141	2.275	0.412	2.386	UYGUN	264250	298873
1	3	2	2	7.202	2.291	0.412	2.403	UYGUN	260050	299825
2	3	2	1	7.186	2.287	0.412	2.398	UYGUN	264250	303122
2	3	1	2	7.005	2.240	0.412	2.349	UYGUN	299600	325221
2	3	3	2	7.125	2.271	0.412	2.381	UYGUN	299600	337181
2	3	2	2	7.170	2.283	0.412	2.394	UYGUN	299600	341941

Çift Dingil Kenar Yükleme (15°C) ($\sigma_k=2,75$ MPa) (C20)										
h_1	E_1	L	h_2	Tahmin (S/N)	Gerilme (MPa)	GA	Toplam (MPa)	Kontrol	Maliyet	(YTL/MPa)
3	1	1	1	5.253	1.831	0.558	1.952	UYGUN	288050	361111
1	1	1	1	6.167	2.034	0.558	2.169	UYGUN	215250	370456
3	1	2	1	5.533	1.891	0.558	2.016	UYGUN	288050	392590
3	1	3	1	5.533	1.891	0.558	2.016	UYGUN	288050	392590
1	1	2	1	6.447	2.101	0.558	2.240	UYGUN	215250	422074
1	1	3	1	6.447	2.101	0.558	2.240	UYGUN	215250	422074
3	1	1	2	5.430	1.869	0.558	1.993	UYGUN	323400	426939
1	1	1	2	6.344	2.076	0.558	2.214	UYGUN	250600	467199
3	1	2	2	5.710	1.930	0.558	2.058	UYGUN	323400	467201
3	1	3	2	5.710	1.930	0.558	2.058	UYGUN	323400	467201
2	1	1	1	6.355	2.078	0.558	2.216	UYGUN	251650	471623
1	1	2	2	6.624	2.144	0.558	2.286	UYGUN	250600	540241
1	1	3	2	6.624	2.144	0.558	2.286	UYGUN	250600	540241
2	1	2	1	6.635	2.147	0.558	2.289	UYGUN	251650	545914
2	1	3	1	6.635	2.147	0.558	2.289	UYGUN	251650	545914
2	1	1	2	6.532	2.121	0.558	2.262	UYGUN	287000	588171
2	1	2	2	6.812	2.191	0.558	2.336	UYGUN	287000	693495
2	1	3	2	6.812	2.191	0.558	2.336	UYGUN	287000	693495

Çift Dingil Kenar Yükleme (15°C) ($\sigma_k=3,10$ MPa) (C25)										
h_1	E_1	L	h_2	Tahmin (S/N)	Gerilme (MPa)	GA	Toplam (MPa)	Kontrol	Maliyet	(YTL/MPa)
1	2	1	1	6.271	2.058	0.558	2.195	UYGUN	218400	241349
3	2	1	1	5.357	1.853	0.558	1.976	UYGUN	293300	260906
1	2	2	1	6.551	2.126	0.558	2.267	UYGUN	218400	262185
1	2	3	1	6.551	2.126	0.558	2.267	UYGUN	218400	262185
3	2	2	1	5.637	1.914	0.558	2.041	UYGUN	293300	276847
3	2	3	1	5.637	1.914	0.558	2.041	UYGUN	293300	276847
1	2	1	2	6.448	2.101	0.558	2.240	UYGUN	253750	295153
2	2	1	1	6.459	2.104	0.558	2.243	UYGUN	255850	298581
3	2	1	2	5.534	1.891	0.558	2.017	UYGUN	328650	303327
1	2	2	2	6.728	2.170	0.558	2.314	UYGUN	253750	322702
1	2	3	2	6.728	2.170	0.558	2.314	UYGUN	253750	322702
3	2	2	2	5.814	1.953	0.558	2.083	UYGUN	328650	323023
3	2	3	2	5.814	1.953	0.558	2.083	UYGUN	328650	323023
2	2	2	1	6.739	2.172	0.558	2.317	UYGUN	255850	326590
2	2	3	1	6.739	2.172	0.558	2.317	UYGUN	255850	326590
2	2	1	2	6.636	2.147	0.558	2.289	UYGUN	291200	359193
2	2	2	2	6.916	2.217	0.558	2.364	UYGUN	291200	395810
2	2	3	2	6.916	2.217	0.558	2.364	UYGUN	291200	395810

Çift Dingil Kenar Yükleme (15°C) ($\sigma_k=3,27$ MPa) (C30)										
h_1	E_1	L	h_2	Tahmin (S/N)	Gerilme (MPa)	GA	Toplam (MPa)	Kontrol	Maliyet	(YTL/MPa)
1	3	1	1	6.716	2.167	0.558	2.310	UYGUN	224700	234179
1	3	2	1	6.996	2.238	0.558	2.386	UYGUN	224700	254235
1	3	3	1	6.996	2.238	0.558	2.386	UYGUN	224700	254235
3	3	1	1	5.802	1.950	0.558	2.080	UYGUN	303800	255231
3	3	2	1	6.082	2.014	0.558	2.148	UYGUN	303800	270727
3	3	3	1	6.082	2.014	0.558	2.148	UYGUN	303800	270727
1	3	1	2	6.893	2.211	0.558	2.358	UYGUN	260050	285156
2	3	1	1	6.904	2.214	0.558	2.361	UYGUN	264250	290714
3	3	1	2	5.979	1.990	0.558	2.123	UYGUN	339150	295560
1	3	2	2	7.173	2.284	0.558	2.435	UYGUN	260050	311547
1	3	3	2	7.173	2.284	0.558	2.435	UYGUN	260050	311547
3	3	2	2	6.259	2.056	0.558	2.192	UYGUN	339150	314627
3	3	3	2	6.259	2.056	0.558	2.192	UYGUN	339150	314627
2	3	2	1	7.184	2.287	0.558	2.438	UYGUN	264250	317754
2	3	3	1	7.184	2.287	0.558	2.438	UYGUN	264250	317754
2	3	1	2	7.081	2.260	0.558	2.410	UYGUN	299600	348225
2	3	2	2	7.361	2.334	0.558	2.489	UYGUN	299600	383404
2	3	3	2	7.361	2.334	0.558	2.489	UYGUN	299600	383404

Çift Dingil Orta Yükleme (15°C) ($\sigma_k=2,75$ MPa) (C20)										
h_1	E_1	L	h_2	Tahmin (S/N)	Gerilme (MPa)	GA	Toplam (MPa)	Kontrol	Maliyet	(YTL/MPa)
1	1	1	1	5.918	1.977	0.247	2.034	UYGUN	215250	300478
1	1	3	1	6.029	2.002	0.247	2.060	UYGUN	215250	311865
1	1	2	1	6.103	2.019	0.247	2.077	UYGUN	215250	320037
3	1	1	1	5.142	1.808	0.247	1.860	UYGUN	288050	323592
3	1	3	1	5.253	1.831	0.247	1.884	UYGUN	288050	332527
3	1	2	1	5.327	1.847	0.247	1.900	UYGUN	288050	338832
2	1	1	1	5.850	1.961	0.247	2.018	UYGUN	251650	343682
1	1	1	2	5.960	1.986	0.247	2.043	UYGUN	250600	354706
2	1	3	1	5.961	1.986	0.247	2.044	UYGUN	251650	356311
2	1	2	1	6.035	2.003	0.247	2.061	UYGUN	251650	365357
3	1	1	2	5.184	1.816	0.247	1.869	UYGUN	323400	367021
1	1	3	2	6.071	2.012	0.247	2.070	UYGUN	250600	368411
3	1	3	2	5.295	1.840	0.247	1.893	UYGUN	323400	377313
1	1	2	2	6.145	2.029	0.247	2.087	UYGUN	250600	378259
3	1	2	2	5.369	1.855	0.247	1.909	UYGUN	323400	384580
2	1	1	2	5.892	1.971	0.247	2.028	UYGUN	287000	397267
2	1	3	2	6.003	1.996	0.247	2.054	UYGUN	287000	412144
2	1	2	2	6.077	2.013	0.247	2.071	UYGUN	287000	422812

Çift Dingil Orta Yükleme (15°C) ($\sigma_k=3,10$ MPa) (C25)										
h_1	E_1	L	h_2	Tahmin (S/N)	Gerilme (MPa)	GA	Toplam (MPa)	Kontrol	Maliyet	(YTL/MPa)
1	2	1	1	6.133	2.026	0.247	2.085	UYGUN	218400	215089
1	2	3	1	6.244	2.052	0.247	2.111	UYGUN	218400	220923
1	2	2	1	6.318	2.070	0.247	2.129	UYGUN	218400	225035
3	2	1	1	5.357	1.853	0.247	1.906	UYGUN	293300	245737
2	2	1	1	6.065	2.010	0.247	2.068	UYGUN	255850	248001
3	2	3	1	5.468	1.877	0.247	1.931	UYGUN	293300	250891
1	2	1	2	6.175	2.036	0.247	2.095	UYGUN	253750	252415
3	2	2	1	5.542	1.893	0.247	1.947	UYGUN	293300	254487
2	2	3	1	6.176	2.036	0.247	2.095	UYGUN	255850	254566
2	2	2	1	6.250	2.054	0.247	2.113	UYGUN	255850	259188
1	2	3	2	6.286	2.062	0.247	2.122	UYGUN	253750	259366
1	2	2	2	6.360	2.080	0.247	2.140	UYGUN	253750	264270
3	2	1	2	5.399	1.862	0.247	1.916	UYGUN	328650	277503
3	2	3	2	5.510	1.886	0.247	1.940	UYGUN	328650	283398
2	2	1	2	6.107	2.020	0.247	2.078	UYGUN	291200	285037
3	2	2	2	5.584	1.902	0.247	1.957	UYGUN	328650	287514
2	2	3	2	6.218	2.046	0.247	2.105	UYGUN	291200	292695
2	2	2	2	6.292	2.063	0.247	2.123	UYGUN	291200	298092

Çift Dingil Orta Yükleme (15°C) ($\sigma_k=3,27$ MPa) (C30)										
h_1	E_1	L	h_2	Tahmin (S/N)	Gerilme (MPa)	GA	Toplam (MPa)	Kontrol	Maliyet	(YTL/MPa)
1	3	1	1	6.552	2.126	0.247	2.188	UYGUN	224700	207601
1	3	3	1	6.663	2.154	0.247	2.216	UYGUN	224700	213141
1	3	2	1	6.737	2.172	0.247	2.235	UYGUN	224700	217044
3	3	1	1	5.776	1.944	0.247	2.001	UYGUN	303800	239338
2	3	1	1	6.484	2.110	0.247	2.171	UYGUN	264250	240353
1	3	1	2	6.594	2.136	0.247	2.198	UYGUN	260050	242638
3	3	3	1	5.887	1.969	0.247	2.026	UYGUN	303800	244290
2	3	3	1	6.595	2.137	0.247	2.198	UYGUN	264250	246615
3	3	2	1	5.961	1.986	0.247	2.044	UYGUN	303800	247744
1	3	3	2	6.705	2.164	0.247	2.227	UYGUN	260050	249212
2	3	2	1	6.669	2.155	0.247	2.217	UYGUN	264250	251021
1	3	2	2	6.779	2.182	0.247	2.246	UYGUN	260050	253846
3	3	1	2	5.818	1.954	0.247	2.010	UYGUN	339150	269244
3	3	3	2	5.929	1.979	0.247	2.036	UYGUN	339150	274887
2	3	1	2	6.526	2.120	0.247	2.181	UYGUN	299600	275139
3	3	2	2	6.003	1.996	0.247	2.054	UYGUN	339150	278824
2	3	3	2	6.637	2.147	0.247	2.209	UYGUN	299600	282414
2	3	2	2	6.711	2.165	0.247	2.228	UYGUN	299600	287537

Çift Dingil Köşe Yükleme (25°C) ($\sigma_k=2,75$ MPa) (C20)										
h_1	E_1	L	h_2	Tahmin (S/N)	Gerilme (MPa)	GA	Toplam (MPa)	Kontrol	Maliyet	(YTL/MPa)
3	1	3	1	7.017	2.243	0.333	2.331	UYGUN	288050	687181
3	1	2	1	7.138	2.275	0.333	2.364	UYGUN	288050	745318
3	1	3	2	7.005	2.240	0.333	2.328	UYGUN	323400	765636
3	1	1	1	7.245	2.303	0.333	2.393	UYGUN	288050	806449
3	1	2	2	7.126	2.271	0.333	2.360	UYGUN	323400	829779
3	1	1	2	7.233	2.300	0.333	2.390	UYGUN	323400	897120
2	1	3	1	8.234	2.580	0.333	2.681	UYGUN	251650	3667650
2	1	3	2	8.222	2.577	0.333	2.678	UYGUN	287000	3968730
2	1	2	1	8.355	2.617	0.333	2.719	UYGUN	251650	8118109
2	1	2	2	8.343	2.613	0.333	2.715	UYGUN	287000	8258412
2	1	1	2	8.450	2.645	0.333	2.749	UYGUN	287000	261647537
2	1	1	1	8.462	2.649	0.333	2.753	UYGUN DEĞİL	251650	-93083760
1	1	3	2	10.978	3.539	0.333	3.678	UYGUN DEĞİL	250600	-270172
1	1	3	1	10.990	3.544	0.333	3.683	UYGUN DEĞİL	215250	-230796
1	1	2	2	11.099	3.589	0.333	3.729	UYGUN DEĞİL	250600	-255937
1	1	2	1	11.111	3.594	0.333	3.734	UYGUN DEĞİL	215250	-218683
1	1	1	2	11.206	3.633	0.333	3.775	UYGUN DEĞİL	250600	-244400
1	1	1	1	11.218	3.638	0.333	3.781	UYGUN DEĞİL	215250	-208861

