"T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

OTOBÜS KAROSERİSİNİN BİLGİSAYAR YARDIMIYLA İNCELENMESİ

DOKTORA TEZİ

Mak. Yük. Müh. Celalettin BAYKARA

Enstitü Anabilim Dalı	**:**	**MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ**
Enstitü Bilim Dalı	**:**	**KAYNAK**
Tez Danışmanı	**:**	**Prof. Dr. Selahaddin ANIK**

Nisan 2005

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

OTOBÜS KAROSERİSİNİN BİLGİSAYAR DESTEĞİ İLE İNCELENMESİ

DOKTORA TEZİ

Mak. Yük. Müh. Celalettin BAYKARA

Enstitü Ana bilim Dalı : MAKİNA MÜH.
Enstitü Bilim Dalı : KAYNAK

Bu tez 22 / 04 / 2005 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği ile kabul edilmiştir.

Prof.Dr.Selahaddin ANIK
Jüri Başkanı

Prof.Dr.Ahmet OĞUR
Üye

Prof.Dr.Adnan DİKİCİOĞLU
Üye

Doc.Dr. Murat VURAL
Üye

Yrd. Doç.Dr.Salim ASLANLAR
Üye

TEŞEKKÜR

Bir otobüs karoserisinde malzeme olarak çelik ve alüminyum alaşım malzemeyi yapıştırma tekniği kullanarak daha hafif bir karoseri elde etmeye çalıştığım bu çalışmada bana yardım ve desteğini esirgemeyen ailem'e, İ.T.Ü ve Sakarya Üniversitesi öğretim üyesi Sayın Prof.Dr. Selahaddin ANIK Bey'e, Sakarya Üniversitesi öğretim üyesi Sayın Ahmet OĞUR Bey'e ve dinamik kavramlarda bilgisini paylaşan Gaziantep Üniversitesi öğretim üyesi Sayın Doç. Dr. H. Rıdvan ÖZ Bey'e ve Catia analizlerinde hiçbir yardımını esirgemeyen MAN Türkiye A.Ş.'den Sayın Oğuz ÜNAL Bey'e içtenlikle teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR ii
İÇİNDEKİLER iii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ vii
ŞEKİLLER LİSTESİ x
TABLOLAR LİSTESİ xiii
GRAFİKLER LİSTESİ xvii
ÖZET xxi
SUMMARY xxii

BÖLÜM 1.
GİRİŞ 1

BÖLÜM 2.
ALUMİNYUM VE ALAŞIMLARINA GİRİŞ 6
2.1. Aluminyum ve Alaşımlarının Diğer Malzemelere Nazaran Temel Avantajları 6
2.2.Alüminyum ve Alaşımlarının Özellikleri 10
2.3. Alüminyum Alaşımlar 13
2.4. 6000 Seri Alşımlarının Özellikleri 14

BÖLÜM 3.
OTOBÜS KAROSERİSİNİN İNCELENMESİ 16
3.1 Karoseri 16
3.2 Kullanılan Profillerin Mukavemet Analizi 17
3.2.1.Ön iskelet iskelet profillerinin mukavemet analizleri 19
3.2.2. Tavan iskelet profillerinin mukavemet 27

3.2.3. Arka iskelet profillerinin mukavemet analizleri..... 37
3.2.4. Sol yan duvar iskelet profillerinin mukavemet analizleri..... 42
3.2.5. Sağ yan duvar iskelet profillerinin mukavemet analizleri..... 54
3.3. St 44-2 Çelik ve 6082 T6 Alüminyum Alaşım Malzemeden Oluşan Karma Yapı..... 66
3.3.1. Ön iskelet grupları..... 66
3.3.2. Tavan iskelet grupları..... 68
3.3.3. Arka iskelet grupları..... 70
3.3.4. Sol yan duvar iskelet grupları..... 72
3.3.5. Sağ yan duvar iskelet grupları..... 76
3.4. St 44-2 Çelik ve 6082 T6 Alüminyum Alaşım Malzemeden Oluşan Konstrüksiyon Gruplarının Grafiklerle Ağırlık Karşılaştırması..... 78
3.4.1 Ön iskelet..... 78
3.4.2. Tavan iskelet..... 79
3.4.3. Arka iskelet..... 80
3.4.4. Sol yan duvar iskeleti..... 81
3.4.5. Sağ yan duvar iskeleti..... 82
3.5. Malzemeye Göre Araç Toplam Ağırlıkları..... 83
3.6. Profillerin Mukavemet Analizleri..... 84
3.6.1. 40x40x2 Çelik ile 40x40x3 Aluminyum alaşım profillerinin mukavemet analizi..... 85
3.6.2. 40x40x3 Çelik ile 40x40x5 Aluminyum alaşım profillerinin mukavemet analizi..... 86
3.6.3. 40x40x4 Çelik ile 40x40x7 Aluminyum alaşım profillerinin mukavemet analizi..... 87
3.6.4. 40x10x2 Çelik ile 40x10x4 Aluminyum alaşım profillerinin mukavemet analizi..... 88
3.6.5. 40x20x2 Çelik ile 40x20x3 Aluminyum alaşım profillerinin mukavemet analizi..... 89
3.6.6. 50x40x2 Çelik ile 50x40x3 Aluminyum alaşım profillerinin mukavemet analizi..... 90
3.6.7. 50x40x3 Çelik ile 50x40x5 Alüminyum alaşım profillerinin mukavemet analizi..... 91

3.6.8. 50x50x3 Çelik ile 50x50x5 Alüminyum alaşım profillerinin mukavemet analizi..... 92
3.6.9. 60x30x3 Çelik ile 60x30x5 Alüminyum alaşım profillerinin mukavemet analizi..... 93
3.6.10. 60x40x3 Çelik ile 60x40x5 Alüminyum alaşım profillerinin mukavemet analizi..... 94
3.7. St 44-2 Çelik 6082 T6 Alüminyum Alaşım ve Karma Yapıdan Oluşan Konstrüksiyon Gruplarının Ağırlık Karşılaştırması..... 95

BÖLÜM 4.
BAĞLANTI ELEMANLARINDA YAPIŞTIRMA İŞLEMİ..... 96
4.1. Elastik Yapıştırmanın Endüstriye Katkıları..... 96
4.2. Elastik Yapıştırma Tekniğinin Özellikleri..... 97
4.3. Yapıştırıcı Mühendisliği Genel Bilgileri..... 97
4.4. Düz Yüzeylerin Birleştirilmesi..... 98
4.5. Ek Yeri Tasarımı..... 101
4.6. Aktivatör ile Kürleşen Yapıştırıcılar..... 102
4.7. Yapıştırılacak Yüzeyler İçin Ön-İşlem..... 103
4.8. Yapıştırılacak Yüzeylerin Yağdan Arındırılması..... 104
4.9. Mekanik Ön-İşlem..... 105
4.10. Islatılabilirlik Testi..... 106
4.11. Yapıstırıcı ile Birleştirmede Tasarım Esasları..... 107

BÖLÜM 5.
SİKAFLEX 254 HAKKINDA BİLGİ VE TEST SONUÇLARI..... 108
5.1. Yapıştırıcı Çeşitleri ve Ürün Bigileri..... 108
5.2. Yapıştırıcı Testleri..... 110
5.2.1 Soyulma (peeling) test bulguları..... 112
5.2.2 Dinamik kesme modulü..... 123
5.2.3 Dinamik yükleme..... 123
5.2.4 Statik yükleme..... 124
5.2.5 Sıcaklık..... 124
5.2.6 Yapıştırma alanının kesme kuvvetine etkisi..... 125

5.2.7 Kürleşme zamanı..... 125
5.2.8 Yapıştırma kalınlığı..... 126
5.2.9 Sürünme testi..... 127

BÖLÜM 6.
YAPIŞTIRMA İŞLEMLERİ VE KAYNAK İŞLEMLERİNİN BİRBİRLERİYLE KARŞILAŞTIRILMASI..... 128
6.1. Konstrüksiyon Gruplarında Kullanılan Alüminyum ve Çelik Profillerin Birbirlerine Birleştirilmesi..... 128
6.2. Çekme Deneyi..... 131
6.3.Yapıştırma Alanının Tespit Edilmesi..... 137
6.4. Kaynak ve Yapıştırma İşlemlerinin Kıyaslanması..... 139
6.5. Alın Kaynağında Kaynak Kesit Alanı ile Yapışma Yüzeyi Alanı Arasındaki Matematiksel İlişki..... 140

BÖLÜM 7.
AĞIRLIK MERKEZLERİNİN İNCELENMESİ..... 142
7.1. Alüminyum Ara Parçalarının Ağırlık Merkezinin Tespit Edilmesi... 143
7.2. Alüminyum Profillerin Ağırlık Merkezinin Tespit Edilmesi..... 143
7.3. Çelik Profillerin Ağırlık Merkezinin Tespit Edilmesi..... 143
7.4. Komple Çelik ve Alüminyum Profil Kullanılan Gövdenin Ağırlık Merkezinin Tespit Edilmesi..... 144
7.5. Alüminyum ve Çelik Profillerden Tasarlanmış Karma Yapının Ağırlık Merkezinin Tespit Edilmesi..... 144

BÖLÜM 8.
ARAÇLARIN DİNAMİK ANALİZLERİ VE KARŞILAŞTIRILMASI..... 146
8.1. Farklı Ağırlıktaki Araçların Karoseri Ağırlıkları..... 146
8.2. Frenleme Gücü..... 147
8.3. Aracın Frenleme Sırasında Araç Ağr. Ön Aks ve Arka Dingile Dağılımı..... 150
8.4. Viraj Alma Kabiliyeti..... 155
8.5. Yük / Kilometre İlişkisi..... 162

BÖLÜM 9.
İSKELET MONTAJ MALİYET ANALİZİ..... 163
9.1. Bütün İskelet Grupları Kapsayan Genel Veriler..... 163
9.1.1. Bir metre SG II kaynak teli maliyeti..... 163
9.1.2. Bir metre MIG Al.Mg. 4.5 Mn kaynak teli maliyeti..... 164
9.1.3. Bir ara parçada kullanılan yapıştırıcı maliyeti..... 165
9.1.4. Alüminyum malzeme fiyatı..... 165
9.1.5. Çelik malzeme fiyatı..... 165
9.2. Ön İskelet Montaj Maliyet Analizi..... 166
9.3. Tavan İskelet Montaj Maliyet Analizi..... 167
9.4. Arka İskelet Montaj Maliyet Analizi..... 168
9.5. Sol Yanduvar İskelet Montaj Öaliyet Analizi..... 169
9.6. Sağ Yanduvar İskelet Montaj Maliyet Analizi..... 170
9.7. Karoseri Maliyet Analizi..... 171

BÖLÜM 10.
SONUÇLAR..... 172

BÖLÜM 11.
TARTIŞMA VE ÖNERİLER..... 190
KAYNAKLAR..... 192
ÖZGEÇMİŞ..... 196

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

A	:Profil kesit alanı
V	:Profil hacmi
M	:Profil ağırlığı
T.M	:Toplam ağırlık
c	:Nötral Eksen
I	:Atalet momenti
E.M	:Eğilme momenti
D	:Yoğunluk
A.G	:Akma gerilimi
F.S	:Emniyet katsayısı
İ.V.G	:İzin verilen gerilim
Ç.G	:Çekme gerilimi
a	:Kaynak yüksekliği
A_k	:Kaynak kesit alanı
σ	:Normal gerilim
F	:Kuvvet
τ	:Kesme kuvveti
L_o	:Uzama miktarı
w	:Paça eni
l	:Parça boyu
μ_k	:Kinetik sürtünme katsayısı
F_n	:Normal kuvvet
F_s	:Sürtünme kuvveti
V	:Hız
T	:Enerji
W	:Araç ağırlığı

U	:Güç
a	:İvme
H	:Araç ağırlık merkezinin yerden yüksekliği
B	:Ön aks'ın ağırlık merkezine uzaklığı
A	:Arka dingil'in ağırlık merkezine uzaklığı
N_B	:Ön aks normal kuvvet
N_A	:Arka dingil normal kuvvet
F_A	:Ön aksta oluşan sürtünme kuvveti
F_B	:Arka dingilde oluşan sürtünme kuvvet

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. Alüminyum'un dünyadaki üretiminin yıllara göre dağılımı..... 6

Şekil 1.2. Geri dönüşmüş alüminyumun yıllara göre dağılımı..... 6

Şekil 2.1. Isının Young's modulune etkisi..... 10

Şekil 2.2. Yansıtma ile dalga boyu arasındaki bağıntı..... 11

Şekil 2.3. Yansıma ile aluminyum saflık oranı arasındaki bağıntı..... 11

Şekil 2.4. 6000 Seri alaşımlara ait isometrik eğriler..... 15

Şekil 3.1. Otobüs karoserisinin genel görünüşü..... 16

Şekil 3.2. Profil kesit alanı..... 17

Şekil 3.3. Profillerin test uygulama şartları 84

Şekil 3.4. 40x40x2 Çelik profilin test sonucu..... 85

Şekil 3.5. 40x40x3 Alüminyu profilin test sonucu..... 85

Şekil 3.6. 40x40x3 Çelik profilin test sonucu..... 86

Şekil 3.7. 40x40x5 Alüminyum profilin test sonucu..... 86

Şekil 3.8. 40x40x4 Çelik profilin test sonucu..... 87

Şekil 3.9. 40x40x7 Alüminyum profilin test sonucu..... 87

Şekil 3.10. 40x10x2 Çelik profilin test sonucu..... 88

Şekil 3.11. 40x10x4 Alüminyum profilin test sonucu..... 88

Şekil 3.12. 40x20x2 Çelik profilin test sonucu..... 89

Şekil 3.13. 40x20x3 Alüminyum profilin test sonucu..... 89

Şekil 3.14. 50x40x2 Çelik profilin test sonucu..... 90

Şekil 3.15. 50x40x3 Alüminyum profilin test sonucu..... 90

Şekil 3.16. 50x40x3 Çelik profilin test sonucu..... 91

Şekil 3.17. 50x40x5 Alüminyum profilin test sonucu..... 91

Şekil 3.18. 50x50x3 Çelik profilin test sonucu..... 92

Şekil 3.19. 50x50x5 Alüminyum profilin test sonucu..... 92

Şekil 3.20. 60x50x3 Çelik profilin test sonucu..... 93

Şekil 3.21. 60x30x5 Alüminyum profilin test sonucu..... 93
Şekil 3.22. 60x40x3 Çelik profilin test sonucu..... 94
Şekil 3.23. 60x40x5 Çelik profilin test sonucu..... 94
Şekil 4.1. Değişik sektörlerde kullanılan yapıştırıcının ömür kıyaslaması... 98
Şekil 4.2. (a) Kaynak, (b) perçin, (c) yapıştırıcı birleştirmelerdeki gerilim dağılımı..... 99
Şekil 4.3. (a) Civata ve (b) yapıştırma birleştirmede optik gerilim Analizleri..... 99
Şekil 4-4. Yapıştırma ek yerindeki kuvvetler..... 101
Şekil 4.5. Aktivatör ve yapıştırıcının beraber uygulanması..... 103
Şekil 4-6. Yapıştırılacak yüzeylerdeki kirler adhezyonu düşürür..... 104
Şekil 4-7. Primer ile temizleyici arasındaki fonksiyon farkı..... 106
Şekil 4-8.Yüzey, "su kopma" testi veya belirli yüzey gerilim sıvıları ile test edilebilir..... 107
Şekil 5.1. Sika 254 ile Sika 252 arasında zaman-dayanım ilişkisi..... 110
Şekil 5.2. Sika 254 yapıştırıcısında kesme modülünün sıcaklık ve frekansa bağlı olarak değişimi..... 123
Şekil 5.3. Sika 252 yapıştırıcısının dinamik zorlamasıyla meydana gelen kesme gerilmesine karşı etkisi..... 123
Şekil 5.4.Sika 252 yapıştırıcısında statik yükaltında değişik periyodlardaki uzama gerilmesi 124
Şekil 5.5. Sika 252 yapışma direncinin sıcaklığa göre etkisi..... 124
Şekil 5.6. Yapıştırma yüzey uzunluğunun kesme kuvvetine etkisi..... 125
Şekil 5.7. Kürleşme zamanının yapışma direncine etkisi..... 125
Şekil 5.8. Yapıştırıcı kalınlığının etkileri..... 126
Şekil 5.9. Sika 252 yapıştırıcısının sürünme eğrileri..... 127
Şekil 6.1. Çift komponentli pompa..... 129
Şekil 6.2. Alüminyum profillerin çelik profillere birleştirilmesi..... 130
Şekil-6.3. Alın kaynağı ile birleştirilmiş iki adet profil..... 131
Şekil 6.4. Çekme deneyi için hazırlanan deney numunesi..... 131
Şekil 6.5. Deney sonrası numune parçalar..... 133
Şekil 6.6.Alın kaynağı birleştirmesi..... 134
Şekil 6.7.Yapıştırma alanının tespit edilmesi..... 137

Şekil 7.1. Üç farklı yapının ağırlık merkezlerinin araç eksenine göre konumları..... 142
Şekil 8.1. Newton II kanunu..... 147
Şekil 8.2. Aracın frenleme mesafesi ve zamanı..... 147
Şekil 8.3. Aracın frenleme sırasında araç ağırlığının ön aks ve arka dingile dağılımı..... 150
Şekil 8.4. Aracın viraj alma kabiliyeti..... 155
Şekil 8.5. Lastiğin fazla yükle kilometre arasındaki ilişki..... 162
Şekil 10.1. Ön iskelet ağırlık karşılaştırması..... 175
Şekil 10.2. Tavan iskelet ağırlık karşılaştırması..... 176
Şekil 10.3. Arka iskelet ağırlık karşılaştırması..... 177
Şekil 10.4. Sol yanduvar iskelet ağırlık karşılaştırması..... 178
Şekil 10.5. Sağ yanduvar iskelet ağırlık karşılaştırması..... 179
Şekil 10.6. Komple karoser iskeleti ağırlık karşılaştırılması..... 180

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 2.1. Alüminyum'un temel fiziksel özellikleri..... 10
Tablo 2.2. 6082 alaşım alüminyum'un mekanik özellikleri..... 12
Tablo 2.3. 6082 alaşım alüminyum'un kimyasal özellikleri..... 12
Tablo 3.2.1.1. Ön iskelet 1. grup için St 44-2 çelik ile 6005 T6 Alüminyum alaşım malzeme arasında mukavemet analizi.... 19
Tablo 3.2.1.2. Ön iskelet 2. grup için St 44-2 çelik ile 6005 T6 Alüminyum alaşım malzeme arasında mukavemet analizi.... 21
Tablo 3.2.1.3. Ön iskelet 3. grup için St 44-2 çelik ile 6005 T6 Alüminyum alaşım malzeme arasında mukavemet analizi.... 23
Tablo 3.2.1.4. Ön iskelet 4. grup için St 44-2 çelik ile 6005 T6 Alüminyum alaşım malzeme arasında mukavemet analizi.... 25
Tablo 3.3.2.1. Tavan 1. grup için St 44-2 çelik ile 6005 T6 Alüminyum alaşım malzeme arasında mukavemet analizi..... 27
Tablo 3.2.2.2. Tavan 2. grup için St 44-2 çelik ile 6005 T6 Alüminyum alaşım malzeme arasında mukavemet analizi..... 29
Tablo 3.2.2.3. Tavan 3. grup için St 44-2 çelik ile 6005 T6 Alüminyum alaşım malzeme arasında mukavemet analizi..... 31
Tablo 3.2.2.4. Tavan 4. grup için St 44-2 çelik ile 6005 T6 Alüminyum alaşım malzeme arasında mukavemet analizi..... 33
Tablo 3.2.2.5. Tavan 5. grup için St 44-2 çelik ile 6005 T6 Alüminyum alaşım malzeme arasında mukavemet analizi..... 35
Tablo 3.2.3.1.A. Arka İskelet 1.A grup İçin St 44-2 çelik malzemelerinin mukavemet analizi..... 37
Tablo 3.2.3.1.B. Arka İskelet 1.B grup için Alüminyum 6082 alaşımının mukavemet analizi..... 38
Tablo 3.2.3.2. Arka iskelet 2. grup için St 44-2 çelik ile 6005 T6 Alüminyum alaşım malzeme arasında mukavemet analizi.... 40

Tablo 3.2.4.1.A. Sol yan duvar iskeleti 1.A grup için St 44-2 çelik malzemelerinin mekanik özellikleri 42
Tablo 3.2.4.1.B. Sol yan duvar iskeleti 1.B grup için alüminyum 6082 T6 Alaşım malzeme arasında mukavemet analizi..... 43
Tablo 3.2.4.2. Sol yan duvar iskeleti 2. grup için St 44-2 çelik ve 6082 Alüminyum malzeme arasında mukavemet analizi..... 45
Tablo 3.3.4.3. Tavan 3. grup için St 44-2 çelik ile 6005 T6 Alüminyum alaşım malzeme arasında mukavemet analizi..... 47
Tablo 3.2.4.4. Tavan 4. grup için St 44-2 çelik ile 6005 T6 Alüminyum alaşım malzemelerinin kıyaslanması..... 49
Tablo 3.2.4.5.A. Sol yan duvar 5A. grup için St 44-2 çelik malzemesinin mukavemet analizi..... 51
Tablo 3.2.4.5.B. Sol yan duvar 5B. grup için 6005 T6 Alüminyum alaşım mukavemet analizi..... 52
Tablo 3.2.5.1.A. Sağ yan duvar iskeleti 1.A grup için St 44-2 çelik malzeme mukavemet analizi..... 54
Tablo 3.2.5.1.B. 6005 T6 Alüminyum alaşım malzeme malzeme mukavemet analizi..... 55
Tablo 3.2.5.2. Sağ yan duvar iskeleti 2.grup için St 44-2 çelik ile 6005 T6 Alüminyum alaşım malzeme arasında mukavemet analizi.... 57
Tablo 3.3.5.3. Sağ yan duvar iskelet 3. grup için St 44-2 çelik ile 6005 T6 Alüminyum alaşım malzeme arasında mukavemet analizi..... 59
Tablo 3.2.5.4. Sağ yan duvar iskeleti 4. grup için St 44-2 çelik ile 6005T6 Alüminyum alaşım malzeme arasında mukavemet analizi.... 61
Tablo 3.2.5.5.A. Sağ yan duvar iskeleti 5. grup için St 44-2 çelik malzeme mukavemet analizi..... 63
Tablo 3.2.5.5.B. Sağ yan duvar 5. grup için 6005 T6 Alüminyum alaşım malzeme mukavemet analizi..... 64
Tablo 3.3.1. Ön iskelet 1. ve 2. grup içinSt 44-2 çelik ile 6005 T6 alüminyum alaşım malzemelerinin mukavemet analizleri..... 66
Tablo 3.3.2. Ön iskelet 2. ve 3. grup içinSt 44-2 çelik ile 6005 T6 alüminyum alaşım malzemelerinin mukavemet analizleri..... 67