Çift Dingil Köşe Yükleme (25°C) ($\sigma_k=3,10$ MPa) (C25)										
h_1	E_1	L	h_2	Tahmin (S/N)	Gerilme (MPa)	GA	Toplam (MPa)	Kontrol	Maliyet	(YTL/MPa)
3	2	3	1	7.259	2.306	0.333	2.397	UYGUN	293300	417020
3	2	2	1	7.380	2.339	0.333	2.430	UYGUN	293300	437956
3	2	1	1	7.487	2.368	0.333	2.460	UYGUN	293300	458583
3	2	3	2	7.247	2.303	0.333	2.393	UYGUN	328650	465093
3	2	2	2	7.368	2.336	0.333	2.427	UYGUN	328650	488294
3	2	1	2	7.475	2.365	0.333	2.457	UYGUN	328650	511139
2	2	3	1	8.476	2.653	0.333	2.757	UYGUN	255850	746231
2	2	3	2	8.464	2.650	0.333	2.753	UYGUN	291200	840010
2	2	2	1	8.597	2.691	0.333	2.796	UYGUN	255850	841118
2	2	2	2	8.585	2.687	0.333	2.792	UYGUN	291200	945337
2	2	1	1	8.704	2.724	0.333	2.830	UYGUN	255850	949265
2	2	1	2	8.692	2.720	0.333	2.827	UYGUN	291200	1064981
1	2	3	2	11.220	3.639	0.333	3.781	UYGUN DEĞİL	253750	-372363
1	2	3	1	11.232	3.644	0.333	3.787	UYGUN DEĞİL	218400	-318049
1	2	2	2	11.341	3.690	0.333	3.835	UYGUN DEĞİL	253750	-345470
1	2	2	1	11.353	3.695	0.333	3.840	UYGUN DEĞİL	218400	-295212
1	2	1	2	11.448	3.736	0.333	3.882	UYGUN DEĞİL	253750	-324474
1	2	1	1	11.460	3.741	0.333	3.887	UYGUN DEĞİL	218400	-277368

Çift Dingil Köşe Yükleme (25°C) ($\sigma_k=3,27$ MPa) (C30)										
h_1	E_1	L	h_2	Tahmin (S/N)	Gerilme (MPa)	GA	Toplam (MPa)	Kontrol	Maliyet	(YTL/MPa)
3	3	3	1	7.417	2.349	0.333	2.441	UYGUN	303800	366321
3	3	2	1	7.538	2.382	0.333	2.475	UYGUN	303800	382095
3	3	1	1	7.645	2.411	0.333	2.506	UYGUN	303800	397429
3	3	3	2	7.405	2.346	0.333	2.437	UYGUN	339150	407291
3	3	2	2	7.526	2.378	0.333	2.471	UYGUN	339150	424730
3	3	1	2	7.633	2.408	0.333	2.502	UYGUN	339150	441675
2	3	3	1	8.634	2.702	0.333	2.808	UYGUN	264250	571668
2	3	2	1	8.755	2.740	0.333	2.847	UYGUN	264250	624917
2	3	3	2	8.622	2.698	0.333	2.804	UYGUN	299600	642753
2	3	1	1	8.862	2.774	0.333	2.882	UYGUN	264250	681820
2	3	2	2	8.743	2.736	0.333	2.843	UYGUN	299600	701990
2	3	1	2	8.850	2.770	0.333	2.878	UYGUN	299600	765174
1	3	3	2	11.378	3.706	0.333	3.851	UYGUN DEĞİL	260050	-447687
1	3	3	1	11.390	3.711	0.333	3.856	UYGUN DEĞİL	224700	-383317
1	3	2	2	11.499	3.758	0.333	3.905	UYGUN DEĞİL	260050	-409595
1	3	2	1	11.511	3.763	0.333	3.910	UYGUN DEĞİL	224700	-350932
1	3	1	2	11.606	3.805	0.333	3.953	UYGUN DEĞİL	260050	-380581
1	3	1	1	11.618	3.810	0.333	3.959	UYGUN DEĞİL	224700	-326237

Çift Dingil Kenar Yükleme (25°C) ($\sigma_k=2,75$ MPa) (C20)										
h_1	E_1	L	h_2	Tahmin (S/N)	Gerilme (MPa)	GA	Toplam (MPa)	Kontrol	Maliyet	(YTL/MPa)
3	1	1	1	7.661	2.416	0.610	2.592	UYGUN	288050	1817608
3	1	1	2	7.673	2.419	0.610	2.595	UYGUN	323400	2087870
3	1	3	1	8.583	2.686	0.610	2.882	UYGUN DEĞİL	288050	-2186483
3	1	3	2	8.595	2.690	0.610	2.886	UYGUN DEĞİL	323400	-2382754
3	1	2	1	8.600	2.692	0.610	2.887	UYGUN DEĞİL	288050	-2096633
3	1	2	2	8.612	2.695	0.610	2.891	UYGUN DEĞİL	323400	-2287472
2	1	1	1	9.059	2.838	0.610	3.044	UYGUN DEĞİL	251650	-855741
2	1	1	2	9.071	2.842	0.610	3.048	UYGUN DEĞİL	287000	-962180
2	1	3	1	9.981	3.155	0.610	3.385	UYGUN DEĞİL	251650	-396317
2	1	3	2	9.993	3.160	0.610	3.390	UYGUN DEĞİL	287000	-448682
2	1	2	1	9.998	3.162	0.610	3.392	UYGUN DEĞİL	251650	-392221
2	1	2	2	10.010	3.166	0.610	3.396	UYGUN DEĞİL	287000	-444072
1	1	1	1	10.685	3.422	0.610	3.671	UYGUN DEĞİL	215250	-233776
1	1	1	2	10.697	3.426	0.610	3.676	UYGUN DEĞİL	250600	-270677
1	1	3	1	11.607	3.805	0.610	4.082	UYGUN DEĞİL	215250	-161620
1	1	3	2	11.619	3.810	0.610	4.087	UYGUN DEĞİL	250600	-187368
1	1	2	1	11.624	3.812	0.610	4.090	UYGUN DEĞİL	215250	-160655
1	1	2	2	11.636	3.818	0.610	4.095	UYGUN DEĞİL	250600	-186253

Çift Dingil Kenar Yükleme (25°C) ($\sigma_k=3,10$ MPa) (C25)										
h_1	E_1	L	h_2	Tahmin (S/N)	Gerilme (MPa)	GA	Toplam (MPa)	Kontrol	Maliyet	(YTL/MPa)
3	2	1	1	7.666	2.417	0.610	2.593	UYGUN	293300	578518
3	2	1	2	7.678	2.420	0.610	2.597	UYGUN	328650	652860
3	2	3	1	8.588	2.688	0.610	2.883	UYGUN	293300	1354113
3	2	2	1	8.605	2.693	0.610	2.889	UYGUN	293300	1390374
3	2	3	2	8.600	2.692	0.610	2.887	UYGUN	328650	1545766
3	2	2	2	8.617	2.697	0.610	2.893	UYGUN	328650	1588016
2	2	1	1	9.064	2.839	0.610	3.046	UYGUN	255850	4722682
2	2	1	2	9.076	2.843	0.610	3.050	UYGUN	291200	5828213
2	2	3	1	9.986	3.157	0.610	3.387	UYGUN DEĞİL	255850	-891711
2	2	3	2	9.998	3.162	0.610	3.392	UYGUN DEĞİL	291200	-998619
2	2	2	1	10.003	3.163	0.610	3.394	UYGUN DEĞİL	255850	-871555
2	2	2	2	10.015	3.168	0.610	3.398	UYGUN DEĞİL	291200	-976371
1	2	1	1	10.690	3.424	0.610	3.673	UYGUN DEĞİL	218400	-381242
1	2	1	2	10.702	3.428	0.610	3.678	UYGUN DEĞİL	253750	-439057
1	2	3	1	11.612	3.807	0.610	4.084	UYGUN DEĞİL	218400	-221910
1	2	3	2	11.624	3.812	0.610	4.090	UYGUN DEĞİL	253750	-256358
1	2	2	1	11.629	3.815	0.610	4.092	UYGUN DEĞİL	218400	-220121
1	2	2	2	11.641	3.820	0.610	4.098	UYGUN DEĞİL	253750	-254299

Çift Dingil Kenar Yükleme (25°C) ($\sigma_k=3,27$ MPa) (C30)										
h_1	E_1	L	h_2	Tahmin (S/N)	Gerilme (MPa)	GA	Toplam (MPa)	Kontrol	Maliyet	(YTL/MPa)
3	3	1	1	7.957	2.499	0.610	2.681	UYGUN	303800	516104
3	3	1	2	7.969	2.503	0.610	2.685	UYGUN	339150	579809
3	3	3	1	8.879	2.779	0.610	2.982	UYGUN	303800	1053539
3	3	2	1	8.896	2.785	0.610	2.987	UYGUN	303800	1075322
3	3	3	2	8.891	2.783	0.610	2.986	UYGUN	339150	1193184
3	3	2	2	8.908	2.789	0.610	2.992	UYGUN	339150	1218255
2	3	1	1	9.355	2.936	0.610	3.150	UYGUN	264250	2194712
2	3	1	2	9.367	2.940	0.610	3.154	UYGUN	299600	2581675
2	3	3	1	10.277	3.265	0.610	3.502	UYGUN DEĞİL	264250	-1137473
2	3	3	2	10.289	3.269	0.610	3.507	UYGUN DEĞİL	299600	-1263308
2	3	2	1	10.294	3.271	0.610	3.509	UYGUN DEĞİL	264250	-1104841
2	3	2	2	10.306	3.276	0.610	3.514	UYGUN DEĞİL	299600	-1227737
1	3	1	1	10.981	3.540	0.610	3.798	UYGUN DEĞİL	224700	-425568
1	3	1	2	10.993	3.545	0.610	3.803	UYGUN DEĞİL	260050	-487669
1	3	3	1	11.903	3.937	0.610	4.223	UYGUN DEĞİL	224700	-235700
1	3	3	2	11.915	3.942	0.610	4.229	UYGUN DEĞİL	260050	-271120
1	3	2	1	11.920	3.945	0.610	4.232	UYGUN DEĞİL	224700	-233672
1	3	2	2	11.932	3.950	0.610	4.237	UYGUN DEĞİL	260050	-268798

Çift Dingil Orta Yükleme (25°C) ($\sigma_k=2,75$ MPa) (C20)										
h_1	E_1	L	h_2	Tahmin (S/N)	Gerilme (MPa)	GA	Toplam (MPa)	Kontrol	Maliyet	(YTL/MPa)
3	1	1	1	7.753	2.441	0.459	2.574	UYGUN	288050	1636354
3	1	1	2	7.818	2.460	0.459	2.593	UYGUN	323400	2063852
3	1	3	1	8.200	2.570	0.459	2.710	UYGUN	288050	7183234
3	1	3	2	8.265	2.590	0.459	2.730	UYGUN	323400	16378841
3	1	2	1	8.416	2.635	0.459	2.778	UYGUN DEĞİL	288050	-10238446
3	1	2	2	8.481	2.655	0.459	2.799	UYGUN DEĞİL	323400	-6599727
2	1	1	1	9.127	2.860	0.459	3.015	UYGUN DEĞİL	251650	-949227
2	1	1	2	9.192	2.881	0.459	3.038	UYGUN DEĞİL	287000	-997365
2	1	3	1	9.574	3.011	0.459	3.174	UYGUN DEĞİL	251650	-593041
2	1	3	2	9.639	3.034	0.459	3.198	UYGUN DEĞİL	287000	-640364
2	1	2	1	9.790	3.087	0.459	3.254	UYGUN DEĞİL	251650	-499041
2	1	2	2	9.855	3.110	0.459	3.279	UYGUN DEĞİL	287000	-542829
1	1	1	1	10.266	3.261	0.459	3.438	UYGUN DEĞİL	215250	-313053
1	1	1	2	10.331	3.285	0.459	3.463	UYGUN DEĞİL	250600	-351273
1	1	3	1	10.713	3.433	0.459	3.619	UYGUN DEĞİL	215250	-247664
1	1	3	2	10.778	3.459	0.459	3.646	UYGUN DEĞİL	250600	-279592
1	1	2	1	10.929	3.519	0.459	3.710	UYGUN DEĞİL	215250	-224160
1	1	2	2	10.994	3.546	0.459	3.738	UYGUN DEĞİL	250600	-253613

Çift Dingil Orta Yükleme (25°C) ($\sigma_k=3,10$ MPa) (C25)										
h_1	E_1	L	h_2	Tahmin (S/N)	Gerilme (MPa)	GA	Toplam (MPa)	Kontrol	Maliyet	(YTL/MPa)
3	2	1	1	7.787	2.451	0.459	2.584	UYGUN	293300	568481
3	2	1	2	7.852	2.469	0.459	2.603	UYGUN	328650	661899
3	2	3	1	8.234	2.580	0.459	2.721	UYGUN	293300	772916
3	2	3	2	8.299	2.600	0.459	2.741	UYGUN	328650	915366
3	2	2	1	8.450	2.645	0.459	2.789	UYGUN	293300	943178
3	2	2	2	8.515	2.665	0.459	2.810	UYGUN	328650	1133197
2	2	1	1	9.161	2.871	0.459	3.027	UYGUN	255850	3501716
2	2	1	2	9.226	2.893	0.459	3.050	UYGUN	291200	5786109
2	2	3	1	9.608	3.023	0.459	3.187	UYGUN DEĞİL	255850	-2947978
2	2	3	2	9.673	3.045	0.459	3.211	UYGUN DEĞİL	291200	-2629921
2	2	2	1	9.824	3.099	0.459	3.267	UYGUN DEĞİL	255850	-1531754
2	2	2	2	9.889	3.122	0.459	3.292	UYGUN DEĞİL	291200	-1520064
1	2	1	1	10.300	3.273	0.459	3.451	UYGUN DEĞİL	218400	-622106
1	2	1	2	10.365	3.298	0.459	3.477	UYGUN DEĞİL	253750	-673098
1	2	3	1	10.747	3.446	0.459	3.633	UYGUN DEĞİL	218400	-409513
1	2	3	2	10.812	3.472	0.459	3.661	UYGUN DEĞİL	253750	-452634
1	2	2	1	10.963	3.533	0.459	3.725	UYGUN DEĞİL	218400	-349551
1	2	2	2	11.028	3.560	0.459	3.753	UYGUN DEĞİL	253750	-388722

Çift Dingil Orta Yükleme (25°C) ($\sigma_k=3,27$ MPa) (C30)										
h_1	E_1	L	h_2	Tahmin (S/N)	Gerilme (MPa)	GA	Toplam (MPa)	Kontrol	Maliyet	(YTL/MPa)
3	3	1	1	8.045	2.525	0.459	2.662	UYGUN	303800	499647
3	3	1	2	8.110	2.544	0.459	2.682	UYGUN	339150	576752
3	3	3	1	8.492	2.658	0.459	2.803	UYGUN	303800	649908
3	3	3	2	8.557	2.678	0.459	2.824	UYGUN	339150	759745
3	3	2	1	8.708	2.725	0.459	2.873	UYGUN	303800	765464
3	3	2	2	8.773	2.746	0.459	2.895	UYGUN	339150	903671
2	3	1	1	9.419	2.958	0.459	3.118	UYGUN	264250	1740715
2	3	1	2	9.484	2.980	0.459	3.142	UYGUN	299600	2333639
2	3	3	1	9.866	3.114	0.459	3.283	UYGUN DEĞİL	264250	-20537938
2	3	3	2	9.931	3.137	0.459	3.308	UYGUN DEĞİL	299600	-7983885
2	3	2	1	10.082	3.192	0.459	3.366	UYGUN DEĞİL	264250	-2766204
2	3	2	2	10.147	3.216	0.459	3.391	UYGUN DEĞİL	299600	-2479966
1	3	1	1	10.558	3.372	0.459	3.555	UYGUN DEĞİL	224700	-788113
1	3	1	2	10.623	3.397	0.459	3.582	UYGUN DEĞİL	260050	-833987
1	3	3	1	11.005	3.550	0.459	3.743	UYGUN DEĞİL	224700	-475197
1	3	3	2	11.070	3.577	0.459	3.771	UYGUN DEĞİL	260050	-519092
1	3	2	1	11.221	3.640	0.459	3.837	UYGUN DEĞİL	224700	-396226
1	3	2	2	11.286	3.667	0.459	3.866	UYGUN DEĞİL	260050	-436382