Tablo 3.3.3. Tavan iskelet 1,2,3 ve 4. grup içinSt 44-2 çelik ile 6005 T6 alüminyum alaşım malzemelerinin mukavemet analizleri..... 68
Tablo 3.3.4. Tavan iskelet 5. grup içinSt 44-2 çelik ile 6005 T6 alüminyum alaşım malzemelerinin mukavemet analizleri..... 69
Tablo 3.3.5. Arka iskelet 1. grup içinSt 44-2 çelik ile 6005 T6 alüminyum alaşım malzemelerinin mukavemet analizleri..... 70
Tablo 3.3.6. Arka iskelet 2. grup içinSt 44-2 çelik ile 6005 T6 alüminyum alaşım malzemelerinin mukavemet analizleri..... 71
Tablo 3.3.7.1. Sol yan duvar iskelet 1. grup içinSt 44-2 çelik ile 6005 T6 alüminyum alaşım malzemelerinin mukavemet analizleri..... 72
Tablo 3.3.7.2. Sol yan duvar iskelet 2. ve 3. gruplar için St 44-2 çelik ile 6005 T6 alüminyum alaşım malzemelerinin mukavemet analizleri..... 73
Tablo 3.3.7.3. Sol yan duvar iskelet 4. ve 5. gruplar içinSt 44-2 çelik ile 6005 T6 alüminyum alaşım malzemelerinin mukavemet analizleri..... 74
Tablo 3.3.7.4. Sol yan duvar iskelet 6. grup içinSt 44-2 çelik ile 6005 T6 alüminyum alaşım malzemelerinin mukavemet analizleri..... 75
Tablo 3.3.8.1. Sağ yan duvar iskelet 1,2, ve 3. grup içinSt 44-2 çelik ile 6005 T6 alüminyum alaşım malzemelerinin mukavemet analizleri..... 76
Tablo 3.3.8.2. Sağ yan duvar iskelet 4. grup içinSt 44-2 çelik ile 6005 T6 alüminyum alaşım malzemelerinin mukavemet analizleri..... 77
Tablo 3.4. St 44-2 çelik, 6082 T6 alüminyum alaşım ve karma yapıdan oluşan konstrüksiyon gruplarının ağırlık karşılaştırması..... 95
Tablo 5-1. Sikaflex®-254 + Booster ve Sikaflex®-252 yapısal yapıştırıcı teknik özellikleri..... 108
Tablo 5.2. Astarlı tahtalarda yapıştırıcı denemeleri..... 114
Tablo 5.3. Polyester numunesinde yapıştırıcı test sonuçları 117
Tablo 5.4. Toz boyalı alüminyum yan profilde yapıştırıcı test sonuçları... 120
Tablo 5.5. Alüminyum plakalara uygulanan yapıştırıcıların mukavemet testleri..... 122

Tablo 6.1. Kobatek MIG AlMg 4.5 kaynak teli kimyasal kompozisyonu.... 130
Tablo 6.2. Kobatek MIG AlMg 4.5 kaynak teli mukavemet değerleri..... 130
Tablo 6.3. Kaynak metalin test sonucu..... 132
Tablo 6.4. Kaynak ana malzeme test sonucu..... 132
Tablo 6.5. Kaynak kesit alanı ve yapıştırma yüzey alanı arasındaki ilişki... 141
Tablo-7.1. Alüminyum ara parçaların bilgisayar yardımıyla ağırlık merkezinin raporlanması..... 143
Tablo-7.2. Alüminyum ara parçaların bilgisayar yardımıyla ağırlık merkezinin raporlanması..... 143
Tablo-7.3. Çelik bilgisayar yardımıyla ağırlık merkezinin raporlanması..... 143
Tablo-7.4. Çelik veya alüminyum profilden imal edilmiş yapının bilgisayar yardımıyla ağırlık merkezinin raporlanması..... 144
Tablo-7.5. Ağırlık merkezlerinin toplu olarak gösterilmesi..... 145

GRAFİKLER LİSTESİ

Grafik 3.2.1.1. Ön iskelet 1. grup için St 44-2 çelik ile 6005 T6 alüminyum alaşım malzemelerinin eğilme momentleri bakımından birbirleriyle kıyaslanması..... 20
Grafik 3.2.1.2. Ön iskelet 2. grup için St 44-2 çelik ile 6005 T6 alüminyum alaşım malzemelerinin eğilme momentleri bakımından birbirleriyle kıyaslanması..... 22
Grafik 3.2.1.3. Ön iskelet 3. grup için St 44-2 çelik ile 6005 T6 alüminyum alaşım malzemelerinin eğilme momentleri bakımından birbirleriyle kıyaslanması..... 24
Grafik 3.2.1.4. Ön iskelet 4. grup için St 44-2 çelik ile 6005 T6 alüminyum alaşım malzemelerinin eğilme momentleri bakımından birbirleriyle kıyaslanması..... 26
Grafik 3.2.2.1. Ön iskelet 1. grup için St 44-2 çelik ile 6005 T6 alüminyum alaşım malzemelerinin eğilme momentleri bakımından birbirleriyle kıyaslanması..... 28
Grafik 3.2.2.2. Ön iskelet 2. grup için St 44-2 çelik ile 6005 T6 alüminyum alaşım malzemelerinin eğilme momentleri bakımından birbirleriyle kıyaslanması..... 30
Grafik 3.2.2.3. Ön iskelet 3. grup için St 44-2 çelik ile 6005 T6 alüminyum alaşım malzemelerinin eğilme momentleri bakımından birbirleriyle kıyaslanması..... 32
Grafik 3.2.2.4. Ön iskelet 4. grup için St 44-2 çelik ile 6005 T6 alüminyum alaşım malzemelerinin eğilme momentleri bakımından birbirleriyle kıyaslanması..... 34

Grafik 3.2.2.5. Ön iskelet 5. grup için St 44-2 çelik ile 6005 T6 alüminyum alaşım malzemelerinin eğilme momentleri bakımından birbirleriyle kıyaslanması..... 36
Grafik 3.2.3.1. Arka iskelet 1. grup için St 44-2 çelik ile 6005 T6 alüminyum alaşım malzemelerinin eğilme momentleribakımından birbirleriyle kıyaslanması..... 39
Grafik 3.2.3.2. Arka iskelet 2. grup için St 44-2 çelik ile 6005 T6 alüminyum alaşım malzemelerinin eğilme momentleri bakımındanbirbirleriyle kıyaslanması..... 41
Grafik 3.2.4.1: Sol yan duvar iskeleti 1. grup için St 44-2 çelik ile 6005 T6 alüminyum alaşım malzemelerinin eğilme momentleri bakımından birbirleriyle kıyaslanması..... 44
Grafik 3.2.4.2. Sol yan duvar iskeleti 2. grup için St 44-2 çelik ile 6005 T6 alüminyum alaşım malzemelerinin eğilme momentleri bakımından birbirleriyle kıyaslanması..... 46
Grafik 3.2.4.3. Sol yan duvar iskeleti 3. grup için St 44-2 çelik ile 6005 T6 alüminyum alaşım malzemelerinin eğilme momentlerinin birbirleriyle kıyaslanması..... 48
Grafik 3.2.4.4. Sol yan duvar iskeleti 4. grup için St 44-2 çelik ile 6005 T6 alüminyum alaşım malzemelerinin eğilme momentleri bakımından birbirleriyle kıyaslanması..... 50
Grafik 3.2.4.5. Sol yan duvar iskeleti 5. grup için St 44-2 çelik ile 6005 T6 alüminyum alaşım malzemelerinin eğilme momentleri bakımından birbirleriyle kıyaslanması..... 53
Grafik 3.2.5.1. Sağ yan duvar iskeleti 1. grup için St 44-2 çelik ile 6005 T6 alüminyum alaşım malzemelerinin eğilme momentlerinin birbirleriyle kıyaslanması..... 56
Grafik 3.2.5.2. Sağ yan duvar iskeleti 2. grup için St 44-2 çelik ile 6005 T6 alüminyum alaşım malzemelerinin eğilme momentleri bakımından birbirleriyle kıyaslanması..... 58
Grafik 3.2.5.3. Sağ yan duvar iskeleti 3. grup için St 44-2 çelik ile 6005 T6 alüminyum alaşım malzemelerinin eğilme momentlerinin birbirleriyle kıyaslanması..... 60

Grafik 3.2.5.4. Sağ yan duvar 4. grup için St 44-2 çelik ile 6005 T6 alüminyum alaşım malzemelerinin eğilme momentlerinin birbirleriyle kıyaslanması..... 62
Grafik 3.2.5.5. Sağ yan duvar iskeleti 5. grup için St 44-2 çelik ile 6005 T6 alüminyum alaşım malzemelerinin eğilme momentlerinin birbirleriyle kıyaslanması..... 65
Grafik 3.3.6.1. St 44-2 çelik ile 6005 T6 alüminyum alaşım malzemelerle karma imal edilmiş ön iskeletin ağırlık kıyaslanması..... 78
Grafik 3.3.6.2. St 44-2 çelik ile 6005 T6 alüminyum alaşım malzemeler karma imal edilmiş tavan iskeletinin ağırlık karşılaştırması..... 79
Grafik 3.3.6.3. St 44-2 çelik ile 6005 T6 alüminyum alaşım malzemeler komposit olarak imal edilmiş arka iskeletinin ağırlık karşılaştırması..... 80
Grafik 3.3.6.4. St 44-2 çelik ile 6005 T6 alüminyum alaşım malzemeler komposit olarak imal edilmiş sol yan duvar iskeletinin ağırlık karşılaştırması..... 81
Grafik 3.3.6.5.St 44-2 çelik ile 6005 T6 alüminyum alaşım malzemeler komposit olarak imal edilmiş sağ yan duvar iskeletinin ağırlık karşılaştırması..... 82
Grafik 3.3.7. St 44-2 çelik ile 6005 T6 alüminyum alaşım malzemeler komposit olarak imal edilmiş karoserinin ağırlık karşılaştırılması..... 83
Grafik 10.1. Ön iskelet ağırlık yüzdelik karşılaştırması..... 175
Grafik 10.2. Tavan iskelet ağırlık yüzdelik karşılaştırması..... 176
Grafik 10.3. Arka iskelet ağırlık yüzdelik karşılaştırması..... 177
Grafik 10.4. Sol yanduvar iskelet ağırlık yüzdelik karşılaştırması..... 178
Grafik 10.5. Sağ yanduvar iskelet ağırlık yüzdelik karşılaştırması..... 179
Grafik 10.6. Komple karoser iskelet ağırlık yüzdelik karşılaştırması..... 180
Grafik 10.7. Ön iskelet maliyet karşılaştırması..... 185
Grafik 10.8. Tavan iskelet maliyet karşılaştırması..... 186
Grafik 10.9. Arka iskelet maliyet karşılaştırması..... 186
Grafik 10.10. Sol yanduvar iskelet maliyet karşılaştırması..... 187

Grafik 10.11. Sağ yanduvar iskelet maliyet karşılaştırması..... 187
Grafik 10.12. Komple karoser iskelet maliyet karşılaştırması..... 188

ÖZET

Anahtar Kelimeler: Otobüs, karoseri, yapıştırıcı, aluminyum, çelik

Araç üreticileri, çok daha hafif , ekonomik ve bunun yanında müşteriye daha konforlu ve emniyet özellikleri sağlamaya yönelik yeni çalışmalar yapmaktadırlar. Bütün bu özellikleri yerine getirmek için araçlarının ağırlığını azaltmaya eğilim gösterirler. Bu yüzden alüminyum gibi hafif malzemeler kullanımı artmaktadır. Ortaya farklı özelliklerdeki malzeme grupları çıktığı için birleştirme teknikleride yapıştırma, perçin, civata gibi metotlar aynı anda bir tasarım grubunda uygulanmaktadır.

Günümüzde, araçlarda karoser imalatında ve sac kaplama bölgelerinde çeşitli alüminyum alaşımlar, iç döşemelerde tahta ve türleri, dış kaplamalarda polyester gibi hafif malzemeler özellikle yapıştırıcı teknolojisi kullanılarak birleştirilmektedir.

THE INVESTIGATION OF COACH CAROSERY BY AID OF COMPUTER

SUMMARY

Keywords: Coach, carosery; adhesive, aluminium, steel

Lots of vehicle manufacturers develop new investigations in order to getting more lighter, economic; besides more comfortable and safetyy features for customers.
They tend to decrease the weight of their vehicles in order to occuring the whole features, so using of the lighter materials such as alüminum alloy, wooden and polyester and their derivatives increase day by day. In order to collection many different materials group in a part in the same time by the different combining methods such as adhesive, bolt and rivets.

Nowadays, various alüminum alloys were used as manufacturing the spaceframe and carosery and covering plate in different areas of the vehicles, polyester were used on the outside covering, using to combine adhesive method.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Günümüzde hızla gelişen teknolojik ürünler her sektörde olduğu gibi otomotiv endüstrisinde de bu gelişmelerden payını almaktadır. Hedef, araçların ağırlığını, işletim ve imalat masraflarını aşağıya çekmektir.

Aracın ağırlığının indirgenmesi; aracın daha fazla yük taşıması, yakıtın daha az kullanılmasını sağlar. Aracın hafifletilmesini aşağıdaki gibi iki farklı yönden incelenebilir.

1. Malzeme yönünden
2. Birleştirme teknikleri yönünden

Konvensiyonel olarak araç imalatında, temel malzeme olarak çelik sac ve profiller, birleştirme metodu olarak da kaynak işlemi uygulanmaktadır. Bu çelik gövde üzerine özellikle otobüs, kamyon gibi ağır vasıtaların üst yapı grubunda polyester, tahta, kontraplak, kontrolit gibi malzemeler kullanıldığı gibi büyük oranda alüminyum alaşımlı malzemeler de kullanılmaktadır. Yukarıda bahsedilen malzeme grupları da genelde birbirlerine civata, perçin gibi mekanik birleştirme yöntemlerinin yanında kimyasal birleştirme metodu olan yapıştırma işlemi de kullanılır.

Bu çalışmada, alüminyum alaşım ve çelik malzemeyi birbirine yapıştırıcı metodu kullanarak bir otobüs karoserisi tasarlayarak aracın hafifletilmesi ele alınmıştır. Otomobil endüstrisinde, araç gövde imalatında alüminyum alaşımlarının, çelik malzemenin yerini alıp, yapıştırıcı ve diğer mekanik birleştirmelerin kullanılmasıyla gövde ağırlığının toplamı %20 ile % 30 oranında düşürmektedir [1]. Alüminyum alaşımlarının, çelik malzemenin yerini alması için gövdeyi oluşturan çelik malzemeden ekstrüze edilmiş parçaların [2], alüminyum alaşımla yer değiştirmesi, mukavemet ve katılık yönünden birbirine tam olarak denk gelmelidir [1]. Alüminyum oldukça mukavemet ve rijitlik bakımından çelikten daha düşük olmasına rağmen bu problem, kullanılacak alüminyum alaşımlarının profil et kalınlığı, çelik

malzemenin et kalınlığına oranla daha kalın ekstürüze ederek [3] ve uygun yerde uygun seri alüminyum alaşımı kullanılarak bu problemin üstesinden gelmek kolaydır [4]. Alüminyum gövde, geleneksel çelik gövdeye nazaran daha hafif olduğu için bazı araç üreticileri, araç hafifletme işlemini bazı modellerinde yapıştırıcı tekniğini kullanmışlardır, bunlara örnek olarak; Jaguar XJ220 [5], Ford AIV [6], Rover ECV3 [7], Lotus Elise [8], Honda NSX [9], Audi A2 ve A8, Morgans Aero 8 [10,11,12] konsept modellerinde görülmüştür. Bu uygulamanın en başında üretilen araçlarda, kaynak işlemi sırasında oluşan yüksek miktardaki ısıdan dolayı meydana gelen çarpıklık problemi yaşanmamasıdır [16]. Otomobil gövdesinde alüminyum kullanımı araç dizayn ve üretiminde çeşitli terimler oluşturularak literatürlere girmektedir [11,12].

Yapıştırma işlemi, mekanik bağlantı elemanlarına ve nokta kaynağına göre kıyaslama yapılırsa ek yerinin rijitliği bakımından daha üstün olduğu görülür, çünkü civata, perçin gibi mekanik bağlantılar ve nokta kaynağı ek yerinde lokal olarak belli bölgelerde uygulanır, oysa yapıştırma işlemi ek yeri boyunca yapıldığı için gerilim dağılımı daha geniş alanda olur ve sonuçta homojen bir gerilim dağılımı elde edilir [14,15]. Çok iyi bir şekilde konstrüktif olarak tasarlanmış parçaların yapıştırma işlemi uygulanarak çalıştıkları ortamlardaki enerjiyi emer ve ses, titreşim gibi negatif dış etkenleri azaltır [5,16,17]. Yapıştırıcı uygulandığı yerde aynı anda iki görev yerine getirir; Bunlardan birincisi mekanik dayanım sağladığı gibi aynı zamanda nem ve pisliklerin içeri girmesini önleyip, sızdırmazlık da sağlar [16,17]. Kusursuz bir şekilde yapılan bir yapıştırıcı işlemi, gerilim konsantrasyonunu düşürdüğü için yorulma direncini arttırır [5]. Yapıştırma işlemi boydan boya uygulandığından dolayı kesme gerilimlerine yüksek dayanım gösterir [14]. Yapıştırma işlemi, farklı malzemelerin yapıştırma yüzeyinde boşluk kalmayacak şekilde birbirlerine birleştirilebilir, aksi taktirde hava ile birleşerek galvanik korozyona neden olur [16,17]. Yapıştırma işleminde kullanılan ekipman ve işlemler daha düşük maliyetlidir. Bununla birlikte robot otomasyon sisteminde kullanılması da mümkündür [18]. Yüksek performanslı yapıştırıcılar epoksi ve solvent bazlı olanlardır ve çevre korunmasında alınacak önlemler en üst düzeydedir. Kullanılan maddelerin sağlık ve emniyet riski bakımından ve bu maddeler zamanla buharlaşarak çevreye vereceği zararları engellemek için alınacak tedbirler önemli

maliyetlere yol açar, böyle ortamlarda yeterli derecede koruyucu giysi bulundurulmalı ve yangın tehlikesinden uzak bir yerde depolanmalıdır. Alternatif olarak Corobond gibi yapıştırıcılar böyle sorunları aşarlar , fakat yapıştırıcının mekanik özellikleri, özellikle darbe dayanımı azalır [19]. Büyük üretim hacimlerinde yapıştırıcının geniş alanlarda kullanımı nedeniyle stoklandıkları yerlerde raf ömürleri kontrol edilmelidir, aksi takdirde zaman geçtikce viskositelerinin artma gibi problemle karşı karşıya kalınır [18]. Yapıştırıcıyla yapılan birleştirmeler diğer birleştirrme metodlarından farklı olarak doğal olarak soyulma (peeling) problemi gösterir, bu yüzden araç dizaynında bunu göz önünde bulundurmak gerekir [5,14,20]. Pratikte yapıştırılmış bir yapı sık olarak çekme, basma, kesme, yarılma, ve soyulma gibi gerilim kombinasyonlarına dayanmalıdır [14]. Mühendisler genelde yapıştırma işleminde tasarım kraterlerinde değişik pozisyonlarda üst üste bindirme formları tasarlarlar, çünkü kesme ve soyulma gerilimleri birleşim yerinin sonunda meydana gelir [14], bu yüzden birleştirme tasarımlarında gerilim yığılımlarının minimum değerlere çekmek için tasarım kriterlerine göre gerçekleştirilmelidir [17]. McGrath [16] yapıştırmalı bağlantıların karakteristiklerini ve piyasadan tedarik edilebilen ticari yapıştırıcıların temel özelliklerinin sınıflandırılmasını detaylı olarak açıklamıştır. Buna ek olarak Schroeder [5] otomotiv gövde yapısındaki yapıştırmalı bağlantılar için kullanılan bir seri testleri tarif eder. Yapıştırıcı ve diğer mekanik bağlantıların birlikte kullanılması haricten bazı sabitleyici fikstür kullanılmasını engeller, fakat bu mekanik bağlantıların adet ve ağırlık olarak artmasına sebep olur. Mekanik birleştirmeler bağlantı yerlerinde soyulma dayanımını arttırır [8]. Çok daha etkili bir çözüm Elise modelinin Lotus firması tarafından geliştirilmesinde benimsenmiştir, ekstrüze parçalarda bağlantı sağlayan mekanik bağlantı elemanların kullanılmış olup, sonuç olarak da ihtiyaç duyulan parçaların sayısında azalma görülmüştür ve maliyetten ve ağırlıktan indirim sağlanmıştır [8]. Yapıştırma bağlantılarında uygulanan bir başka işlem yapıştırma yüzeylerinde ön hazırlık yapılmasıdır [6,13,21,22,50]. Bu ön hazırlık başarılı bir yapıştırıma için sadece yağlayıcı maddeler ve yağları temizlemekle kalmayıp yapıştırılan malzemelerin çok iyi bir şekilde birbirlerine temas ettirilmesi gerekir, iyi bir temizleme işlemi yapılmadan yapılan yapıştırma işlemi sonucu yapıştırılacak yüzeylerin birbirlerine iyi bir şekilde temas etmeden yapıştırılırsa, yapışma yüzeyleri hava ile temasa geçip oksid tabakasının oluşmasına neden olur [6]. Yüzeylerdeki oksidlerin kimyasal

temizleyicilerle temizlenmesi ve yapıştırma yüzeylerinde pürüzlülük oluşturarak yüzeyde oluşacak yapıştırıcı bağlarının birbirlerine daha iyi bir şekilde bağlanmasını sağlar [21].

Yapışkanlı bağlantılarda üretim sırasında tahribatsız test tekniklerinin güvenirliliği olmadığından, üretim esnasında yapışkan bağ kuvvetlerinin kontrolünün izlenmekteki yetersizliği, yapıştırıcı uygulamalarında daha geniş alanda kullanılması için yapılan ilerlemeleri engellemeye devam eden önemli sorunlardır [2,23,24]. Munns [25] aslında yapıştırıcı tabakasindaki boşlukların, gözeneklerin ve çatlakların tespitini yapabilen tahribatsız muayene metodlarının varlığından bahseder. Yapıştırılacak malzemenin yüzeyi ile yapıştırıcı arasında iyi bir bağ kurulamadığı durumlarda bu tür tekniklerin bu hataları tespit etme özellikleri vardır. Bununla birlikte mevcut tahribatsız muayene metodları zayıf yapıştırıcı mukavemet yapılarını da tespit [24,25]. Bu durumda nem, sıcaklık ve sistemde etkili olan yükleme kuvveti gibi dış etkenler yapışkan bağlarındaki dayanımı azaltır [25]. Bu tip problemlere karşı koyacak yeni tekniklerin geliştirilmektedir. Potensiyel olarak çözümler iki ana katogeride toplanmıştır. Bunlardan birisi dielektrik uygulaması, diğeri ultrasonik işlemlerin uygulanmasıdır [25,26]. Bu potensiyel çözümler ticari olarak güvenli bir kontrol sistemi olarak pazarlanabilir duruma gelmeden önce daha fazla araştırma ve geliştirme yapılmasına gerek vardır [24,25]. Çevre şartlarının etkileri yapıştırma bağlantılarında ekonomik ömrü önemli ölçüde azalttığını göstermiştir, özellikle alüminyum yapıştırma bağlantılarda tuzlu suyun etkisi bağlantı bölgesinde çürümelere neden olduğu tespit edilmiştir [30]. Bu konuda çalışmalar devam ederken aşırı sıcak ortamda çalışabilen yeni yapıştırıcıların geliştirilmesi devam etmektedir [27].

Yapıştırıcıyı, mekanik birleştirmelerle birlikte kullanılması daha güçlü bağlantılar için çözüm oluşturur [23,28]. Böyle bir kombinasyon avantaj sağladığı gibi soyulma gibi problemlerin minimum seviyeye indirilmesinde veya ortadan kaldırılmasını olanak sağlar. Lazer gibi yüksek maliyetli teknolojiler kademe kademe otomotiv endüstrisinin ihtiyaçlarının karşılanması için bir çok yeni uygulamalar başlanmaktadır [29,30].