Çift Dingil Köşe Yükleme (-25°C) ($\sigma_k=2,75$ MPa) (C20)										
h_1	E_1	L	h_2	Tahmin (S/N)	Gerilme (MPa)	GA	Toplam (MPa)	Kontrol	Maliyet	(YTL/MPa)
3	1	1	1	6.777	2.182	0.176	2.227	UYGUN	288050	550518
3	1	3	1	6.789	2.185	0.176	2.230	UYGUN	288050	553776
3	1	2	1	6.821	2.193	0.176	2.238	UYGUN	288050	562679
2	1	1	1	7.157	2.280	0.176	2.326	UYGUN	251650	594000
2	1	3	1	7.169	2.283	0.176	2.330	UYGUN	251650	598543
2	1	2	1	7.201	2.291	0.176	2.338	UYGUN	251650	611040
3	1	1	2	6.875	2.207	0.176	2.252	UYGUN	323400	649438
3	1	3	2	6.887	2.210	0.176	2.255	UYGUN	323400	653524
3	1	2	2	6.919	2.218	0.176	2.263	UYGUN	323400	664705
2	1	1	2	7.255	2.305	0.176	2.353	UYGUN	287000	722453
2	1	3	2	7.267	2.309	0.176	2.356	UYGUN	287000	728417
2	1	2	2	7.299	2.317	0.176	2.365	UYGUN	287000	744857
1	1	1	1	7.665	2.417	0.176	2.466	UYGUN	215250	759157
1	1	3	1	7.677	2.420	0.176	2.470	UYGUN	215250	768398
1	1	2	1	7.709	2.429	0.176	2.479	UYGUN	215250	794245
1	1	1	2	7.763	2.444	0.176	2.494	UYGUN	250600	980621
1	1	3	2	7.775	2.448	0.176	2.498	UYGUN	250600	994035
1	1	2	2	7.807	2.457	0.176	2.507	UYGUN	250600	1031768

Çift Dingil Köşe Yükleme (-25°C) ($\sigma_k=3,10$ MPa) (C25)										
h_1	E_1	L	h_2	Tahmin (S/N)	Gerilme (MPa)	GA	Toplam (MPa)	Kontrol	Maliyet	(YTL/MPa)
3	2	1	1	7.201	2.291	0.176	2.338	UYGUN	293300	384989
3	2	3	1	7.213	2.294	0.176	2.341	UYGUN	293300	386630
2	2	1	1	7.581	2.394	0.176	2.443	UYGUN	255850	389258
3	2	2	1	7.245	2.303	0.176	2.350	UYGUN	293300	391085
2	2	3	1	7.593	2.397	0.176	2.446	UYGUN	255850	391268
2	2	2	1	7.625	2.406	0.176	2.455	UYGUN	255850	396746
1	2	1	1	8.089	2.538	0.176	2.590	UYGUN	218400	428108
1	2	3	1	8.101	2.541	0.176	2.593	UYGUN	218400	431134
1	2	2	1	8.133	2.551	0.176	2.603	UYGUN	218400	439438
3	2	1	2	7.299	2.317	0.176	2.365	UYGUN	328650	446955
3	2	3	2	7.311	2.320	0.176	2.368	UYGUN	328650	448951
3	2	2	2	7.343	2.329	0.176	2.377	UYGUN	328650	454376
2	2	1	2	7.679	2.421	0.176	2.470	UYGUN	291200	462546
2	2	3	2	7.691	2.424	0.176	2.474	UYGUN	291200	465069
2	2	2	2	7.723	2.433	0.176	2.483	UYGUN	291200	471951
1	2	1	2	8.187	2.567	0.176	2.619	UYGUN	253750	527804
1	2	3	2	8.199	2.570	0.176	2.623	UYGUN	253750	531810
1	2	2	2	8.231	2.580	0.176	2.633	UYGUN	253750	542823

Çift Dingil Köşe Yükleme (-25°C) ($\sigma_k=3,27$ MPa) (C30)										
h_1	E_1	L	h_2	Tahmin (S/N)	Gerilme (MPa)	GA	Toplam (MPa)	Kontrol	Maliyet	(YTL/MPa)
2	3	1	1	7.893	2.481	0.176	2.532	UYGUN	264250	358093
3	3	1	1	7.513	2.375	0.176	2.424	UYGUN	303800	358964
2	3	3	1	7.905	2.485	0.176	2.536	UYGUN	264250	359799
3	3	3	1	7.525	2.378	0.176	2.427	UYGUN	303800	360391
3	3	2	1	7.557	2.387	0.176	2.436	UYGUN	303800	364262
2	3	2	1	7.937	2.494	0.176	2.545	UYGUN	264250	364443
1	3	1	1	8.401	2.631	0.176	2.685	UYGUN	224700	383819
1	3	3	1	8.413	2.634	0.176	2.688	UYGUN	224700	386268
1	3	2	1	8.445	2.644	0.176	2.698	UYGUN	224700	392971
3	3	1	2	7.611	2.402	0.176	2.451	UYGUN	339150	414191
3	3	3	2	7.623	2.405	0.176	2.455	UYGUN	339150	415913
3	3	2	2	7.655	2.414	0.176	2.464	UYGUN	339150	420585
2	3	1	2	7.991	2.509	0.176	2.561	UYGUN	299600	422443
2	3	3	2	8.003	2.513	0.176	2.564	UYGUN	299600	424563
2	3	2	2	8.035	2.522	0.176	2.574	UYGUN	299600	430335
1	3	1	2	8.499	2.660	0.176	2.715	UYGUN	260050	468583
1	3	3	2	8.511	2.664	0.176	2.719	UYGUN	260050	471773
1	3	2	2	8.543	2.674	0.176	2.729	UYGUN	260050	480521

Çift Dingil Kenar Yükleme (-25°C) ($\sigma_k=2,75$ MPa) (C20)										
h_1	E_1	L	h_2	Tahmin (S/N)	Gerilme (MPa)	GA	Toplam (MPa)	Kontrol	Maliyet	(YTL/MPa)
3	1	1	1	6.507	2.115	0.229	2.172	UYGUN	288050	498012
3	1	2	1	6.563	2.129	0.229	2.186	UYGUN	288050	510407
3	1	3	1	6.591	2.136	0.229	2.193	UYGUN	288050	516870
2	1	1	1	7.090	2.262	0.229	2.322	UYGUN	251650	588465
3	1	1	2	6.643	2.149	0.229	2.206	UYGUN	323400	594343
2	1	2	1	7.146	2.277	0.229	2.337	UYGUN	251650	609887
3	1	2	2	6.699	2.162	0.229	2.220	UYGUN	323400	610347
3	1	3	2	6.727	2.169	0.229	2.227	UYGUN	323400	618717
2	1	3	1	7.174	2.284	0.229	2.345	UYGUN	251650	621250
1	1	1	1	7.467	2.362	0.229	2.425	UYGUN	215250	663084
1	1	2	1	7.523	2.378	0.229	2.441	UYGUN	215250	696755
1	1	3	1	7.551	2.385	0.229	2.449	UYGUN	215250	714997
2	1	1	2	7.226	2.298	0.229	2.359	UYGUN	287000	734035
2	1	2	2	7.282	2.313	0.229	2.374	UYGUN	287000	763844
2	1	3	2	7.310	2.320	0.229	2.382	UYGUN	287000	779753
1	1	1	2	7.603	2.400	0.229	2.464	UYGUN	250600	875168
1	1	2	2	7.659	2.415	0.229	2.480	UYGUN	250600	926741
1	1	3	2	7.687	2.423	0.229	2.488	UYGUN	250600	955016

Çift Dingil Kenar Yükleme (-25°C) ($\sigma_k=3,10$ MPa) (C25)										
h_1	E_1	L	h_2	Tahmin (S/N)	Gerilme (MPa)	GA	Toplam (MPa)	Kontrol	Maliyet	(YTL/MPa)
3	2	1	1	6.874	2.206	0.229	2.265	UYGUN	293300	351393
3	2	2	1	6.930	2.221	0.229	2.280	UYGUN	293300	357672
3	2	3	1	6.958	2.228	0.229	2.287	UYGUN	293300	360912
2	2	1	1	7.457	2.360	0.229	2.423	UYGUN	255850	377688
1	2	1	1	7.834	2.464	0.229	2.530	UYGUN	218400	383194
2	2	2	1	7.513	2.375	0.229	2.438	UYGUN	255850	386632
2	2	3	1	7.541	2.383	0.229	2.446	UYGUN	255850	391287
1	2	2	1	7.890	2.480	0.229	2.546	UYGUN	218400	394522
1	2	3	1	7.918	2.488	0.229	2.555	UYGUN	218400	400470
3	2	1	2	7.010	2.241	0.229	2.301	UYGUN	328650	411363
3	2	2	2	7.066	2.256	0.229	2.316	UYGUN	328650	419172
3	2	3	2	7.094	2.263	0.229	2.323	UYGUN	328650	423208
2	2	1	2	7.593	2.397	0.229	2.461	UYGUN	291200	455584
2	2	2	2	7.649	2.412	0.229	2.477	UYGUN	291200	467218
2	2	3	2	7.677	2.420	0.229	2.485	UYGUN	291200	473291
1	2	1	2	7.970	2.503	0.229	2.570	UYGUN	253750	478756
1	2	2	2	8.026	2.519	0.229	2.587	UYGUN	253750	494257
1	2	3	2	8.054	2.528	0.229	2.595	UYGUN	253750	502431

Çift Dingil Kenar Yükleme (-25°C) ($\sigma_k=3,27$ MPa) (C30)										
h_1	E_1	L	h_2	Tahmin (S/N)	Gerilme (MPa)	GA	Toplam (MPa)	Kontrol	Maliyet	(YTL/MPa)
3	3	1	1	7.375	2.337	0.229	2.400	UYGUN	303800	349126
3	3	2	1	7.431	2.353	0.229	2.415	UYGUN	303800	355467
3	3	3	1	7.459	2.360	0.229	2.423	UYGUN	303800	358740
2	3	1	1	7.958	2.500	0.229	2.566	UYGUN	264250	375586
1	3	1	1	8.335	2.611	0.229	2.680	UYGUN	224700	381027
2	3	2	1	8.014	2.516	0.229	2.583	UYGUN	264250	384662
2	3	3	1	8.042	2.524	0.229	2.591	UYGUN	264250	389389
1	3	2	1	8.391	2.628	0.229	2.698	UYGUN	224700	392567
1	3	3	1	8.419	2.636	0.229	2.706	UYGUN	224700	398634
3	3	1	2	7.511	2.374	0.229	2.438	UYGUN	339150	407484
3	3	2	2	7.567	2.390	0.229	2.453	UYGUN	339150	415353
3	3	3	2	7.595	2.397	0.229	2.461	UYGUN	339150	419422
2	3	1	2	8.094	2.539	0.229	2.607	UYGUN	299600	451840
2	3	2	2	8.150	2.556	0.229	2.624	UYGUN	299600	463630
2	3	3	2	8.178	2.564	0.229	2.632	UYGUN	299600	469789
1	3	1	2	8.471	2.652	0.229	2.723	UYGUN	260050	475042
1	3	2	2	8.527	2.669	0.229	2.740	UYGUN	260050	490832
1	3	3	2	8.555	2.678	0.229	2.749	UYGUN	260050	499167

Çift Dingil Orta Yükleme (-25°C) ($\sigma_k=2,75$ MPa) (C20)										
h_1	E_1	L	h_2	Tahmin (S/N)	Gerilme (MPa)	GA	Toplam (MPa)	Kontrol	Maliyet	(YTL/MPa)
3	1	1	1	6.218	2.046	0.550	2.180	UYGUN	288050	504994
3	1	3	1	6.366	2.081	0.550	2.217	UYGUN	288050	540486
3	1	2	1	6.411	2.092	0.550	2.229	UYGUN	288050	552422
2	1	1	1	6.873	2.206	0.550	2.350	UYGUN	251650	629621
3	1	1	2	6.500	2.113	0.550	2.252	UYGUN	323400	648774
2	1	3	1	7.021	2.244	0.550	2.391	UYGUN	251650	700401
3	1	3	2	6.648	2.150	0.550	2.290	UYGUN	323400	703371
3	1	2	2	6.693	2.161	0.550	2.302	UYGUN	323400	722053
1	1	1	1	7.245	2.303	0.550	2.453	UYGUN	215250	725142
2	1	2	1	7.066	2.256	0.550	2.403	UYGUN	251650	725475
1	1	3	1	7.393	2.342	0.550	2.495	UYGUN	215250	845176
1	1	2	1	7.438	2.355	0.550	2.508	UYGUN	215250	890495
2	1	1	2	7.155	2.279	0.550	2.428	UYGUN	287000	890955
2	1	3	2	7.303	2.318	0.550	2.470	UYGUN	287000	1023528
2	1	2	2	7.348	2.330	0.550	2.482	UYGUN	287000	1072596
1	1	1	2	7.527	2.379	0.550	2.534	UYGUN	250600	1160797
1	1	3	2	7.675	2.420	0.550	2.578	UYGUN	250600	1454127
1	1	2	2	7.720	2.432	0.550	2.591	UYGUN	250600	1576616

Çift Dingil Orta Yükleme (-25°C) ($\sigma_k=3,10$ MPa) (C25)										
h_1	E_1	L	h_2	Tahmin (S/N)	Gerilme (MPa)	GA	Toplam (MPa)	Kontrol	Maliyet	(YTL/MPa)
3	2	1	1	6.627	2.145	0.550	2.285	UYGUN	293300	359738
3	2	3	1	6.775	2.181	0.550	2.324	UYGUN	293300	377938
3	2	2	1	6.820	2.193	0.550	2.336	UYGUN	293300	383909
2	2	1	1	7.282	2.313	0.550	2.464	UYGUN	255850	402048
1	2	1	1	7.654	2.414	0.550	2.571	UYGUN	218400	413197
2	2	3	1	7.430	2.352	0.550	2.506	UYGUN	255850	430703
2	2	2	1	7.475	2.365	0.550	2.519	UYGUN	255850	440352
3	2	1	2	6.909	2.215	0.550	2.360	UYGUN	328650	444168
1	2	3	1	7.802	2.455	0.550	2.616	UYGUN	218400	450894
1	2	2	1	7.847	2.468	0.550	2.629	UYGUN	218400	463906
3	2	3	2	7.057	2.253	0.550	2.401	UYGUN	328650	469926
3	2	2	2	7.102	2.265	0.550	2.413	UYGUN	328650	478457
2	2	1	2	7.564	2.389	0.550	2.545	UYGUN	291200	524620
2	2	3	2	7.712	2.430	0.550	2.589	UYGUN	291200	569491
1	2	1	2	7.936	2.493	0.550	2.656	UYGUN	253750	571888
2	2	2	2	7.757	2.443	0.550	2.602	UYGUN	291200	584871
1	2	3	2	8.084	2.536	0.550	2.702	UYGUN	253750	637471
1	2	2	2	8.129	2.549	0.550	2.716	UYGUN	253750	660768

Çift Dingil Orta Yükleme (-25°C) ($\sigma_k=3,27$ MPa) (C30)										
h_1	E_1	L	h_2	Tahmin (S/N)	Gerilme (MPa)	GA	Toplam (MPa)	Kontrol	Maliyet	(YTL/MPa)
3	3	1	1	7.090	2.262	0.550	2.410	UYGUN	303800	353163
3	3	3	1	7.238	2.301	0.550	2.451	UYGUN	303800	371024
3	3	2	1	7.283	2.313	0.550	2.464	UYGUN	303800	376884
2	3	1	1	7.745	2.439	0.550	2.599	UYGUN	264250	393534
1	3	1	1	8.117	2.546	0.550	2.712	UYGUN	224700	402852
2	3	3	1	7.893	2.481	0.550	2.643	UYGUN	264250	421570
2	3	2	1	7.938	2.494	0.550	2.657	UYGUN	264250	431010
3	3	1	2	7.372	2.337	0.550	2.489	UYGUN	339150	434414
1	3	3	1	8.265	2.590	0.550	2.759	UYGUN	224700	439586
1	3	2	1	8.310	2.603	0.550	2.773	UYGUN	224700	452265
3	3	3	2	7.520	2.377	0.550	2.532	UYGUN	339150	459598
3	3	2	2	7.565	2.389	0.550	2.545	UYGUN	339150	467938
2	3	1	2	8.027	2.520	0.550	2.684	UYGUN	299600	511498
2	3	3	2	8.175	2.563	0.550	2.730	UYGUN	299600	555225
1	3	1	2	8.399	2.630	0.550	2.802	UYGUN	260050	555341
2	3	2	2	8.220	2.576	0.550	2.745	UYGUN	299600	570212
1	3	3	2	8.547	2.675	0.550	2.850	UYGUN	260050	618985
1	3	2	2	8.592	2.689	0.550	2.865	UYGUN	260050	641592

Üç Dingil Köşe Yükleme (-15°C) ($\sigma_k=2,75$ MPa) (C20)										
h_1	E_1	L	h_2	Tahmin (S/N)	Gerilme (MPa)	GA	Toplam (MPa)	Kontrol	Maliyet	(YTL/MPa)
1	1	1	1	3.986	1.582	0.177	1.615	UYGUN	215250	189628
1	1	2	1	3.997	1.584	0.177	1.617	UYGUN	215250	189971
1	1	3	1	4.107	1.605	0.177	1.638	UYGUN	215250	193490
2	1	1	1	3.262	1.456	0.177	1.486	UYGUN	251650	199048
2	1	2	1	3.273	1.458	0.177	1.488	UYGUN	251650	199345
2	1	3	1	3.383	1.476	0.177	1.507	UYGUN	251650	202385
3	1	1	1	2.718	1.367	0.177	1.396	UYGUN	288050	212667
3	1	2	1	2.729	1.369	0.177	1.397	UYGUN	288050	212945
3	1	3	1	2.839	1.387	0.177	1.415	UYGUN	288050	215786
1	1	1	2	4.007	1.586	0.177	1.619	UYGUN	250600	221533
1	1	2	2	4.018	1.588	0.177	1.621	UYGUN	250600	221936
1	1	3	2	4.128	1.608	0.177	1.642	UYGUN	250600	226072
2	1	1	2	3.283	1.459	0.177	1.489	UYGUN	287000	227657
2	1	2	2	3.294	1.461	0.177	1.491	UYGUN	287000	227998
2	1	3	2	3.404	1.480	0.177	1.510	UYGUN	287000	231493
3	1	1	2	2.739	1.371	0.177	1.399	UYGUN	323400	239363
3	1	2	2	2.750	1.372	0.177	1.401	UYGUN	323400	239678
3	1	3	2	2.860	1.390	0.177	1.419	UYGUN	323400	242891

Üç Dingil Köşe Yüklemesi (-15°C) ($\sigma_k=3,10$ MPa) (C25)										
h_1	E_1	L	h_2	Tahmin (S/N)	Gerilme (MPa)	GA	Toplam (MPa)	Kontrol	Maliyet	(YTL/MPa)
1	2	1	1	4.422	1.664	0.177	1.698	UYGUN	218400	155779
1	2	2	1	4.433	1.666	0.177	1.700	UYGUN	218400	156019
1	2	3	1	4.543	1.687	0.177	1.722	UYGUN	218400	158472
2	2	1	1	3.698	1.531	0.177	1.562	UYGUN	255850	166376
2	2	2	1	3.709	1.533	0.177	1.564	UYGUN	255850	166590
2	2	3	1	3.819	1.552	0.177	1.584	UYGUN	255850	168781
3	2	1	1	3.154	1.438	0.177	1.467	UYGUN	293300	179649
3	2	2	1	3.165	1.440	0.177	1.469	UYGUN	293300	179854
1	2	1	2	4.443	1.668	0.177	1.702	UYGUN	253750	181526
1	2	2	2	4.454	1.670	0.177	1.704	UYGUN	253750	181806
3	2	3	1	3.275	1.458	0.177	1.488	UYGUN	293300	181943
1	2	3	2	4.564	1.691	0.177	1.726	UYGUN	253750	184680
2	2	1	2	3.719	1.534	0.177	1.566	UYGUN	291200	189830
2	2	2	2	3.730	1.536	0.177	1.568	UYGUN	291200	190076
2	2	3	2	3.840	1.556	0.177	1.588	UYGUN	291200	192588
3	2	1	2	3.175	1.441	0.177	1.471	UYGUN	328650	201741
3	2	2	2	3.186	1.443	0.177	1.473	UYGUN	328650	201972
3	2	3	2	3.296	1.462	0.177	1.492	UYGUN	328650	204329

Üç Dingil Köşe Yüklemesi (-15°C) ($\sigma_k=3,27$ MPa) (C30)										
h_1	E_1	L	h_2	Tahmin (S/N)	Gerilme (MPa)	GA	Toplam (MPa)	Kontrol	Maliyet	(YTL/MPa)
1	3	1	1	4.676	1.713	0.177	1.748	UYGUN	224700	147674
1	3	2	1	4.687	1.715	0.177	1.751	UYGUN	224700	147889
1	3	3	1	4.797	1.737	0.177	1.773	UYGUN	224700	150093
2	3	1	1	3.952	1.576	0.177	1.609	UYGUN	264250	159050
2	3	2	1	3.963	1.578	0.177	1.611	UYGUN	264250	159246
2	3	3	1	4.073	1.598	0.177	1.631	UYGUN	264250	161240
1	3	1	2	4.697	1.717	0.177	1.753	UYGUN	260050	171383
1	3	2	2	4.708	1.719	0.177	1.755	UYGUN	260050	171634
3	3	1	1	3.408	1.480	0.177	1.511	UYGUN	303800	172704
3	3	2	1	3.419	1.482	0.177	1.513	UYGUN	303800	172892
1	3	3	2	4.818	1.741	0.177	1.777	UYGUN	260050	174205
3	3	3	1	3.529	1.501	0.177	1.532	UYGUN	303800	174810
2	3	1	2	3.973	1.580	0.177	1.612	UYGUN	299600	180751
2	3	2	2	3.984	1.582	0.177	1.615	UYGUN	299600	180974
2	3	3	2	4.094	1.602	0.177	1.635	UYGUN	299600	183252
3	3	1	2	3.429	1.484	0.177	1.515	UYGUN	339150	193201
3	3	2	2	3.440	1.486	0.177	1.516	UYGUN	339150	193413
3	3	3	2	3.550	1.505	0.177	1.536	UYGUN	339150	195568

Üç Dingil Kenar Yüklemesi (-15°C) ($\sigma_k=2,75$ MPa) (C20)										
h_1	E_1	L	h_2	Tahmin (S/N)	Gerilme (MPa)	GA	Toplam (MPa)	Kontrol	Maliyet	(YTL/MPa)
1	1	2	1	3.725	1.536	0.227	1.576	UYGUN	215250	183364
1	1	3	1	3.824	1.553	0.227	1.594	UYGUN	215250	186230
1	1	1	1	3.868	1.561	0.227	1.602	UYGUN	215250	187544
2	1	2	1	2.975	1.408	0.227	1.446	UYGUN	251650	192942
2	1	3	1	3.074	1.425	0.227	1.462	UYGUN	251650	195426
2	1	1	1	3.118	1.432	0.227	1.470	UYGUN	251650	196559
3	1	2	1	2.562	1.343	0.227	1.379	UYGUN	288050	210040
3	1	3	1	2.661	1.358	0.227	1.394	UYGUN	288050	212488
3	1	1	1	2.705	1.365	0.227	1.401	UYGUN	288050	213604
1	1	2	2	3.736	1.537	0.227	1.578	UYGUN	250600	213842
1	1	3	2	3.835	1.555	0.227	1.596	UYGUN	250600	217194
1	1	1	2	3.879	1.563	0.227	1.604	UYGUN	250600	218731
2	1	2	2	2.986	1.410	0.227	1.448	UYGUN	287000	220355
2	1	3	2	3.085	1.426	0.227	1.464	UYGUN	287000	223199
2	1	1	2	3.129	1.434	0.227	1.472	UYGUN	287000	224497
3	1	2	2	2.573	1.345	0.227	1.380	UYGUN	323400	236117
3	1	3	2	2.672	1.360	0.227	1.396	UYGUN	323400	238876
3	1	1	2	2.716	1.367	0.227	1.403	UYGUN	323400	240134

Üç Dingil Kenar Yüklemesi (-15°C) ($\sigma_k=3,10$ MPa) (C25)										
h_1	E_1	L	h_2	Tahmin (S/N)	Gerilme (MPa)	GA	Toplam (MPa)	Kontrol	Maliyet	(YTL/MPa)
1	2	2	1	4.180	1.618	0.227	1.661	UYGUN	218400	151758
1	2	3	1	4.279	1.637	0.227	1.680	UYGUN	218400	153793
1	2	1	1	4.323	1.645	0.227	1.688	UYGUN	218400	154722
2	2	2	1	3.430	1.484	0.227	1.523	UYGUN	255850	162287
2	2	3	1	3.529	1.501	0.227	1.541	UYGUN	255850	164105
2	2	1	1	3.573	1.509	0.227	1.549	UYGUN	255850	164933
1	2	2	2	4.191	1.620	0.227	1.663	UYGUN	253750	176580
3	2	2	1	3.017	1.415	0.227	1.453	UYGUN	293300	178052
1	2	3	2	4.290	1.639	0.227	1.682	UYGUN	253750	178954
3	2	3	1	3.116	1.432	0.227	1.469	UYGUN	293300	179871
1	2	1	2	4.334	1.647	0.227	1.691	UYGUN	253750	180039
3	2	1	1	3.160	1.439	0.227	1.477	UYGUN	293300	180698
2	2	2	2	3.441	1.486	0.227	1.525	UYGUN	291200	184937
2	2	3	2	3.540	1.503	0.227	1.543	UYGUN	291200	187013
2	2	1	2	3.584	1.511	0.227	1.551	UYGUN	291200	187959
3	2	2	2	3.028	1.417	0.227	1.455	UYGUN	328650	199735
3	2	3	2	3.127	1.433	0.227	1.471	UYGUN	328650	201780
3	2	1	2	3.171	1.441	0.227	1.479	UYGUN	328650	202710

Üç Dingil Kenar Yüklemesi (-15°C) ($\sigma_k=3,27$ MPa) (C30)										
h_1	E_1	L	h_2	Tahmin (S/N)	Gerilme (MPa)	GA	Toplam (MPa)	Kontrol	Maliyet	(YTL/MPa)
1	3	2	1	4.460	1.671	0.227	1.715	UYGUN	224700	144528
1	3	3	1	4.559	1.690	0.227	1.735	UYGUN	224700	146379
1	3	1	1	4.603	1.699	0.227	1.744	UYGUN	224700	147224
2	3	2	1	3.710	1.533	0.227	1.573	UYGUN	264250	155752
2	3	3	1	3.809	1.550	0.227	1.591	UYGUN	264250	157425
2	3	1	1	3.853	1.558	0.227	1.600	UYGUN	264250	158187
1	3	2	2	4.471	1.673	0.227	1.717	UYGUN	260050	167499
1	3	3	2	4.570	1.692	0.227	1.737	UYGUN	260050	169651
1	3	1	2	4.614	1.701	0.227	1.746	UYGUN	260050	170633
3	3	2	1	3.297	1.462	0.227	1.500	UYGUN	303800	171670
3	3	3	1	3.396	1.478	0.227	1.518	UYGUN	303800	173355
3	3	1	1	3.440	1.486	0.227	1.525	UYGUN	303800	174121
2	3	2	2	3.721	1.535	0.227	1.575	UYGUN	299600	176795
2	3	3	2	3.820	1.552	0.227	1.593	UYGUN	299600	178699
2	3	1	2	3.864	1.560	0.227	1.602	UYGUN	299600	179566
3	3	2	2	3.308	1.464	0.227	1.502	UYGUN	339150	191852
3	3	3	2	3.407	1.480	0.227	1.519	UYGUN	339150	193739
3	3	1	2	3.451	1.488	0.227	1.527	UYGUN	339150	194597