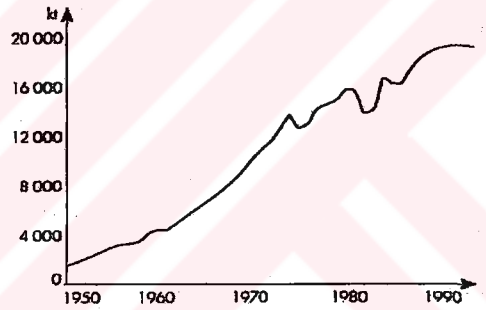
Ön işlem yapılmış ya da yapılmamış bağlantılar yorgunluk dayanım performansı normal hava şartlarında test edilmiştir. Ön işlem yapılmayan bağlantılarda %96 bağıl nem ortamında testte, bu dayanım performansının azaldığı görülmüştür. Ön işlem yapılmış bağlantılarda veya yapılmamış bağlantılardaki %96 bağıl nemdeki yarılma performansındaki farklılıkları , bağlantı hatalarından kaynaklandığı ve ön işlemli yüzey ve yapıştırıcı arasındaki ara yüzeydeki bağlardan ortaya çıktığı düşünülmektedir [10]. Rusforth [10] , nemli ortam şartlarında üst üste tek yüzeyden bindirilmiş ve ön işlem uygulanan yüzeylerde yapıştırmalı bağlantılardaki yorgunluk dayanımını arttırır. Rutubetli ortamlarda, ön işlem yapılan parçaların yapıştırıldıktan sonra uygulanan yorulma kuvvetlerinin etkisi aşağıdaki gibi görülmektedir. Ön işlem uygulanmış parçalara ait ara yüzeyleri yapıştırıcı ile çok iyi bir şekilde yapıştırılmasına rağmen bu bağlantılarda yapışkanlık özelliğinin başarısız olduğu gözlenmiştir. Ön işlem uygulanmamış ara yüzeylerin bağlantılarında ise yüzeylerden doğan problemlerden dolayı yapışma işleminin başarısız olduğu gözlenmiştir. Yüksek yorulma yüklerinin neden olduğu büyük boyuttaki eğilme moment etkilerinde simetrik olarak birbirlerine başında ve sonunda olmak üzere çatlakların meydana geldiği, düşük yorulma kuvvetlerinde ise sadece son tarafta olduğu görülmektedir [10].

Yapıştırıcıların çalıştıkları sıcak ortamlarda çok hassastırlar sıcaklık arttıkça yapıştırma mukavemetleri azalmaktadır [50], yapıştırma kalınlıkları çekme – kesme mukavemetlerine etkileyen önemli faktördür [50].

BÖLÜM 2. ALÜMİYUM VE ALAŞIMLARINA GİRİŞ

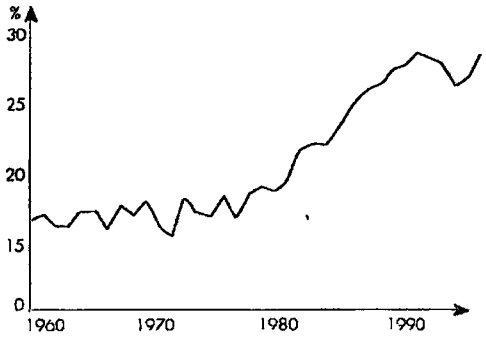
2.1 Alüminyum ve Alaşımlarının Diğer Malzemelere Nazaran Temel Avantajları

Dünyanın yıllık tüketimi 25 milyon ton olan alüminyum, demir kapsamayan malzemelerin en revaçta olanıdır. 1995 yılında alüminyum üretimi 20 milyon ton olup, 1950 yılından itibaren üretimi istikrarlı bir şekilde arttmaktadır (Şekil 1.1) [32].



Şekil 1.1. Alüminyum'un dünyadaki üretiminin yıllara göre dağılımı

Bir başka gerçek ise son yıllarda alüminyumun geri dönüşümlü bir malzeme olarak kullanımı artmaktadır (Şekil 1.2).



Şekil 1.2. Geri dönüşmüş alüminyumun yıllara göre dağılımı

Endüstride, alüminyum döküm, haddelenmiş düz plaka ve ekstrüze edilmiş ürünlerinin ticari araçlarda kullanımı Fransa, Almanya ve İsveç gibi ülkelerde 1930 yıllarından sonra yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır [32].

Ticari araçlar için geliştirilen alüminyum alaşımlar ağırlıktan kaçınmaya yöneliktir. Alüminyum alaşımlar, ağırlıktan başka, ekonomik oluşu, cazip görünüşü ve performans bakımından tasarımcılara, kullanıcılara ve üreticilere sağladığı bir çok avantajlar vardır. Bu avantajları şöyle sıralayabiliriz.

- **Hafiflik :** 2.7 g/m^3 ile en düşük yoğunluğa sahip olan alüminyum tasarımlarda sık sık kullanılmak istenilen malzemedir.
  Alüminyum'un hafifliğinden dolayı elde edilen kazanç'ı iki şekilde açıklayabiliriz.
  1. Kullanıcılar için; çelikten yapılmış aynı araçla kıyaslandığında araçta dara ağırlığı azaldığı için taşıyacağı faydalı yük artmaktadır.
  2. Üreticiler için; hafifliğinden dolayı parçanın montajında elle ile yapılması daha kolaydır.
- **Korozyon Direnci :** Son yıllardaki deneyimler alüminyum alaşımların endüstriyel alanda, şehir taşımacılığında, deniz araçlarında, tropik bölgelerde ve bunun gibi farklı çevre koşullarında kullanıldığı ticari araçlarda hava ve yol şartlarında korozyon direnci diğer metallere nazaran çok daha iyi olduğu görülmüştür. Alüminyum kullanıcılarının hafifliği ve korozyona gösterdiği direnç yanında diğer önemli avantajları şöyle sıralayabiliriz.
- **Ekonomik ömür:** Tanker, Damperli kamyon, konteyner taşıyıcıları gibi araçlarda bir milyon kilometre sonrasında çok uzun bir ömre sahip olduğu görülür [32].
- **Bakım:** Masraf yönünden azalma görülür, diğer malzemelere nazaran hatta boya masrafı kalkar; atmosferik olaylardan, nemden ve yoldan fırlayan taşlardan dolayı boyaya verdiği hasarlarda tamiratı çok daha az masraflıdır.
- **Görünüm:** Araçların görünüşleri bakımından, araç sahipleri ve kullanıcıları toz, yağ gibi görüntüyü bozacak maddeleri rutin temizleme işlemlerini zamanında yaptığı zaman alüminyum'un çekici görünüşü ortaya çıkmaktadır.

- **Termal iletkenlik :** Saf alüminyum mükemmel bir ısı iletimine sahiptir. Alüminyum alaşımların termal iletkenliği, kimyasal kompozisyonuna ve tavlanma şartlarına bağlıdır.

  Motorlu araçlarda ısı eşanörü veya radyatör üretiminde alüminyum alaşımlarının kullanılması iyi bir ısı iletkenliğe sahip olduğunu gösterir.
- **Yarı mamül ürün zenginliği :** Çok geniş ürün yelpazesine sahip alüminyum alaşımları geniş kapsamda araç tasarımcıları ve üreticileri kullanmaktadır.
  1. Plaka olarak bulunan yarı mamüller: Geniş ölçülerde düz ve desenli plakaları bulmak mevcuttur.
  2. Ekstrüze olarak bulunan yarı mamüller: İçi dolu veya boş standart veya özel olarak ekstrüze edilebilen profilleri bulmak kolaydır.
  3. Presleme veya dövme olarak bulunan yarı mamüller.

  Yarı ürünlerdeki bu kadar çeşitliliğin olması şunları sağlar:
  1. Kaynak gerilimi düşüktür, bu yüzden alüminyum alaşımlarda üretilen parçalar bir başka alüminyum parçaya kaynak yapılabilir
  2. Astar boyalı yarı ürünlerde son işlem kolaylığı sağlaması
  3. Montaj ve son işlem'de ihtiyaç duyulan zamandan tasarruf sağlanması ve alüminyum alaşıma eklenen malzeme bedelinin ucuz olması
- **Alüminyum alaşımların işleme kolaylığı :** Ticari araçlarda alüminyum alaşımları işlemek kolaydır. Kolayca eğilebilir, derin çekme yapılabilir, talaşlı imalatta işlenebilir ve el ile veya otomatik olarak kaynak yapılabilir ve sonuçta optimum üretim kalitesi sağlanabilir.
- **Birleştirme tekniklerinin zenginliği :** Ticari araçlar üretiminde kullanılan alüminyum alaşımlar kaynak, perçin , cıvata, yapıştırma gibi metodlarla birleştirmek mümkündür. Birleştirme işlemleri, bir yarı mamül ürünün seçimiyle kolaylaştırılır ve tekniğine göre doğru bir alaşımın seçilerek ve statik veya dinamik gerilimleri optimize edilmesi sağlanır.
- **Geri dönüşüm:** Alüminyumdan yapılmış araçların diğer malzemelerden yapılmış araçlara nazaran piyasada daha yüksek değeri vardır. Bunun nedeni alümiyum ve alaşımlarının geri dönüşümü olmasındandır. Gerçekte hurda alüminyum diğer hurda malzemeler arasında en yüksek değeri olan bir malzeme olmasıyla birlikte çevreye zarar vermeden geri dönüşümü sağlanır.

- **Ticari araclarda performans faktörü olarak alüminyum kullanımı:** Günümüzde alüminyum alaşım kullanmak bir teknolojik ilerleme işareti olarak görülmesi ve modern kullanıcılara ekipman ömrü, ekonomiklik, güvenirlilik ve cazip görüntü gibi etkenlerle cevap veren alüminyum alaşımlar, araçların üretiminde kullanılmasında positif performans göstermektedir.
- **Ekipman ömrü :** 20 yıldan fazla akaryakıt taşıyan alümiyumdan imal edilmiş tankerlerde bu kavramı görmek mümkündür [32]. Çünkü bu araçlar bir kaç çekici kamyon ile yüzlerce hatta binlerce yol kat etmesi ve sonuçta sorun çıkarmaması ekonomik örünün ne denli yüksek olduğu anlaşılmaktadır.
- **Ekonomiklik :** Çelikten yapılmış benzeri araçlarla karşılaştırıldığında alüminyumdan yapılan araçta dara yükü az olduğu için çelikten yapılmış araçlardan daha fazla yük taşıdığından 6 ay ila 3 yıl içinde kendini amorti etmektedir.
- **Güvenirlilik :** Özellikle avrupada birçok yıllardır taşıyıcılar tarafından tercih edilen alümiyum araçlar güvenirliliğin bir işareti sayılmaktadır.
- **Çekici görünüm :** Modern ticari araçlar endüstriyel tasarımın baskısından kaçamaz. Çünkü şoförler araçlarının iyi ve temiz görünümlü, göze hoş gelen çizgilere sahip olmasını isterler. Bu isteğe cevap verecek yegane malzeme alüminyum alaşımlardır.

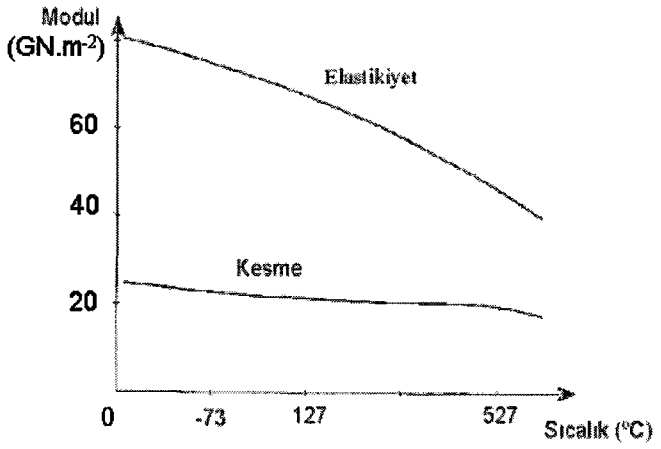
2.2. Alüminyum ve Alaşımlarının Özellikleri

- **Fiziksel Özellikler :** Herhangi bir alaşım ilave edilmemiş saf alüminyum'un başlıca fiziksel özellikleri Tablo 2-1'de görülmektedir.