Üç Dingil Orta Yüklemesi (-15°C) ($\sigma_k=2,75$ MPa) (C20)										
h_1	E_1	L	h_2	Tahmin (S/N)	Gerilme (MPa)	GA	Toplam (MPa)	Kontrol	Maliyet	(YTL/MPa)
1	1	2	1	3.340	1.469	0.291	1.519	UYGUN	215250	174859
1	1	1	1	3.385	1.477	0.291	1.527	UYGUN	215250	175987
1	1	3	1	3.509	1.498	0.291	1.549	UYGUN	215250	179204
2	1	2	1	2.880	1.393	0.291	1.441	UYGUN	251650	192196
2	1	1	1	2.925	1.400	0.291	1.448	UYGUN	251650	193301
2	1	3	1	3.049	1.421	0.291	1.469	UYGUN	251650	196443
1	1	2	2	3.464	1.490	0.291	1.541	UYGUN	250600	207253
1	1	1	2	3.509	1.498	0.291	1.549	UYGUN	250600	208634
3	1	2	1	2.567	1.344	0.291	1.390	UYGUN	288050	211750
1	1	3	2	3.633	1.519	0.291	1.571	UYGUN	250600	212576
3	1	1	1	2.612	1.351	0.291	1.397	UYGUN	288050	212879
3	1	3	1	2.736	1.370	0.291	1.417	UYGUN	288050	216087
2	1	2	2	3.004	1.413	0.291	1.461	UYGUN	287000	222718
2	1	1	2	3.049	1.421	0.291	1.469	UYGUN	287000	224037
2	1	3	2	3.173	1.441	0.291	1.490	UYGUN	287000	227793
3	1	2	2	2.691	1.363	0.291	1.410	UYGUN	323400	241280
3	1	1	2	2.736	1.370	0.291	1.417	UYGUN	323400	242605
3	1	3	2	2.860	1.390	0.291	1.437	UYGUN	323400	246371

Üç Dingil Orta Yükleme (-15°C) ($\sigma_k=3,10$ MPa) (C25)										
h_1	E_1	L	h_2	Tahmin (S/N)	Gerilme (MPa)	GA	Toplam (MPa)	Kontrol	Maliyet	(YTL/MPa)
1	2	2	1	3.794	1.548	0.291	1.601	UYGUN	218400	145650
1	2	1	1	3.839	1.556	0.291	1.609	UYGUN	218400	146463
1	2	3	1	3.963	1.578	0.291	1.632	UYGUN	218400	148770
2	2	2	1	3.334	1.468	0.291	1.518	UYGUN	255850	161722
2	2	1	1	3.379	1.476	0.291	1.526	UYGUN	255850	162532
2	2	3	1	3.503	1.497	0.291	1.548	UYGUN	255850	164829
1	2	2	2	3.918	1.570	0.291	1.624	UYGUN	253750	171863
1	2	1	2	3.963	1.578	0.291	1.632	UYGUN	253750	172850
1	2	3	2	4.087	1.601	0.291	1.655	UYGUN	253750	175658
3	2	2	1	3.021	1.416	0.291	1.464	UYGUN	293300	179305
3	2	1	1	3.066	1.423	0.291	1.472	UYGUN	293300	180142
3	2	3	1	3.190	1.444	0.291	1.493	UYGUN	293300	182514
2	2	2	2	3.458	1.489	0.291	1.540	UYGUN	291200	186641
2	2	1	2	3.503	1.497	0.291	1.548	UYGUN	291200	187603
2	2	3	2	3.627	1.518	0.291	1.570	UYGUN	291200	190332
3	2	2	2	3.145	1.436	0.291	1.485	UYGUN	328650	203535
3	2	1	2	3.190	1.444	0.291	1.493	UYGUN	328650	204512
3	2	3	2	3.314	1.465	0.291	1.514	UYGUN	328650	207281

Üç Dingil Orta Yükleme (-15°C) ($\sigma_k=3,27$ MPa) (C30)										
h_1	E_1	L	h_2	Tahmin (S/N)	Gerilme (MPa)	GA	Toplam (MPa)	Kontrol	Maliyet	(YTL/MPa)
1	3	2	1	4.041	1.592	0.291	1.647	UYGUN	224700	138421
1	3	1	1	4.086	1.601	0.291	1.655	UYGUN	224700	139154
1	3	3	1	4.210	1.624	0.291	1.679	UYGUN	224700	141235
2	3	2	1	3.581	1.510	0.291	1.562	UYGUN	264250	154690
2	3	1	1	3.626	1.518	0.291	1.570	UYGUN	264250	155428
2	3	3	1	3.750	1.540	0.291	1.592	UYGUN	264250	157520
1	3	2	2	4.165	1.615	0.291	1.670	UYGUN	260050	162568
1	3	1	2	4.210	1.624	0.291	1.679	UYGUN	260050	163455
1	3	3	2	4.334	1.647	0.291	1.703	UYGUN	260050	165973
3	3	2	1	3.268	1.457	0.291	1.506	UYGUN	303800	172268
3	3	1	1	3.313	1.464	0.291	1.514	UYGUN	303800	173036
3	3	3	1	3.437	1.485	0.291	1.536	UYGUN	303800	175209
2	3	2	2	3.705	1.532	0.291	1.584	UYGUN	299600	177720
2	3	1	2	3.750	1.540	0.291	1.592	UYGUN	299600	178592
2	3	3	2	3.874	1.562	0.291	1.615	UYGUN	299600	181063
3	3	2	2	3.392	1.478	0.291	1.528	UYGUN	339150	194705
3	3	1	2	3.437	1.485	0.291	1.536	UYGUN	339150	195596
3	3	3	2	3.561	1.507	0.291	1.558	UYGUN	339150	198120

Üç Dingil Köşe Yüklemesi (15°C) ($\sigma_k=2,75$ MPa) (C20)										
h_1	E_1	L	h_2	Tahmin (S/N)	Gerilme (MPa)	GA	Toplam (MPa)	Kontrol	Maliyet	(YTL/MPa)
3	1	1	1	4.975	1.773	0.312	1.838	UYGUN	288050	315838
1	1	1	1	6.100	2.018	0.312	2.092	UYGUN	215250	327198
3	1	2	1	5.134	1.806	0.312	1.872	UYGUN	288050	328051
3	1	3	1	5.174	1.814	0.312	1.881	UYGUN	288050	331311
1	1	2	1	6.259	2.056	0.312	2.131	UYGUN	215250	347621
1	1	3	1	6.299	2.065	0.312	2.141	UYGUN	215250	353232
3	1	1	2	5.051	1.789	0.312	1.854	UYGUN	323400	360991
3	1	2	2	5.210	1.822	0.312	1.888	UYGUN	323400	375343
3	1	3	2	5.250	1.830	0.312	1.897	UYGUN	323400	379178
1	1	1	2	6.176	2.036	0.312	2.111	UYGUN	250600	391885
2	1	1	1	6.291	2.063	0.312	2.139	UYGUN	251650	411634
1	1	2	2	6.335	2.074	0.312	2.150	UYGUN	250600	417331
1	1	3	2	6.375	2.083	0.312	2.159	UYGUN	250600	424342
2	1	2	1	6.450	2.101	0.312	2.178	UYGUN	251650	440075
2	1	3	1	6.490	2.111	0.312	2.188	UYGUN	251650	447951
2	1	1	2	6.367	2.081	0.312	2.157	UYGUN	287000	484348
2	1	2	2	6.526	2.120	0.312	2.197	UYGUN	287000	519277
2	1	3	2	6.566	2.130	0.312	2.207	UYGUN	287000	528984

Üç Dingil Köşe Yüklemesi (15°C) ($\sigma_k=3,10$ MPa) (C25)										
h_1	E_1	L	h_2	Tahmin (S/N)	Gerilme (MPa)	GA	Toplam (MPa)	Kontrol	Maliyet	(YTL/MPa)
1	2	1	1	6.374	2.083	0.312	2.159	UYGUN	218400	232141
1	2	2	1	6.533	2.122	0.312	2.199	UYGUN	218400	242419
3	2	1	1	5.249	1.830	0.312	1.897	UYGUN	293300	243784
1	2	3	1	6.573	2.131	0.312	2.209	UYGUN	218400	245181
3	2	2	1	5.408	1.864	0.312	1.932	UYGUN	293300	251098
3	2	3	1	5.448	1.872	0.312	1.941	UYGUN	293300	253029
1	2	1	2	6.450	2.101	0.312	2.178	UYGUN	253750	275267
3	2	1	2	5.325	1.846	0.312	1.914	UYGUN	328650	277004
3	2	2	2	5.484	1.880	0.312	1.949	UYGUN	328650	285511
2	2	1	1	6.565	2.129	0.312	2.207	UYGUN	255850	286569
3	2	3	2	5.524	1.889	0.312	1.958	UYGUN	328650	287760
1	2	2	2	6.609	2.140	0.312	2.218	UYGUN	253750	287831
1	2	3	2	6.649	2.150	0.312	2.229	UYGUN	253750	291213
2	2	2	1	6.724	2.169	0.312	2.248	UYGUN	255850	300284
2	2	3	1	6.764	2.179	0.312	2.258	UYGUN	255850	303986
2	2	1	2	6.641	2.148	0.312	2.227	UYGUN	291200	333407
2	2	2	2	6.800	2.188	0.312	2.268	UYGUN	291200	349886
2	2	3	2	6.840	2.198	0.312	2.278	UYGUN	291200	354342

Üç Dingil Köşe Yüklemesi (15°C) ($\sigma_k=3,27$ MPa) (C30)										
h_1	E_1	L	h_2	Tahmin (S/N)	Gerilme (MPa)	GA	Toplam (MPa)	Kontrol	Maliyet	(YTL/MPa)
1	3	1	1	6.854	2.201	0.312	2.282	UYGUN	224700	227399
1	3	2	1	7.013	2.242	0.312	2.324	UYGUN	224700	237533
3	3	1	1	5.729	1.934	0.312	2.005	UYGUN	303800	240094
1	3	3	1	7.053	2.252	0.312	2.335	UYGUN	224700	240257
3	3	2	1	5.888	1.970	0.312	2.042	UYGUN	303800	247333
3	3	3	1	5.928	1.979	0.312	2.051	UYGUN	303800	249245
1	3	1	2	6.930	2.221	0.312	2.302	UYGUN	260050	268626
3	3	1	2	5.805	1.951	0.312	2.022	UYGUN	339150	271815
3	3	2	2	5.964	1.987	0.312	2.060	UYGUN	339150	280206
1	3	2	2	7.089	2.262	0.312	2.344	UYGUN	260050	280968
2	3	1	1	7.045	2.250	0.312	2.333	UYGUN	264250	281898
3	3	3	2	6.004	1.996	0.312	2.069	UYGUN	339150	282424
1	3	3	2	7.129	2.272	0.312	2.355	UYGUN	260050	284292
2	3	2	1	7.204	2.292	0.312	2.376	UYGUN	264250	295481
2	3	3	1	7.244	2.303	0.312	2.387	UYGUN	264250	299150
2	3	1	2	7.121	2.270	0.312	2.353	UYGUN	299600	326754
2	3	2	2	7.280	2.312	0.312	2.397	UYGUN	299600	343017
2	3	3	2	7.320	2.323	0.312	2.408	UYGUN	299600	347417

Üç Dingil Kenar Yüklemesi (15°C) ($\sigma_k=2,75$ MPa) (C20)										
h_1	E_1	L	h_2	Tahmin (S/N)	Gerilme (MPa)	GA	Toplam (MPa)	Kontrol	Maliyet	(YTL/MPa)
3	1	1	1	5.387	1.859	0.162	1.894	UYGUN	288050	336596
3	1	3	1	5.392	1.860	0.162	1.895	UYGUN	288050	337026
3	1	2	1	5.435	1.870	0.162	1.905	UYGUN	288050	340776
1	1	1	1	6.375	2.083	0.162	2.122	UYGUN	215250	342986
1	1	3	1	6.380	2.084	0.162	2.124	UYGUN	215250	343656
1	1	2	1	6.423	2.095	0.162	2.134	UYGUN	215250	349537
3	1	1	2	5.290	1.839	0.162	1.873	UYGUN	323400	368838
3	1	3	2	5.295	1.840	0.162	1.874	UYGUN	323400	369292
3	1	2	2	5.338	1.849	0.162	1.884	UYGUN	323400	373256
1	1	1	2	6.278	2.060	0.162	2.099	UYGUN	250600	384860
1	1	3	2	6.283	2.061	0.162	2.100	UYGUN	250600	385575
2	1	1	1	6.297	2.065	0.162	2.103	UYGUN	251650	389220
2	1	3	1	6.302	2.066	0.162	2.105	UYGUN	251650	389950
1	1	2	2	6.326	2.072	0.162	2.110	UYGUN	250600	391859
2	1	2	1	6.345	2.076	0.162	2.115	UYGUN	251650	396365
2	1	1	2	6.200	2.042	0.162	2.080	UYGUN	287000	428416
2	1	3	2	6.205	2.043	0.162	2.081	UYGUN	287000	429183
2	1	2	2	6.248	2.053	0.162	2.092	UYGUN	287000	435916

Üç Dingil Kenar Yükleme (15°C) ($\sigma_k=3,10$ MPa) (C25)										
h_1	E_1	L	h_2	Tahmin (S/N)	Gerilme (MPa)	GA	Toplam (MPa)	Kontrol	Maliyet	(YTL/MPa)
1	2	1	1	6.816	2.192	0.162	2.233	UYGUN	218400	251893
1	2	3	1	6.821	2.193	0.162	2.234	UYGUN	218400	252267
1	2	2	1	6.864	2.204	0.162	2.245	UYGUN	218400	255540
3	2	1	1	5.828	1.956	0.162	1.993	UYGUN	293300	264923
3	2	3	1	5.833	1.957	0.162	1.994	UYGUN	293300	265198
3	2	2	1	5.876	1.967	0.162	2.004	UYGUN	293300	267592
1	2	1	2	6.719	2.167	0.162	2.208	UYGUN	253750	284527
1	2	3	2	6.724	2.169	0.162	2.209	UYGUN	253750	284933
2	2	1	1	6.738	2.172	0.162	2.213	UYGUN	255850	288445
1	2	2	2	6.767	2.179	0.162	2.220	UYGUN	253750	288485
2	2	3	1	6.743	2.173	0.162	2.214	UYGUN	255850	288860
3	2	1	2	5.731	1.934	0.162	1.971	UYGUN	328650	291035
3	2	3	2	5.736	1.936	0.162	1.972	UYGUN	328650	291327
2	2	2	1	6.786	2.184	0.162	2.225	UYGUN	255850	292489
3	2	2	2	5.779	1.945	0.162	1.982	UYGUN	328650	293877
2	2	1	2	6.641	2.148	0.162	2.188	UYGUN	291200	319448
2	2	3	2	6.646	2.149	0.162	2.190	UYGUN	291200	319890
2	2	2	2	6.689	2.160	0.162	2.201	UYGUN	291200	323755

Üç Dingil Kenar Yükleme (15°C) ($\sigma_k=3,27$ MPa) (C30)										
h_1	E_1	L	h_2	Tahmin (S/N)	Gerilme (MPa)	GA	Toplam (MPa)	Kontrol	Maliyet	(YTL/MPa)
1	3	1	1	7.061	2.254	0.162	2.297	UYGUN	224700	230899
1	3	3	1	7.066	2.256	0.162	2.298	UYGUN	224700	231213
1	3	2	1	7.109	2.267	0.162	2.310	UYGUN	224700	233959
3	3	1	1	6.073	2.012	0.162	2.050	UYGUN	303800	248995
3	3	3	1	6.078	2.013	0.162	2.051	UYGUN	303800	249237
3	3	2	1	6.121	2.023	0.162	2.061	UYGUN	303800	251335
1	3	1	2	6.964	2.229	0.162	2.271	UYGUN	260050	260399
1	3	3	2	6.969	2.231	0.162	2.273	UYGUN	260050	260740
1	3	2	2	7.012	2.242	0.162	2.284	UYGUN	260050	263723
2	3	1	1	6.983	2.234	0.162	2.276	UYGUN	264250	265929
2	3	3	1	6.988	2.236	0.162	2.278	UYGUN	264250	266280
2	3	2	1	7.031	2.247	0.162	2.289	UYGUN	264250	269348
3	3	1	2	5.976	1.990	0.162	2.027	UYGUN	339150	272877
3	3	3	2	5.981	1.991	0.162	2.028	UYGUN	339150	273134
3	3	2	2	6.024	2.001	0.162	2.038	UYGUN	339150	275366
2	3	1	2	6.886	2.210	0.162	2.251	UYGUN	299600	294024
2	3	3	2	6.891	2.211	0.162	2.252	UYGUN	299600	294398
2	3	2	2	6.934	2.222	0.162	2.264	UYGUN	299600	297668

Üç Dingil Orta Yükleme (15°C) ($\sigma_k=2,75$ MPa) (C20)										
h_1	E_1	L	h_2	Tahmin (S/N)	Gerilme (MPa)	GA	Toplam (MPa)	Kontrol	Maliyet	(YTL/MPa)
1	1	1	1	5.847	1.960	0.194	2.005	UYGUN	215250	288824
3	1	1	1	4.702	1.718	0.194	1.757	UYGUN	288050	290123
2	1	1	1	5.454	1.874	0.194	1.916	UYGUN	251650	301758
3	1	3	1	5.054	1.789	0.194	1.830	UYGUN	288050	313035
3	1	2	1	5.137	1.807	0.194	1.847	UYGUN	288050	319128
3	1	1	2	4.608	1.700	0.194	1.738	UYGUN	323400	319638
1	1	3	1	6.199	2.042	0.194	2.088	UYGUN	215250	324979
1	1	1	2	5.753	1.939	0.194	1.983	UYGUN	250600	326795
2	1	3	1	5.806	1.951	0.194	1.995	UYGUN	251650	333442
1	1	2	1	6.282	2.061	0.194	2.108	UYGUN	215250	335120
2	1	1	2	5.360	1.854	0.194	1.895	UYGUN	287000	335841
2	1	2	1	5.889	1.970	0.194	2.014	UYGUN	251650	342127
3	1	3	2	4.960	1.770	0.194	1.810	UYGUN	323400	344087
3	1	2	2	5.043	1.787	0.194	1.827	UYGUN	323400	350569
1	1	3	2	6.105	2.020	0.194	2.065	UYGUN	250600	365934
2	1	3	2	5.712	1.930	0.194	1.974	UYGUN	287000	369759
1	1	2	2	6.188	2.039	0.194	2.085	UYGUN	250600	376846
2	1	2	2	5.795	1.949	0.194	1.993	UYGUN	287000	379013

Üç Dingil Orta Yükleme (15°C) ($\sigma_k=3,10$ MPa) (C25)										
h_1	E_1	L	h_2	Tahmin (S/N)	Gerilme (MPa)	GA	Toplam (MPa)	Kontrol	Maliyet	(YTL/MPa)
1	2	1	1	6.104	2.019	0.194	2.065	UYGUN	218400	211002
2	2	1	1	5.711	1.930	0.194	1.974	UYGUN	255850	227138
3	2	1	1	4.959	1.770	0.194	1.810	UYGUN	293300	227349
1	2	3	1	6.456	2.103	0.194	2.150	UYGUN	218400	229977
1	2	2	1	6.539	2.123	0.194	2.171	UYGUN	218400	235088
1	2	1	2	6.010	1.998	0.194	2.043	UYGUN	253750	240001
3	2	3	1	5.311	1.843	0.194	1.885	UYGUN	293300	241353
2	2	3	1	6.063	2.010	0.194	2.055	UYGUN	255850	244883
3	2	2	1	5.394	1.861	0.194	1.903	UYGUN	293300	245001
2	2	2	1	6.146	2.029	0.194	2.075	UYGUN	255850	249597
3	2	1	2	4.865	1.751	0.194	1.790	UYGUN	328650	250960
2	2	1	2	5.617	1.909	0.194	1.952	UYGUN	291200	253736
1	2	3	2	6.362	2.080	0.194	2.127	UYGUN	253750	260844
3	2	3	2	5.217	1.823	0.194	1.864	UYGUN	328650	266001
1	2	2	2	6.445	2.100	0.194	2.148	UYGUN	253750	266438
3	2	2	2	5.300	1.841	0.194	1.882	UYGUN	328650	269912
2	2	3	2	5.969	1.988	0.194	2.033	UYGUN	291200	272939
2	2	2	2	6.052	2.007	0.194	2.053	UYGUN	291200	278026

Üç Dingil Orta Yükleme (15°C) ($\sigma_k=3,27$ MPa) (C30)										
h_1	E_1	L	h_2	Tahmin (S/N)	Gerilme (MPa)	GA	Toplam (MPa)	Kontrol	Maliyet	(YTL/MPa)
1	3	1	1	6.377	2.084	0.194	2.131	UYGUN	224700	197256
1	3	3	1	6.729	2.170	0.194	2.219	UYGUN	224700	213796
2	3	1	1	5.984	1.992	0.194	2.037	UYGUN	264250	214247
3	3	1	1	5.232	1.826	0.194	1.868	UYGUN	303800	216644
1	3	2	1	6.812	2.191	0.194	2.240	UYGUN	224700	218220
1	3	1	2	6.283	2.061	0.194	2.108	UYGUN	260050	223783
3	3	3	1	5.584	1.902	0.194	1.945	UYGUN	303800	229274
2	3	3	1	6.336	2.074	0.194	2.121	UYGUN	264250	229950
3	3	2	1	5.667	1.920	0.194	1.964	UYGUN	303800	232551
2	3	2	1	6.419	2.094	0.194	2.141	UYGUN	264250	234098
3	3	1	2	5.138	1.807	0.194	1.848	UYGUN	339150	238435
2	3	1	2	5.890	1.970	0.194	2.015	UYGUN	299600	238665
1	3	3	2	6.635	2.147	0.194	2.195	UYGUN	260050	241933
1	3	2	2	6.718	2.167	0.194	2.216	UYGUN	260050	246772
3	3	3	2	5.490	1.881	0.194	1.924	UYGUN	339150	251971
3	3	2	2	5.573	1.900	0.194	1.942	UYGUN	339150	255477
2	3	3	2	6.242	2.052	0.194	2.098	UYGUN	299600	255633
2	3	2	2	6.325	2.071	0.194	2.118	UYGUN	299600	260104

Üç Dingil Köşe Yükleme (25°C) ($\sigma_k=2,75$ MPa) (C20)										
h_1	E_1	L	h_2	Tahmin (S/N)	Gerilme (MPa)	GA	Toplam (MPa)	Kontrol	Maliyet	(YTL/MPa)
3	1	3	1	7.017	2.243	0.333	2.331	UYGUN	288050	687181
3	1	2	1	7.138	2.275	0.333	2.364	UYGUN	288050	745318
3	1	3	2	7.005	2.240	0.333	2.328	UYGUN	323400	765636
3	1	1	1	7.245	2.303	0.333	2.393	UYGUN	288050	806449
3	1	2	2	7.126	2.271	0.333	2.360	UYGUN	323400	829779
3	1	1	2	7.233	2.300	0.333	2.390	UYGUN	323400	897120
2	1	3	1	8.234	2.580	0.333	2.681	UYGUN	251650	3667650
2	1	3	2	8.222	2.577	0.333	2.678	UYGUN	287000	3968730
2	1	2	1	8.355	2.617	0.333	2.719	UYGUN	251650	8118109
2	1	2	2	8.343	2.613	0.333	2.715	UYGUN	287000	8258412
2	1	1	2	8.450	2.645	0.333	2.749	UYGUN	287000	261647537
2	1	1	1	8.462	2.649	0.333	2.753	UYGUN DEĞİL	251650	-93083760
1	1	3	2	10.978	3.539	0.333	3.678	UYGUN DEĞİL	250600	-270172
1	1	3	1	10.990	3.544	0.333	3.683	UYGUN DEĞİL	215250	-230796
1	1	2	2	11.099	3.589	0.333	3.729	UYGUN DEĞİL	250600	-255937
1	1	2	1	11.111	3.594	0.333	3.734	UYGUN DEĞİL	215250	-218683
1	1	1	2	11.206	3.633	0.333	3.775	UYGUN DEĞİL	250600	-244400
1	1	1	1	11.218	3.638	0.333	3.781	UYGUN DEĞİL	215250	-208861

Üç Dingil Köşe Yüklemesi (25°C) ($\sigma_k=3,10$ MPa) (C25)										
h_1	E_1	L	h_2	Tahmin (S/N)	Gerilme (MPa)	GA	Toplam (MPa)	Kontrol	Maliyet	(YTL/MPa)
3	2	3	1	7.259	2.306	0.333	2.397	UYGUN	293300	417020
3	2	2	1	7.380	2.339	0.333	2.430	UYGUN	293300	437956
3	2	1	1	7.487	2.368	0.333	2.460	UYGUN	293300	458583
3	2	3	2	7.247	2.303	0.333	2.393	UYGUN	328650	465093
3	2	2	2	7.368	2.336	0.333	2.427	UYGUN	328650	488294
3	2	1	2	7.475	2.365	0.333	2.457	UYGUN	328650	511139
2	2	3	1	8.476	2.653	0.333	2.757	UYGUN	255850	746231
2	2	3	2	8.464	2.650	0.333	2.753	UYGUN	291200	840010
2	2	2	1	8.597	2.691	0.333	2.796	UYGUN	255850	841118
2	2	2	2	8.585	2.687	0.333	2.792	UYGUN	291200	945337
2	2	1	1	8.704	2.724	0.333	2.830	UYGUN	255850	949265
2	2	1	2	8.692	2.720	0.333	2.827	UYGUN	291200	1064981
1	2	3	2	11.220	3.639	0.333	3.781	UYGUN DEĞİL	253750	-372363
1	2	3	1	11.232	3.644	0.333	3.787	UYGUN DEĞİL	218400	-318049
1	2	2	2	11.341	3.690	0.333	3.835	UYGUN DEĞİL	253750	-345470
1	2	2	1	11.353	3.695	0.333	3.840	UYGUN DEĞİL	218400	-295212
1	2	1	2	11.448	3.736	0.333	3.882	UYGUN DEĞİL	253750	-324474
1	2	1	1	11.460	3.741	0.333	3.887	UYGUN DEĞİL	218400	-277368

Üç Dingil Köşe Yüklemesi (25°C) ($\sigma_k=3,27$ MPa) (C30)										
h_1	E_1	L	h_2	Tahmin (S/N)	Gerilme (MPa)	GA	Toplam (MPa)	Kontrol	Maliyet	(YTL/MPa)
3	3	3	1	7.417	2.349	0.333	2.441	UYGUN	303800	366321
3	3	2	1	7.538	2.382	0.333	2.475	UYGUN	303800	382095
3	3	1	1	7.645	2.411	0.333	2.506	UYGUN	303800	397429
3	3	3	2	7.405	2.346	0.333	2.437	UYGUN	339150	407291
3	3	2	2	7.526	2.378	0.333	2.471	UYGUN	339150	424730
3	3	1	2	7.633	2.408	0.333	2.502	UYGUN	339150	441675
2	3	3	1	8.634	2.702	0.333	2.808	UYGUN	264250	571668
2	3	2	1	8.755	2.740	0.333	2.847	UYGUN	264250	624917
2	3	3	2	8.622	2.698	0.333	2.804	UYGUN	299600	642753
2	3	1	1	8.862	2.774	0.333	2.882	UYGUN	264250	681820
2	3	2	2	8.743	2.736	0.333	2.843	UYGUN	299600	701990
2	3	1	2	8.850	2.770	0.333	2.878	UYGUN	299600	765174
1	3	3	2	11.378	3.706	0.333	3.851	UYGUN DEĞİL	260050	-447687
1	3	3	1	11.390	3.711	0.333	3.856	UYGUN DEĞİL	224700	-383317
1	3	2	2	11.499	3.758	0.333	3.905	UYGUN DEĞİL	260050	-409595
1	3	2	1	11.511	3.763	0.333	3.910	UYGUN DEĞİL	224700	-350932
1	3	1	2	11.606	3.805	0.333	3.953	UYGUN DEĞİL	260050	-380581
1	3	1	1	11.618	3.810	0.333	3.959	UYGUN DEĞİL	224700	-326237