Tablo 2.1. Alüminyum'un temel fiziksel özellikleri

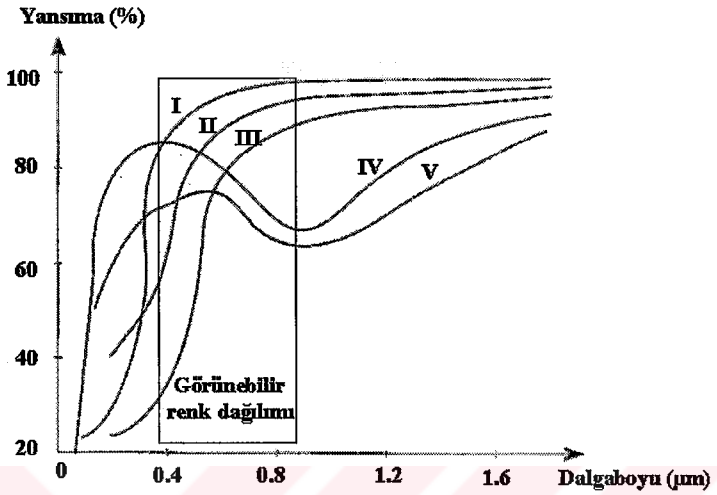
Özellikler	Birim	Değer	Yorum
Atomik numara		13	
Yoğunluk (ρ)	Kg/m^3	2698	
Erime noktası	°C	660.45	1013x10E-3 bar altında
Kaynama noktası	°C	2056	1013x10E-3 bar altında
Buhar basıncı	Pa	3.7x10E3	927 °C'de
Kütle iç enerjisi (u)	$J.kg^{-1}$	3.98x10E5	
Kütle ısı kapasitesi (Cn)	J/(kgK)	897	25 °C'de
Termal iletim (λ)	W/(mK)	237	27 °C'de
Lineer genleşme katsayısı (α)	$10E6K^{-1}$	2301	25 °C'de
Elektrik direnci (ρ)	10E3μΩm	26.548	25 °C'de
Manyetik etkilenim		0.6x10E3	25 °C'de
Elastik modulu	Mpa	69000	
Possıon's oranı (v)		0.33	

Diğer metaller ve alaşımlar, ısı arttıkça Young modülü değerinin düştüğü Şekil 2-1'de görülmektedir, fakat buna karşılık özgül ısı'nın artar. Young modülünün artan sıcaklık altında azalması alüminyum için 250 °C'de, paslanmaz çeliklerde 250 °C'de ve yapı çeliklerinde 500 °C'de elastikiyet dayanımı yarılanır. Alüminyum alaşımların ısı iletkenliğinin çok iyi olması ısı dağılımınında aynı oranda olması anlamına gelir.

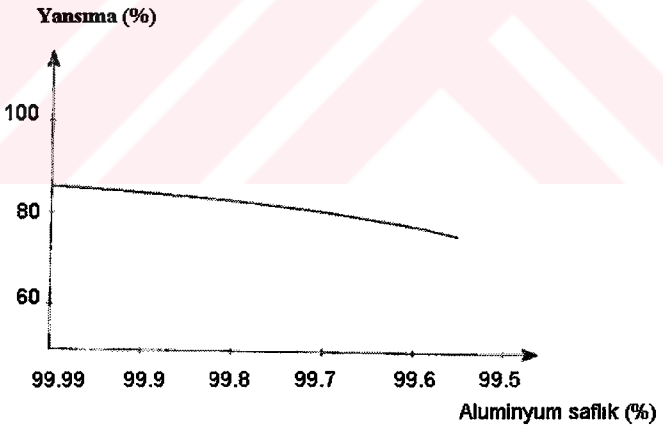


Şekil 2.1. Isının Young's modulune etkisi

Alüminyum'u eloksaj işlemine tabii tutulduğunda alüminyum'un yansıtıcılık ve dalga boyu arasındaki ilişkiyi ve diğer malzemelerle de karşılaştırılması Şekil 2.2'de görülmektedir [32], Bu özellik alüminyum'un saflığı ile doğru orantılı olup, saflık oranı arttıkça bu özellik'te artmaktadır.



Şekil 2.2. Yansıma ile dalga boyu arasındaki bağıntı



Şekil 2.3. Yansıma ile saf alüminyum oranı arasındaki bağıntı

5 mikron kaplama kalınlığı uygulanan %99.6 saflıktaki alüminyum'un yansıtıcılığı %75 iken %99.9 saflıktaki alüminyum'un yansıtıcılık değeri %85 civarında olduğu Şekil 2.3'de görülmektedir [32].

- **Mekanik özellikler :** Otobüs karoserisinde kullanılan 6082 alüminyum alaşım profil'in mekanik özelliklerini Tablo 2.2'de görülmektedir.

Tablo 2.2. 6082 alaşım alüminyum'un mekanik özellikleri

Alaşım	Temper	Mekanik özellikler			Young's Modulus (Mpa)	Brinell Sertliği (HB)
		Rm (Mpa)	Rp 0,2 (Mpa)	A (%)		
6082	T6	340	310	11	69500	95

- **Kimyasal özellikler :** 6082 seri alüminyum'un kimyasal özellikleri Tablo 2-3'de görülmektedir.

Tablo 2.3. 6082 alaşım alüminyum'un kimyasal özellikleri

Alaşım	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Ni	Zn	V	Ti	Diğer	
											Ferdi	Toplam
6082	**0,7** **1,3**	0,5	0,1	0,4 1	**0,6** **1,2**	0,25		0,2		0,1	0,05	0,15

- **Düşük sıcaklıklarda :** Alüminyum alaşımlar ve özellikle 5000 ve 6000 seri alüminyum alaşımlar çok düşük sıcaklıklarda çok iyi mekanik özelliklere sahiptirler.
- **100 °C üzerindeki sıcaklıklarda :** 100°C üzerindeki sıcaklıktaki alüminyum alaşımlarının mekanik özellikleri gerçek sıcaklık, işlem zamanı ve uygulanan yük miktarına göre değişir. Sıcaklık arttığı zaman çekme dayanımı Rm ve akma dayanımı $Rp_{0.2}$ azalır, buna karşın uzama artar. 300°C ve 400°C arasındaki ısıtıdığında tavlanmış malzeme olarak 5000 ve 6000 seri alaşımların özellikleri azalır. Isı daha da arttıkça genleşme ile endüklenmiş gerilimlerin etkisi ile biçim bozulmazsına uğrar ve 650°C sıcaklıkta erimeye başlar.

2.3. Alüminyum Alaşımlar

Araştırma ve geliştirme çalışmaları, 100 yıl'dan fazla bir zamanda, alaşımların bileşimleri, alüminyum işleme tekniği, ısıl işlemleri üzerine devam etmektedir [32], ve bütün bu faktörler özel ihtiyaçlara en uygun alaşımın seçilebileceği geniş bir ürün yelpazesinde toplanmıştır. Bu çalışmalar sonucunda 100 ila 700 MPa arasında değişen çekme mukavemetine sahip alaşımlar geliştirilip uzay sektöründen ambalaj sektörüne kadar geniş bir kullanım alanına yayılmıştır.

Alüminyum metelurjisinde iki başlıca görüşten bahsetmek gereklidir:

- Geliştirilmekte olan bir alaşımda kimyasal bileşiminin, çalışma şartları, ısıl işlem gibi belli özellikler vardır.
- Eğer çalışma ve kullanılma şartlarındaki belli kurallara uyulursa o alaşım özelliklerini korur.

Endüstride kullanılan 8 çeşit alüminyum alaşım vardır ve bu alaşımlar şunları kapsar;

- Biçimlenebilir alaşımlar için %1-7'ye kadar alaşım element miktarıları ve bu elementler şunlardır; manganez, mağnezyum, silisyum, bakır ve çinkodur. 6000 seri alaşımlar için mağnezyum ve silisyum, 7000 seri alaşımlar için bakırın ilave edilmesi veya edilmemesiyle birlikte çinko ve mağnezyum gibi bir çok element eklenebilir.
- Katkı oranları az miktardadır, genelde %1'den daha azdır. Bu katkı maddelerinin görevleri alaşımın sertleşmesi ve kaynak kabiliyeti gibi belli özellikleri arttırmaktır. Geleneksel katkı maddeleri şunlardır; krom, manganez, titanyum, zirkonyum'dur. Bir alaşım serisinde birden fazla katkı malzemesi kapsayabilir ve yukarıda bahsedilen %1 oranını geçebilir.
- Pislikler, demir ve silikon 1000 serisi alaşımlarda temel pisliklerdir Alaşımın içerisindeki bu gibi istenmeyen malzemelerin oranı alaşımların saflığını verir.

Biçimlenebilir alaşımların belirtilmesi; Alüminyum Birliğinin (AA) 4 rakamlı uluslararası belirtme sistemi 1970'den beri kullanılmaktadır. İlk rakam her zaman alaşım serilerini tanımlar. Avrupa standardı BS EN 573 iki temel standarda oturtmuştur.

- AA sistemi kullanarak EN AW-3003 örneğindeki gibi ilk rakam sayısal betimlemedir.Dört rakam önüne gelen A ve B harfleri gelir.
- Kimyasal sembollerle tanımlanması da ikinci standardtır. Bu tanımlama [Al Mn1Cu] gibi köşeli parentezle ifade edilir.

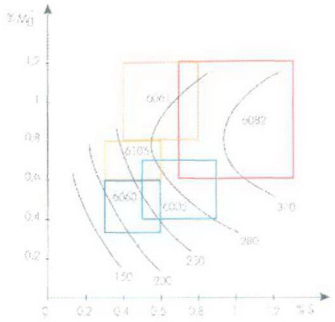
2.4. 6000 Seri Alaşımların Özellikleri

6000 Seri alüminyum alaşımlarda iki tane alaşım maddesi vardır. Bunlardan biri mağnezyum diğeri ise silikon'dur. Mağnezyum ve Silisyum'un 6000 alaşım serilerinde en yüksek çekme mukavemet değerlerinin bulunduğu isometrik eğriler Şekil 2.4'de görülmektedir. Bu alaşımlar şöyle karakterize edilir;

- Haddeleme, ekstrüzisyon ve dövme gibi sıcak işlemlerde iyi özellikleri vardır.
- Silisyum veya bakır ilave ederek mekanik özellikleri yüksek seviyeye çıkarabiliriz.
- Korozyona karşı dirençleri iyidir.
- Bükme, derin çekme gibi soğuk şekillendirmeye iyi uyum gösterir.
- Pirinç (Sarı) kaynağı ve ark kaynağına doğal bir eğilimi vardır.
- Eloksaj işlemi uygulayarak cazip bir görüntü elde edebiliriz.

Bütün bu özellikleri kapsayan bu alaşım serisini geniş ürün yelpazesinde kullanılır.

- 6005A, 6106, 6056, 6060, 6262 yarı mamülleri eksrüze olarak
- 6061 ve 6082 yarı mamülerinide hem ekstrüze olarak hem de plaka olarak temin edilmesi kolaydır.



Şekil 2.4. 6000 Seri alaşımlara ait isometrik eğriler

6060 Seri alaşımlar : Karmaşık kesitli parçaların ekstrüzesinde kullanılan mükemmel bir alaşımdır, doğrudan su verme ile sertleştirilebilir.

6005A Seri alaşımlar : Kolay ekstrüze edilir. T5 tavlama isometrik eğrisinde 290 MPa çekme dayanımını elde edilir ve su verme sertliği uygulanır. Fevkalade sünek bir alaşımdır.

6106 Seri alaşımlar : Mükemmel ekstüze edilmiş bir başka alaşımdır. Ekstrüze edilmesi çok kolaydır. En yüksek çekme dayanımı 265 MPa ile 6005A ile 6060 alaşımlarının arasında yer alır.

6056 Seri alaşımlar : T6 tavlama eğrisinde en iyi mekanik özellikleri olan alaşımdır. Maksimum çekme dayanımı 450 ile 470 MPa olarak elde edilir.

6262 Seri alaşımlar : Kurşun ve bizmut ilave edilmesiyle talaşlı imalatta işlenmesi çok daha kolay olan bir alaşımdır.

6082 Seri alaşımlar : T6 tavlama eğrisinde 310 ile 340 MPa çekme dayanımına sahip bir alaşımdır. **Yaygın olarak otomotiv**, gemi, inşaat ve mekanik **uygulamalarda kullanılır.**

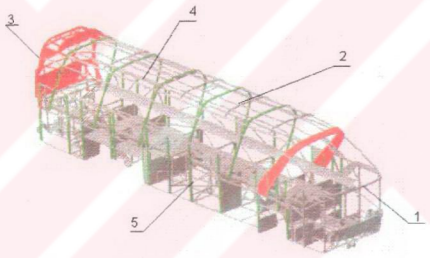
6016 Seri alaşımlar : T4 isometrik eğrisinde ortalama 220 MPa çekme dayanımına sahiptir. Derin çekme ile şekillendirmeye uyumludur. Yaygın olarak araç gövdelerinde kullanılır.

6061 Seri alaşımlar : T6 isometri eğrisinde ortalama 310 MPa çekme dayanımına sahip bir alaşımdır. Ekstrüze profil olarak bulunabildiği gibi derin çekme, haddeleme ve dövme işlemleri uygulanarak elde edilmiş yarı mamül olarak da bulunabilir. Korozyona karşı gösterdiği direnç kabiliyeti çok iyidir.

BÖLÜM 3. OTOBÜS KAROSERİSİNİN İNCELENMESİ

3.1 Karoseri

Bu bölümde otobüs karoserisi hakkında genel bilgiler verilecek olup karoseriyi oluşturan profillerin St 44-2 çelik ve 6082 T6 alüminyum alaşımlı malzemelerdeki profillerin fiziksel ve mekanik özellikleri incelenip birbirleriyle karşılaştırılarak,karma bir yapı elde edilecektir.



Şekil 3.1. Otobüs karoserisinin genel görünüşü [33]

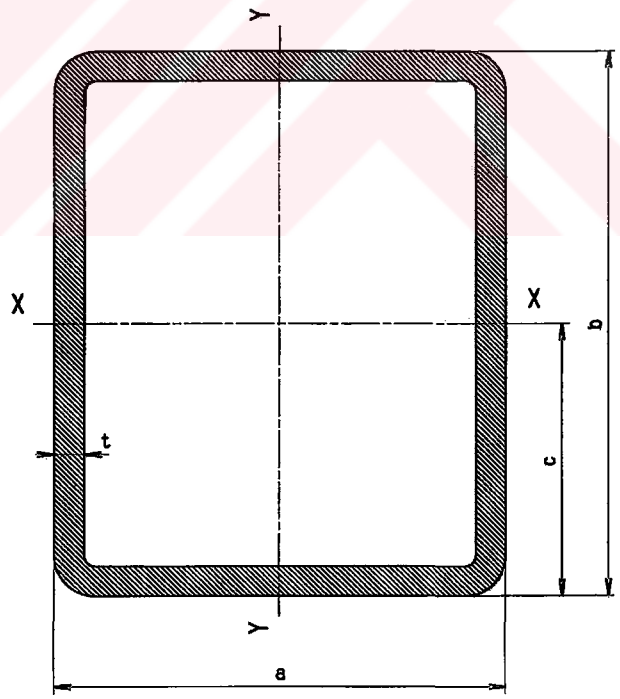
Karoseriyi oluşturan ve aşağıda sıralanan beş temel konstrüksiyon grubu, değişik boyutlardaki St 44-2 çelik profil malzeme, SG II kaynak teli ile birbirlerine kaynak yapılarak birleştirildiği kabul edilip ve bir üst yapı elde edildiği göz önüne alınırsa (Şekil 3.1)

1.Ön iskelet konstrüksiyon grubu
2.Tavan iskelet konstrüksiyon grubu
3.Arka iskelet konstrüksiyon grubu
4.Sol yanduvar iskelet konstrüksiyon grubu
5.Sağ yanduvar iskelet konstrüksiyon grubu

olarak konstrüksiyon grupları elde edilir. Yukarıda belirtilen her bir konstrüksiyon gruplarındaki her bir profil St 44-2 çelik malzemeye göre analiz edilecek ve gerekli formüller kullanılıp; kesit alanı, eğilme momenti, profil ağırlıkları ve her bir konstrüksiyon grubu ağırlıkları belirlenecektir. Elde edilen bu değerleri karşılayabilecek 6082 T6 alüminyum alaşımlı profillerin et kalınlıkları belirnenecek ve bu malzeme içinde kesit alanı, eğilme momenti, profil ağılıkları ve her bir konstrüksiyon grubu ağırlıkları belirlenecek olup bütün değerler tablolar halinde listelenerek iki farklı malzeme birbirleriyle kıyas edilecektir.

Daha sonra mevcut çelik yapıda kullanılan bazı profiller çelik mukavemet değerini karşılayacak alüminyum alaşımlı profiller kullanılarak karma bir yapı elde edilecektir ve mevcut çelik yapı ile karşılaştırılması yapılacaktır.

3.2 Kullanılan Profillerin Mukavemet Analizi



Şekil 3.2. Profil kesit alanı

Aracın karoseri imalatında kullanılan ve a x b x t olarak ölçülendirilen bir profilin kesit alanı Şekil 3.2'de görülmektedir, Bu notasyonları ve gerekli mukavemet formülleri kullanılarak araç karoserisinin her konsrrüksiyon grubu için ekte sıralanan tablolarda hem çelik profil, hem de çelik profile denk gelebilecek alüminyum alaşım profillerin mukavemet analizleri yapılarak tablolar ve grafikler yardmlarıyla açıklanacaktır.

Profil kesit alanı : $A=[(a \times b)-[(a-2t) \times (b-2t)]]$ 3.1

Profil hacmi : $V=A \times L$ 3.2

Profil ağırlığı : $M=d \times V$ 3.3

Profil toplam ağırlığı : $T.M=Miktar \times M$ 3.4

Eksen : $c=b / 2$ 3.5

Atalet momenti : $I= (1/ 12) \times (a^3 - b^3)$ 3.6

Eğilme momenti : $E.M= (I \times I.V.G)/ c$ 3.7

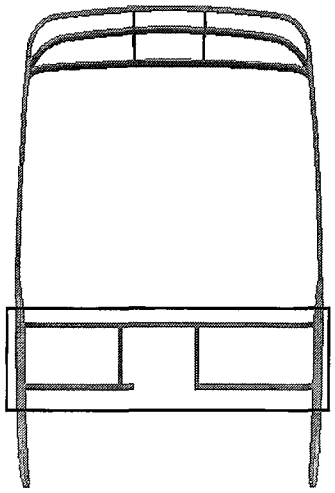
3.2.1. Ön iskelet profillerinin mukavemet analizleri:

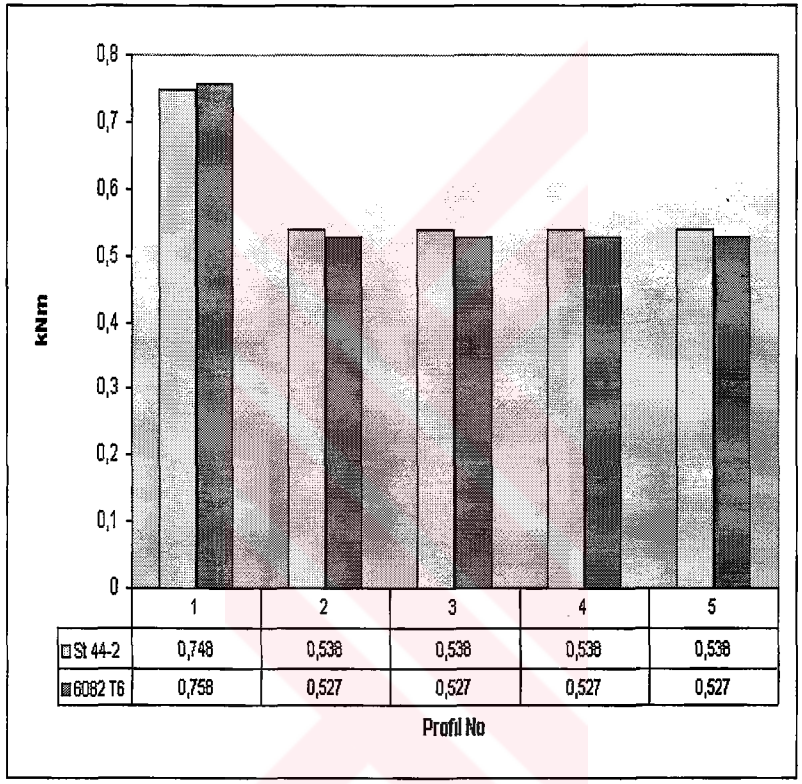
Tablo 3.2.1.1. Ön iskelet 1. grup için St 44-2 çelik ile 6082 T6 alüminyum alaşım malzeme arasında mukavemet analizi

Konstruksıyon Grubu: Ön İskelet 3.2.1.1 Malzeme:St 44-2															
P. No	Profil	L (mm)	A (mm^2)	V (mm^3)	d (kg/mm^3)	M (kg)	Mik. (Ad.)	T.M (kg)	I (mm^4)	A.G (Mpa)	F.S	i.V.G (Mpa)	Ç.G (Mpa)	c (mm)	E.M (kNm)
20	40x40x3	2650	444	1176600	7.80E-06	9.177	1	9,177	1,02E+05	440	3	147	300	20	0,748
21	40x40x2	1108	304	336832		2.627	1	2,627	7,34E+04						0,538
22	40x40x2	406	304	123424		0.963	1	0,963	7,34E+04						0,538
23	40x40x2	366	304	111264		0.868	1	0,868	7,34E+04						0,538
24	40x40x2	1054	304	320416		2.499	1	2,499	7,34E+04						0,538
								16,134	kg						

Konstruksıyon Grubu: Ön İskelet 3.2.1.1 Malzeme:6082 T6															
P. No	Profil	L (mm)	A (mm^2)	V (mm^3)	d (kg/mm^3)	M (kg)	Mik. (Ad.)	T.M (kg)	I (mm^4)	A.G (Mpa)	F.S	i.V.G (Mpa)	Ç.G (Mpa)	c (mm)	E.M (kNm)
20	40x40x5	2650	700	1855000	2.70E-06	5,009	1	5,009	1,46E+05	310	3	103	260	20	0,758
21	40x40x3	1108	444	491952		1,328	1	1,328	1,02E+05						0,527
22	40x40x3	406	444	180264		0,487	1	0,487	1,02E+05						0,527
23	40x40x3	366	444	162504		0,439	1	0,439	1,02E+05						0,527
24	40x40x3	1054	444	467976		1,264	1	1,264	1,02E+05						0,527
								8,527	kg						

KoGr 3.2.1.1			
S.N	P. N	St 44-2	6082 T6
1	20	0,748	0,758
2	21	0,538	0,527
3	22	0,538	0,527
4	23	0,538	0,527
5	24	0,538	0,527





Kimyasal Bileşimleri		
Alasımlar	**St 44-2**	**6082 T6**
Si (%)		**0.7 / 1.3**
Fe (%)	-	0.5
Cu (%)	-	0.1
Mn (%)	1.52	0.4 / 1
Mg (%)	-	**0.6 / 1.2**
Cr (%)	-	0.25
P (%)	0.045	-
Zn (%)	-	0.2
C (%)	0.21	-
Ti (%)	-	0.1
S (%)	0.045	-
N (%)	0.009	-
Diğer (%)	-	0.05 / 0.15
Mekanik Özellikler		
Rp0.2 (Mpa)	275	310
Rm (Mpa)	430-540	340
Uzama (%)	21	11

Grafik 3.2.1.1. Ön iskelet 1. grup için St 44-2 çelik ile 6082 T6 alüminyum alaşım malzemelerinin eğilme momentleri bakımından birbirleriyle kıyaslanması

Tablo 3.2.1.2. Ön iskelet 2. grup için St 44-2 çelik ile 6082 T6 alüminyum alaşım malzeme arasında mukavemet analizi

Konstruksıyon Grubu: Ön İskelet 3.2.1.2

Malzeme:St 44-2

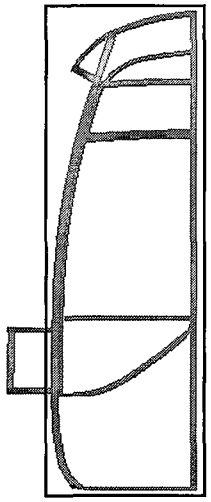
P. No	Profil	L (mm)	A (mm^2)	V (mm^3)	d (kg/mm^3)	M (kg)	Mik. (Ad.)	T.M (kg)	I (mm^4)	A.G (Mpa)	F.S	i.V.G (Mpa)	Ç.G (Mpa)	c (mm)	E.M (kNm)
1	40x40x3	1352	444	600288		4,682	1	4,682	1,02E+05					20	0,748
2	40x10x2	1000	184	184000		1,435	1	1,435	2,69E+03					5	0,079
3	30x10x3	820	204	167280		1,305	1	1,305	2,37E+03					5	0,070
4	40x40x4	1565	576	901440	7.80E-06	7,031	1	7,031	1,26E+05	440	3	147	300	20	0,924
5	40x40x3	599	444	265956		2,074	1	2,074	1,02E+05					20	0,748
6	40x40x3	625	444	277500		2,165	1	2,165	1,02E+05					20	0,748
18	40x20x3	722	324	233928		1,825	1	1,825	1,89E+04					10	0,277
25	50x40x3	2830	504	1426320		11,125	1	11,125	1,23E+05					20	0,899
								31,642	kg						