Üç Dingil Kenar Yükleme (25°C) ($\sigma_k=2,75$ MPa) (C20)										
h_1	E_1	L	h_2	Tahmin (S/N)	Gerilme (MPa)	GA	Toplam (MPa)	Kontrol	Maliyet	(YTL/MPa)
3	1	1	1	7.661	2.416	0.610	2.592	UYGUN	288050	1817608
3	1	1	2	7.673	2.419	0.610	2.595	UYGUN	323400	2087870
3	1	3	1	8.583	2.686	0.610	2.882	UYGUN DEĞİL	288050	-2186483
3	1	3	2	8.595	2.690	0.610	2.886	UYGUN DEĞİL	323400	-2382754
3	1	2	1	8.600	2.692	0.610	2.887	UYGUN DEĞİL	288050	-2096633
3	1	2	2	8.612	2.695	0.610	2.891	UYGUN DEĞİL	323400	-2287472
2	1	1	1	9.059	2.838	0.610	3.044	UYGUN DEĞİL	251650	-855741
2	1	1	2	9.071	2.842	0.610	3.048	UYGUN DEĞİL	287000	-962180
2	1	3	1	9.981	3.155	0.610	3.385	UYGUN DEĞİL	251650	-396317
2	1	3	2	9.993	3.160	0.610	3.390	UYGUN DEĞİL	287000	-448682
2	1	2	1	9.998	3.162	0.610	3.392	UYGUN DEĞİL	251650	-392221
2	1	2	2	10.010	3.166	0.610	3.396	UYGUN DEĞİL	287000	-444072
1	1	1	1	10.685	3.422	0.610	3.671	UYGUN DEĞİL	215250	-233776
1	1	1	2	10.697	3.426	0.610	3.676	UYGUN DEĞİL	250600	-270677
1	1	3	1	11.607	3.805	0.610	4.082	UYGUN DEĞİL	215250	-161620
1	1	3	2	11.619	3.810	0.610	4.087	UYGUN DEĞİL	250600	-187368
1	1	2	1	11.624	3.812	0.610	4.090	UYGUN DEĞİL	215250	-160655
1	1	2	2	11.636	3.818	0.610	4.095	UYGUN DEĞİL	250600	-186253

Üç Dingil Kenar Yükleme (25°C) ($\sigma_k=3,10$ MPa) (C25)										
h_1	E_1	L	h_2	Tahmin (S/N)	Gerilme (MPa)	GA	Toplam (MPa)	Kontrol	Maliyet	(YTL/MPa)
3	2	1	1	7.666	2.417	0.610	2.593	UYGUN	293300	578518
3	2	1	2	7.678	2.420	0.610	2.597	UYGUN	328650	652860
3	2	3	1	8.588	2.688	0.610	2.883	UYGUN	293300	1354113
3	2	2	1	8.605	2.693	0.610	2.889	UYGUN	293300	1390374
3	2	3	2	8.600	2.692	0.610	2.887	UYGUN	328650	1545766
3	2	2	2	8.617	2.697	0.610	2.893	UYGUN	328650	1588016
2	2	1	1	9.064	2.839	0.610	3.046	UYGUN	255850	4722682
2	2	1	2	9.076	2.843	0.610	3.050	UYGUN	291200	5828213
2	2	3	1	9.986	3.157	0.610	3.387	UYGUN DEĞİL	255850	-891711
2	2	3	2	9.998	3.162	0.610	3.392	UYGUN DEĞİL	291200	-998619
2	2	2	1	10.003	3.163	0.610	3.394	UYGUN DEĞİL	255850	-871555
2	2	2	2	10.015	3.168	0.610	3.398	UYGUN DEĞİL	291200	-976371
1	2	1	1	10.690	3.424	0.610	3.673	UYGUN DEĞİL	218400	-381242
1	2	1	2	10.702	3.428	0.610	3.678	UYGUN DEĞİL	253750	-439057
1	2	3	1	11.612	3.807	0.610	4.084	UYGUN DEĞİL	218400	-221910
1	2	3	2	11.624	3.812	0.610	4.090	UYGUN DEĞİL	253750	-256358
1	2	2	1	11.629	3.815	0.610	4.092	UYGUN DEĞİL	218400	-220121
1	2	2	2	11.641	3.820	0.610	4.098	UYGUN DEĞİL	253750	-254299

Üç Dingil Kenar Yükleme (25°C) ($\sigma_k=3,27$ MPa) (C30)										
h_1	E_1	L	h_2	Tahmin (S/N)	Gerilme (MPa)	GA	Toplam (MPa)	Kontrol	Maliyet	(YTL/MPa)
3	3	1	1	7.957	2.499	0.610	2.681	UYGUN	303800	516104
3	3	1	2	7.969	2.503	0.610	2.685	UYGUN	339150	579809
3	3	3	1	8.879	2.779	0.610	2.982	UYGUN	303800	1053539
3	3	2	1	8.896	2.785	0.610	2.987	UYGUN	303800	1075322
3	3	3	2	8.891	2.783	0.610	2.986	UYGUN	339150	1193184
3	3	2	2	8.908	2.789	0.610	2.992	UYGUN	339150	1218255
2	3	1	1	9.355	2.936	0.610	3.150	UYGUN	264250	2194712
2	3	1	2	9.367	2.940	0.610	3.154	UYGUN	299600	2581675
2	3	3	1	10.277	3.265	0.610	3.502	UYGUN DEĞİL	264250	-1137473
2	3	3	2	10.289	3.269	0.610	3.507	UYGUN DEĞİL	299600	-1263308
2	3	2	1	10.294	3.271	0.610	3.509	UYGUN DEĞİL	264250	-1104841
2	3	2	2	10.306	3.276	0.610	3.514	UYGUN DEĞİL	299600	-1227737
1	3	1	1	10.981	3.540	0.610	3.798	UYGUN DEĞİL	224700	-425568
1	3	1	2	10.993	3.545	0.610	3.803	UYGUN DEĞİL	260050	-487669
1	3	3	1	11.903	3.937	0.610	4.223	UYGUN DEĞİL	224700	-235700
1	3	3	2	11.915	3.942	0.610	4.229	UYGUN DEĞİL	260050	-271120
1	3	2	1	11.920	3.945	0.610	4.232	UYGUN DEĞİL	224700	-233672
1	3	2	2	11.932	3.950	0.610	4.237	UYGUN DEĞİL	260050	-268798

Üç Dingil Orta Yükleme (25°C) ($\sigma_k=2,75$ MPa) (C20)										
h_1	E_1	L	h_2	Tahmin (S/N)	Gerilme (MPa)	GA	Toplam (MPa)	Kontrol	Maliyet	(YTL/MPa)
3	1	1	1	7.753	2.441	0.459	2.574	UYGUN	288050	1636354
3	1	1	2	7.818	2.460	0.459	2.593	UYGUN	323400	2063852
3	1	3	1	8.200	2.570	0.459	2.710	UYGUN	288050	7183234
3	1	3	2	8.265	2.590	0.459	2.730	UYGUN	323400	16378841
3	1	2	1	8.416	2.635	0.459	2.778	UYGUN DEĞİL	288050	-10238446
3	1	2	2	8.481	2.655	0.459	2.799	UYGUN DEĞİL	323400	-6599727
2	1	1	1	9.127	2.860	0.459	3.015	UYGUN DEĞİL	251650	-949227
2	1	1	2	9.192	2.881	0.459	3.038	UYGUN DEĞİL	287000	-997365
2	1	3	1	9.574	3.011	0.459	3.174	UYGUN DEĞİL	251650	-593041
2	1	3	2	9.639	3.034	0.459	3.198	UYGUN DEĞİL	287000	-640364
2	1	2	1	9.790	3.087	0.459	3.254	UYGUN DEĞİL	251650	-499041
2	1	2	2	9.855	3.110	0.459	3.279	UYGUN DEĞİL	287000	-542829
1	1	1	1	10.266	3.261	0.459	3.438	UYGUN DEĞİL	215250	-313053
1	1	1	2	10.331	3.285	0.459	3.463	UYGUN DEĞİL	250600	-351273
1	1	3	1	10.713	3.433	0.459	3.619	UYGUN DEĞİL	215250	-247664
1	1	3	2	10.778	3.459	0.459	3.646	UYGUN DEĞİL	250600	-279592
1	1	2	1	10.929	3.519	0.459	3.710	UYGUN DEĞİL	215250	-224160
1	1	2	2	10.994	3.546	0.459	3.738	UYGUN DEĞİL	250600	-253613

Üç Dingil Orta Yükleme (25°C) ($\sigma_k=3,10$ MPa) (C25)										
h_1	E_1	L	h_2	Tahmin (S/N)	Gerilme (MPa)	GA	Toplam (MPa)	Kontrol	Maliyet	(YTL/MPa)
3	2	1	1	7.787	2.451	0.459	2.584	UYGUN	293300	568481
3	2	1	2	7.852	2.469	0.459	2.603	UYGUN	328650	661899
3	2	3	1	8.234	2.580	0.459	2.721	UYGUN	293300	772916
3	2	3	2	8.299	2.600	0.459	2.741	UYGUN	328650	915366
3	2	2	1	8.450	2.645	0.459	2.789	UYGUN	293300	943178
3	2	2	2	8.515	2.665	0.459	2.810	UYGUN	328650	1133197
2	2	1	1	9.161	2.871	0.459	3.027	UYGUN	255850	3501716
2	2	1	2	9.226	2.893	0.459	3.050	UYGUN	291200	5786109
2	2	3	1	9.608	3.023	0.459	3.187	UYGUN DEĞİL	255850	-2947978
2	2	3	2	9.673	3.045	0.459	3.211	UYGUN DEĞİL	291200	-2629921
2	2	2	1	9.824	3.099	0.459	3.267	UYGUN DEĞİL	255850	-1531754
2	2	2	2	9.889	3.122	0.459	3.292	UYGUN DEĞİL	291200	-1520064
1	2	1	1	10.300	3.273	0.459	3.451	UYGUN DEĞİL	218400	-622106
1	2	1	2	10.365	3.298	0.459	3.477	UYGUN DEĞİL	253750	-673098
1	2	3	1	10.747	3.446	0.459	3.633	UYGUN DEĞİL	218400	-409513
1	2	3	2	10.812	3.472	0.459	3.661	UYGUN DEĞİL	253750	-452634
1	2	2	1	10.963	3.533	0.459	3.725	UYGUN DEĞİL	218400	-349551
1	2	2	2	11.028	3.560	0.459	3.753	UYGUN DEĞİL	253750	-388722

Üç Dingil Orta Yükleme (25°C) ($\sigma_k=3,27$ MPa) (C30)										
h_1	E_1	L	h_2	Tahmin (S/N)	Gerilme (MPa)	GA	Toplam (MPa)	Kontrol	Maliyet	(YTL/MPa)
3	3	1	1	8.045	2.525	0.459	2.662	UYGUN	303800	499647
3	3	1	2	8.110	2.544	0.459	2.682	UYGUN	339150	576752
3	3	3	1	8.492	2.658	0.459	2.803	UYGUN	303800	649908
3	3	3	2	8.557	2.678	0.459	2.824	UYGUN	339150	759745
3	3	2	1	8.708	2.725	0.459	2.873	UYGUN	303800	765464
3	3	2	2	8.773	2.746	0.459	2.895	UYGUN	339150	903671
2	3	1	1	9.419	2.958	0.459	3.118	UYGUN	264250	1740715
2	3	1	2	9.484	2.980	0.459	3.142	UYGUN	299600	2333639
2	3	3	1	9.866	3.114	0.459	3.283	UYGUN DEĞİL	264250	-20537938
2	3	3	2	9.931	3.137	0.459	3.308	UYGUN DEĞİL	299600	-7983885
2	3	2	1	10.082	3.192	0.459	3.366	UYGUN DEĞİL	264250	-2766204
2	3	2	2	10.147	3.216	0.459	3.391	UYGUN DEĞİL	299600	-2479966
1	3	1	1	10.558	3.372	0.459	3.555	UYGUN DEĞİL	224700	-788113
1	3	1	2	10.623	3.397	0.459	3.582	UYGUN DEĞİL	260050	-833987
1	3	3	1	11.005	3.550	0.459	3.743	UYGUN DEĞİL	224700	-475197
1	3	3	2	11.070	3.577	0.459	3.771	UYGUN DEĞİL	260050	-519092
1	3	2	1	11.221	3.640	0.459	3.837	UYGUN DEĞİL	224700	-396226
1	3	2	2	11.286	3.667	0.459	3.866	UYGUN DEĞİL	260050	-436382

Üç Dingil Kenar Yükleme (-25°C) ($\sigma_k=2,75$ MPa) (C20)										
h_1	E_1	L	h_2	Tahmin (S/N)	Gerilme (MPa)	GA	Toplam (MPa)	Kontrol	Maliyet	(YTL/MPa)
2	1	1	2	6.689	2.160	0.771	2.361	UYGUN	287000	737056
2	1	3	2	6.692	2.161	0.771	2.361	UYGUN	287000	738603
2	1	1	1	6.945	2.225	0.771	2.431	UYGUN	251650	789424
2	1	3	1	6.948	2.225	0.771	2.432	UYGUN	251650	791509
3	1	1	2	6.885	2.209	0.771	2.414	UYGUN	323400	963896
3	1	3	2	6.888	2.210	0.771	2.415	UYGUN	323400	966298
1	1	1	2	7.214	2.295	0.771	2.508	UYGUN	250600	1034236
1	1	3	2	7.217	2.295	0.771	2.509	UYGUN	250600	1037947
3	1	1	1	7.141	2.275	0.771	2.487	UYGUN	288050	1094033
3	1	3	1	7.144	2.276	0.771	2.488	UYGUN	288050	1097614
2	1	2	2	7.257	2.306	0.771	2.520	UYGUN	287000	1248591
1	1	1	1	7.470	2.363	0.771	2.583	UYGUN	215250	1286650
1	1	3	1	7.473	2.364	0.771	2.584	UYGUN	215250	1293548
2	1	2	1	7.513	2.375	0.771	2.596	UYGUN	251650	1629040
3	1	2	2	7.453	2.359	0.771	2.578	UYGUN	323400	1876470
3	1	2	1	7.709	2.429	0.771	2.655	UYGUN	288050	3024376
1	1	2	2	7.782	2.450	0.771	2.677	UYGUN	250600	3440557
1	1	2	1	8.038	2.523	0.771	2.757	UYGUN DEĞİL	215250	-29724460

Üç Dingil Kenar Yükleme (-25°C) ($\sigma_k=3,10$ MPa) (C25)										
h_1	E_1	L	h_2	Tahmin (S/N)	Gerilme (MPa)	GA	Toplam (MPa)	Kontrol	Maliyet	(YTL/MPa)
2	2	1	2	7.174	2.284	0.771	2.496	UYGUN	291200	482258
2	2	3	2	7.177	2.285	0.771	2.497	UYGUN	291200	482948
2	2	1	1	7.430	2.352	0.771	2.571	UYGUN	255850	483501
2	2	3	1	7.433	2.353	0.771	2.572	UYGUN	255850	484314
1	2	1	2	7.699	2.426	0.771	2.652	UYGUN	253750	566030
1	2	3	2	7.702	2.427	0.771	2.653	UYGUN	253750	567189
1	2	1	1	7.955	2.499	0.771	2.731	UYGUN	218400	591901
1	2	3	1	7.958	2.500	0.771	2.732	UYGUN	218400	593419
3	2	1	2	7.370	2.336	0.771	2.553	UYGUN	328650	600978
3	2	3	2	7.373	2.337	0.771	2.554	UYGUN	328650	601948
3	2	1	1	7.626	2.406	0.771	2.630	UYGUN	293300	623392
3	2	3	1	7.629	2.407	0.771	2.630	UYGUN	293300	624598
2	2	2	2	7.742	2.438	0.771	2.665	UYGUN	291200	669214
2	2	2	1	7.998	2.511	0.771	2.745	UYGUN	255850	719839
3	2	2	2	7.938	2.494	0.771	2.726	UYGUN	328650	877991
1	2	2	2	8.267	2.590	0.771	2.831	UYGUN	253750	942964
3	2	2	1	8.194	2.569	0.771	2.807	UYGUN	293300	1001740
1	2	2	1	8.523	2.668	0.771	2.916	UYGUN	218400	1184247

Üç Dingil Kenar Yüklemesi (-25°C) ($\sigma_k=3,27$ MPa) (C30)										
h_1	E_1	L	h_2	Tahmin (S/N)	Gerilme (MPa)	GA	Toplam (MPa)	Kontrol	Maliyet	(YTL/MPa)
2	3	1	2	8.063	2.530	0.771	2.765	UYGUN	299600	593489
2	3	3	2	8.066	2.531	0.771	2.766	UYGUN	299600	594615
2	3	1	1	8.319	2.606	0.771	2.848	UYGUN	264250	626037
2	3	3	1	8.322	2.607	0.771	2.849	UYGUN	264250	627500
3	3	1	2	8.259	2.588	0.771	2.828	UYGUN	339150	767821
3	3	3	2	8.262	2.589	0.771	2.829	UYGUN	339150	769523
1	3	1	2	8.588	2.688	0.771	2.937	UYGUN	260050	782056
1	3	3	2	8.591	2.689	0.771	2.938	UYGUN	260050	784450
3	3	1	1	8.515	2.665	0.771	2.913	UYGUN	303800	850730
3	3	3	1	8.518	2.666	0.771	2.914	UYGUN	303800	853134
1	3	1	1	8.844	2.768	0.771	3.025	UYGUN	224700	918434
1	3	3	1	8.847	2.769	0.771	3.026	UYGUN	224700	922374
2	3	2	2	8.631	2.701	0.771	2.952	UYGUN	299600	942309
2	3	2	1	8.887	2.782	0.771	3.040	UYGUN	264250	1150707
3	3	2	2	8.827	2.763	0.771	3.019	UYGUN	339150	1353508
3	3	2	1	9.083	2.845	0.771	3.110	UYGUN	303800	1895731
1	3	2	2	9.156	2.869	0.771	3.136	UYGUN	260050	1940541
1	3	2	1	9.412	2.955	0.771	3.230	UYGUN	224700	5588702

Üç Dingil Orta Yüklemesi (-25°C) ($\sigma_k=2,75$ MPa) (C20)										
h_1	E_1	L	h_2	Tahmin (S/N)	Gerilme (MPa)	GA	Toplam (MPa)	Kontrol	Maliyet	(YTL/MPa)
3	1	1	1	6.761	2.178	0.126	2.210	UYGUN	288050	533186
3	1	3	1	6.773	2.181	0.126	2.213	UYGUN	288050	536218
3	1	2	1	6.785	2.184	0.126	2.216	UYGUN	288050	539289
2	1	1	1	7.117	2.269	0.126	2.302	UYGUN	251650	561979
2	1	3	1	7.129	2.272	0.126	2.305	UYGUN	251650	566002
2	1	2	1	7.141	2.275	0.126	2.309	UYGUN	251650	570089
1	1	1	1	7.438	2.355	0.126	2.389	UYGUN	215250	596064
1	1	3	1	7.450	2.358	0.126	2.392	UYGUN	215250	601565
1	1	2	1	7.462	2.361	0.126	2.395	UYGUN	215250	607177
3	1	1	2	6.837	2.197	0.126	2.229	UYGUN	323400	620940
3	1	3	2	6.849	2.200	0.126	2.232	UYGUN	323400	624636
3	1	2	2	6.861	2.203	0.126	2.235	UYGUN	323400	628382
2	1	1	2	7.193	2.289	0.126	2.322	UYGUN	287000	671251
2	1	3	2	7.205	2.292	0.126	2.326	UYGUN	287000	676330
2	1	2	2	7.217	2.295	0.126	2.329	UYGUN	287000	681493
1	1	1	2	7.514	2.375	0.126	2.410	UYGUN	250600	736788
1	1	3	2	7.526	2.378	0.126	2.413	UYGUN	250600	744076
1	1	2	2	7.538	2.382	0.126	2.417	UYGUN	250600	751521

Üç Dingil Orta Yükleme (-25°C) ($\sigma_k=3,10$ MPa) (C25)										
h_1	E_1	L	h_2	Tahmin (S/N)	Gerilme (MPa)	GA	Toplam (MPa)	Kontrol	Maliyet	(YTL/MPa)
1	2	1	1	7.894	2.481	0.126	2.518	UYGUN	218400	375029
1	2	3	1	7.906	2.485	0.126	2.521	UYGUN	218400	377284
1	2	2	1	7.918	2.488	0.126	2.525	UYGUN	218400	379569
2	2	1	1	7.573	2.391	0.126	2.426	UYGUN	255850	379768
3	2	1	1	7.217	2.295	0.126	2.329	UYGUN	293300	380349
2	2	3	1	7.585	2.395	0.126	2.430	UYGUN	255850	381669
3	2	3	1	7.229	2.299	0.126	2.332	UYGUN	293300	381944
3	2	2	1	7.241	2.302	0.126	2.335	UYGUN	293300	383554
2	2	2	1	7.597	2.398	0.126	2.433	UYGUN	255850	383591
3	2	1	2	7.293	2.316	0.126	2.349	UYGUN	328650	437810
3	2	3	2	7.305	2.319	0.126	2.353	UYGUN	328650	439713
3	2	2	2	7.317	2.322	0.126	2.356	UYGUN	328650	441635
2	2	1	2	7.649	2.412	0.126	2.448	UYGUN	291200	446368
2	2	3	2	7.661	2.416	0.126	2.451	UYGUN	291200	448695
2	2	2	2	7.673	2.419	0.126	2.454	UYGUN	291200	451050
1	2	1	2	7.970	2.503	0.126	2.540	UYGUN	253750	452940
1	2	3	2	7.982	2.507	0.126	2.543	UYGUN	253750	455796
1	2	2	2	7.994	2.510	0.126	2.547	UYGUN	253750	458693

Üç Dingil Orta Yükleme (-25°C) ($\sigma_k=3,27$ MPa) (C30)										
h_1	E_1	L	h_2	Tahmin (S/N)	Gerilme (MPa)	GA	Toplam (MPa)	Kontrol	Maliyet	(YTL/MPa)
1	3	1	1	8.274	2.592	0.126	2.630	UYGUN	224700	351223
1	3	3	1	8.286	2.596	0.126	2.634	UYGUN	224700	353230
1	3	2	1	8.298	2.600	0.126	2.638	UYGUN	224700	355264
2	3	1	1	7.953	2.498	0.126	2.535	UYGUN	264250	359428
2	3	3	1	7.965	2.502	0.126	2.538	UYGUN	264250	361150
2	3	2	1	7.977	2.505	0.126	2.542	UYGUN	264250	362890
3	3	1	1	7.597	2.398	0.126	2.433	UYGUN	303800	362969
3	3	3	1	7.609	2.401	0.126	2.436	UYGUN	303800	364433
3	3	2	1	7.621	2.405	0.126	2.440	UYGUN	303800	365912
3	3	1	2	7.673	2.419	0.126	2.454	UYGUN	339150	415826
3	3	3	2	7.685	2.422	0.126	2.458	UYGUN	339150	417564
3	3	2	2	7.697	2.426	0.126	2.461	UYGUN	339150	419318
2	3	1	2	8.029	2.520	0.126	2.557	UYGUN	299600	420244
1	3	1	2	8.350	2.615	0.126	2.653	UYGUN	260050	421714
2	3	3	2	8.041	2.524	0.126	2.561	UYGUN	299600	422338
1	3	3	2	8.362	2.619	0.126	2.657	UYGUN	260050	424238
2	3	2	2	8.053	2.527	0.126	2.564	UYGUN	299600	424457
1	3	2	2	8.374	2.622	0.126	2.661	UYGUN	260050	426795

Üç Dingil Orta Yükleme (-25°C) ($\sigma_k=2,75$ MPa) (C20)										
h_1	E_1	L	h_2	Tahmin (S/N)	Gerilme (MPa)	GA	Toplam (MPa)	Kontrol	Maliyet	(YTL/MPa)
3	1	1	1	6.541	2.123	0.178	2.167	UYGUN	288050	494502
3	1	3	1	6.603	2.139	0.178	2.183	UYGUN	288050	508044
3	1	2	1	6.636	2.147	0.178	2.191	UYGUN	288050	515600
2	1	1	1	6.979	2.233	0.178	2.280	UYGUN	251650	534966
2	1	3	1	7.041	2.249	0.178	2.296	UYGUN	251650	554205
2	1	2	1	7.074	2.258	0.178	2.305	UYGUN	251650	565081
1	1	1	1	7.391	2.342	0.178	2.390	UYGUN	215250	598466
3	1	1	2	6.787	2.184	0.178	2.230	UYGUN	323400	621635
1	1	3	1	7.453	2.359	0.178	2.407	UYGUN	215250	628382
3	1	3	2	6.849	2.200	0.178	2.246	UYGUN	323400	641326
1	1	2	1	7.486	2.368	0.178	2.417	UYGUN	215250	645655
3	1	2	2	6.882	2.209	0.178	2.254	UYGUN	323400	652385
2	1	1	2	7.225	2.297	0.178	2.345	UYGUN	287000	708785
2	1	3	2	7.287	2.314	0.178	2.362	UYGUN	287000	739463
2	1	2	2	7.320	2.323	0.178	2.371	UYGUN	287000	756999
1	1	1	2	7.637	2.409	0.178	2.459	UYGUN	250600	861159
1	1	3	2	7.699	2.426	0.178	2.477	UYGUN	250600	916646
1	1	2	2	7.732	2.436	0.178	2.486	UYGUN	250600	949383

Üç Dingil Orta Yükleme (-25°C) ($\sigma_k=3,10$ MPa) (C25)										
h_1	E_1	L	h_2	Tahmin (S/N)	Gerilme (MPa)	GA	Toplam (MPa)	Kontrol	Maliyet	(YTL/MPa)
3	2	1	1	7.075	2.258	0.178	2.305	UYGUN	293300	368899
3	2	3	1	7.137	2.274	0.178	2.321	UYGUN	293300	376722
2	2	1	1	7.513	2.375	0.178	2.424	UYGUN	255850	378556
3	2	2	1	7.170	2.283	0.178	2.330	UYGUN	293300	381047
2	2	3	1	7.575	2.392	0.178	2.442	UYGUN	255850	388539
1	2	1	1	7.925	2.490	0.178	2.542	UYGUN	218400	391326
2	2	2	1	7.608	2.401	0.178	2.451	UYGUN	255850	394101
1	2	3	1	7.987	2.508	0.178	2.560	UYGUN	218400	404524
1	2	2	1	8.020	2.518	0.178	2.570	UYGUN	218400	411960
3	2	1	2	7.321	2.323	0.178	2.371	UYGUN	328650	450912
3	2	3	2	7.383	2.340	0.178	2.388	UYGUN	328650	461671
3	2	2	2	7.416	2.349	0.178	2.397	UYGUN	328650	467643
2	2	1	2	7.759	2.443	0.178	2.494	UYGUN	291200	480353
2	2	3	2	7.821	2.461	0.178	2.512	UYGUN	291200	494938
2	2	2	2	7.854	2.470	0.178	2.521	UYGUN	291200	503113
1	2	1	2	8.171	2.562	0.178	2.615	UYGUN	253750	523107
1	2	3	2	8.233	2.580	0.178	2.634	UYGUN	253750	544118
1	2	2	2	8.266	2.590	0.178	2.644	UYGUN	253750	556072

Üç Dingil Orta Yükleme (-25°C) ($\sigma_k=3,27$ MPa) (C30)											
h₁	E₁	L	h₂	Tahmin (S/N)	Gerilme (MPa)	GA	Toplam (MPa)	Kontrol	Maliyet	(YTL/MPa)	
3	3	1	1	7.480	2.366	0.178	2.415	UYGUN	303800	355300	
2	3	1	1	7.918	2.488	0.178	2.540	UYGUN	264250	361912	
3	3	3	1	7.542	2.383	0.178	2.432	UYGUN	303800	362637	
3	3	2	1	7.575	2.392	0.178	2.442	UYGUN	303800	366690	
1	3	1	1	8.330	2.609	0.178	2.663	UYGUN	224700	370319	
2	3	3	1	7.980	2.506	0.178	2.558	UYGUN	264250	371160	
2	3	2	1	8.013	2.516	0.178	2.568	UYGUN	264250	376307	
1	3	3	1	8.392	2.628	0.178	2.682	UYGUN	224700	382340	
1	3	2	1	8.425	2.638	0.178	2.693	UYGUN	224700	389100	
3	3	1	2	7.726	2.434	0.178	2.484	UYGUN	339150	431666	
3	3	3	2	7.788	2.451	0.178	2.502	UYGUN	339150	441670	
3	3	2	2	7.821	2.461	0.178	2.512	UYGUN	339150	447217	
2	3	1	2	8.164	2.560	0.178	2.613	UYGUN	299600	455881	
2	3	3	2	8.226	2.578	0.178	2.632	UYGUN	299600	469245	
2	3	2	2	8.259	2.588	0.178	2.642	UYGUN	299600	476724	
1	3	1	2	8.576	2.684	0.178	2.740	UYGUN	260050	490412	
1	3	3	2	8.638	2.703	0.178	2.759	UYGUN	260050	509260	
1	3	2	2	8.671	2.714	0.178	2.770	UYGUN	260050	519955	

ÖZGEÇMİŞ

Ankara’da 1974 yılında doğdu. İlk, orta, lise öğrenimini Ankara’da tamamladı. 1993 yılında girdiği Atatürk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü’nden 1997 yılında mezun oldu. Ekim 1999 – Eylül 2002 yılları arasında, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı’nda yüksek lisans öğrenimini tamamladı. Eylül 2002’den beri doktora çalışmasını sürdürmekte ve Atatürk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü’nde 1998 yılından beri Araştırma Görevlisi olarak çalışmaktadır.