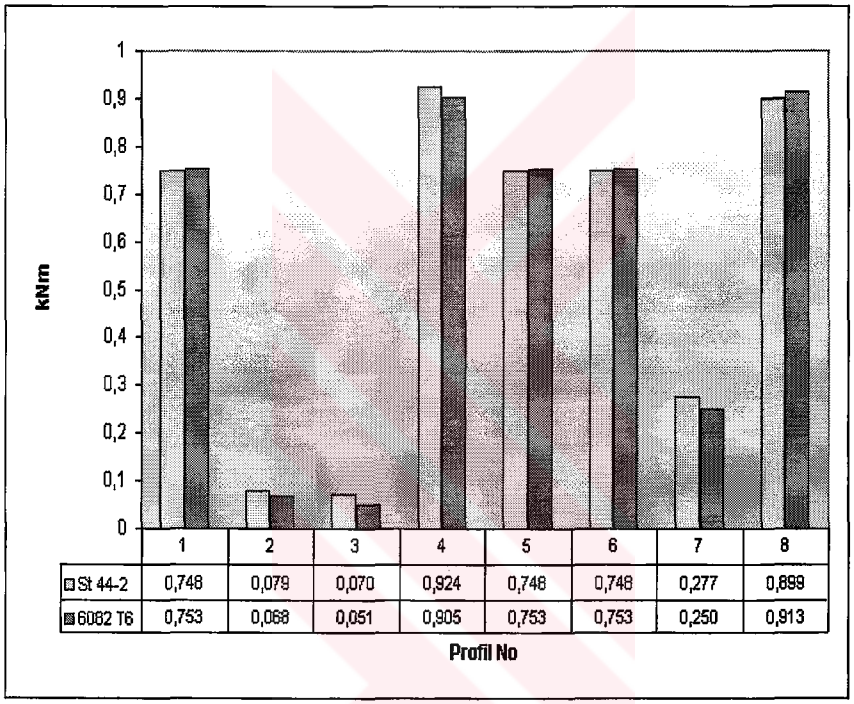
Konstruksıyon Grubu: Ön İskelet 3.2.1.2

Malzeme:6082 T6

P. No	Profil	L (mm)	A (mm^2)	V (mm^3)	d (kg/mm^3)	M (kg)	Mik. (Ad.)	T.M (kg)	I (mm^4)	A.G (Mpa)	F.S	i.V.G (Mpa)	Ç.G (Mpa)	c (mm)	E.M (kNm)
1	40x40x5	1352	700	946400		2,555	1	2,555	1,46E+05					20	0,753
2	40x10x4	1000	336	336000		0,907	1	0,907	3,31E+03					5	0,068
3	30x10x4	820	256	209920		0,567	1	0,567	2,49E+03					5	0,051
4	40x40x7	1565	924	1446060	2.70E-06	3,904	1	3,904	1,75E+05	310	3	103	260	20	0,905
5	40x40x5	599	700	419300		1,132	1	1,132	1,46E+05					20	0,753
6	40x40x5	625	700	437500		1,181	1	1,181	1,46E+05					20	0,753
18	40x20x5	722	500	361000		0,975	1	0,975	2,42E+04					10	0,250
25	50x40x5	2830	800	2264000		6,113	1	6,113	1,77E+05					20	0,913
								17,334	kg						

KoGr 3.2.1.2			
S.N	P. N	St 44-2	6082 T6
1	1	0,748	0,753
2	2	0,079	0,068
3	3	0,07	0,051
4	4	0,924	0,905
5	5	0,748	0,753
6	6	0,748	0,753
7	18	0,277	0,25
8	25	0,899	0,913





Kimyasal Bileşimleri		
Alasımlar	**St 44-2**	**6082 T6**
Si (%)		**0.7 / 1.3**
Fe (%)	-	0.5
Cu (%)	-	0.1
Mn (%)	1.52	0.4 / 1
Mg (%)	-	**0.6 / 1.2**
Cr (%)	-	0.25
P (%)	0.045	-
Zn (%)	-	0.2
C (%)	0.21	-
Ti (%)	-	0.1
S (%)	0.045	-
N (%)	0.009	-
Diğer (%)	-	0.05 / 0.15
Mekanik Özellikler		
Rp0.2 (Mpa)	275	310
Rm (Mpa)	430-540	340
Uzama (%)	21	11

Grafik 3.2.1.2. Ön iskelet 2. grup için St 44-2 çelik ile 6082 T6 alüminyum alaşım malzemelerinin eğilme momentleri bakımından birbirleriyle kıyaslanması

Tablo 3.2.1.3. Ön iskelet 3. grup için St 44-2 çelik ile 6082 T6 alüminyum alaşım malzeme arasında mukavemet analizi

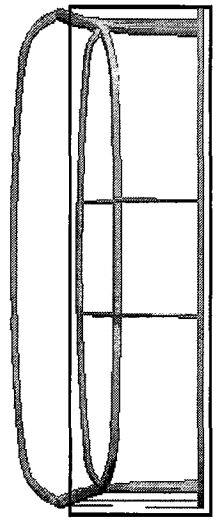
Konstruksıyon Grubu: Ön İskelet 3.2.1.3
Malzeme:St 44-2

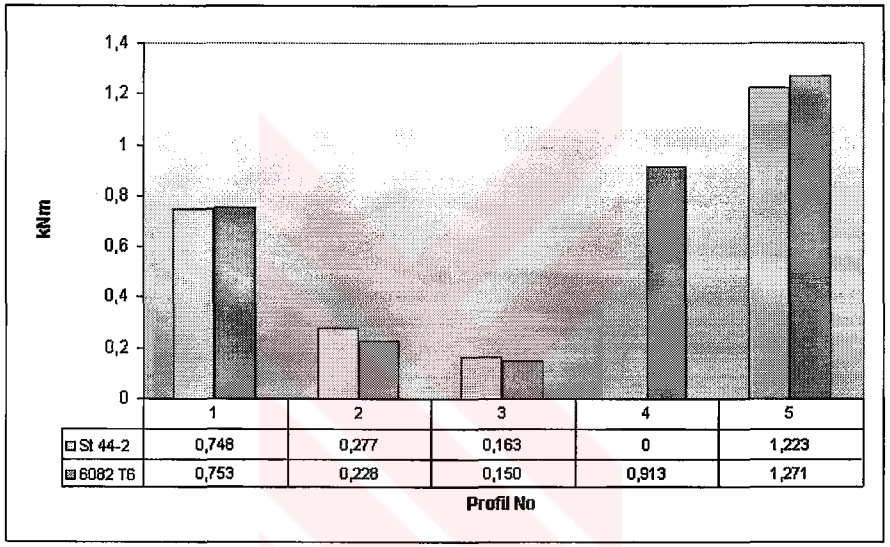
P. No	Profil	L (mm)	A (mm^2)	V (mm^3)	d (kg/mm^3)	M (kg)	Mik. (Ad.)	T.M (kg)	I (mm^4)	A.G (Mpa)	F.S	i.V.G (Mpa)	Ç.G (Mpa)	c (mm)	E.M (kNm)
7	40x40x3	2623	444	1164612		9,084	1	9,084	1,02E+05					20	0,748
8	40x20x3	542	324	175608		1,37	2	2,740	1,89E+04					10	0,277
9	30x20x2	307	184	56488	7.80E-06	0,441	2	0,882	1,11E+04	440	3	147	300	10	0,163
10	50x40x3	2708	504	1364832		10,646	1	10,646	1,23E+05					20	0.899
11	50x50x3	2360	564	1331040		10,382	1	10,382	2,08E+05					25	1,223
								33,734	kg						

Konstruksıyon Grubu: Ön İskelet 3.2.1.3
Malzeme:6082 T6

P. No	Profil	L (mm)	A (mm^2)	V (mm^3)	d (kg/mm^3)	M (kg)	Mik. (Ad.)	T.M (kg)	I (mm^4)	Ak.Ger. (Mpa)	F.S	İz.Ver.Ger. (Mpa)	Çek.Ger. (Mpa)	c (m)	E.M (kNm)
7	40x40x5	2623	700	1836100		4,957	1	4,957	1,46E+05					20	0,753
8	40x20x4	542	416	225472		0,609	2	1,218	2,21E+04					10	0,228
9	30x20x3	307	264	81048	2.70E-06	0,219	2	0,438	1,45E+04	310	3	103	260	10	0,150
10	50x40x5	2708	800	2166400		5,849	1	5,849	1,77E+05					20	0,913
11	50x50x5	2360	900	2124000		5,735	1	5,735	3,08E+05					25	1,271
								18,197	kg						

KoGr 3.2.1.3			
S.N	P. N	St 44-2	6082 T6
1	7	0,748	0,753
2	8	0,277	0,228
3	9	0,163	0,15
4	10	0.899	0,913
5	11	1,223	1,271





Kimyasal Bileşimleri		
Alasımlar	**St 44-2**	**6082 T6**
Si (%)		**0.7 / 1.3**
Fe (%)	-	0.5
Cu (%)	-	0.1
Mn (%)	1.52	0.4 / 1
Mg (%)	-	**0.6 / 1.2**
Cr (%)	-	0.25
P (%)	0.045	-
Zn (%)	-	0.2
C (%)	0.21	-
Ti (%)	-	0.1
S (%)	0.045	-
N (%)	0.009	-
Diğer (%)	-	0.05 / 0.15
Mekanik Özellikler		
Rp0.2 (Mpa)	275	310
Rm (Mpa)	430-540	340
Uzama (%)	21	11

Grafik 3.2.1.3.Ön iskelet 3. grup için St 44-2 çelik ile 6082 T6 alüminyum alaşım malzemelerinin eğilme momentleri bakımından birbirleriyle kıyaslanması

Tablo 3.2.1.4. Ön iskelet 4. grup için St 44-2 çelik ile 6082 T6 alüminyum alaşım malzeme arasında mukavemet analizi

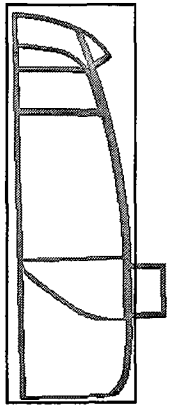
Konstruksıyon Grubu: Ön İskelet 3.2.1.4 / St 44-2

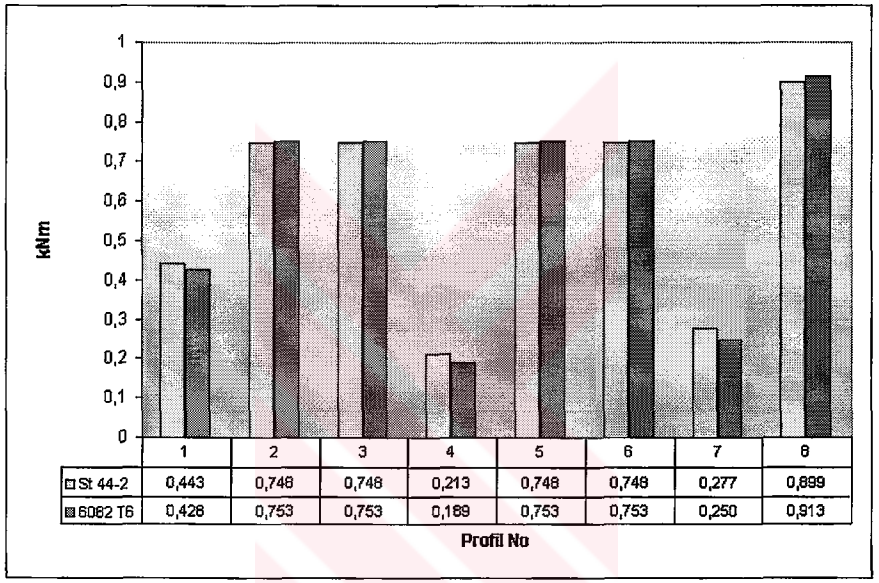
P. No	Profil	L (mm)	A (mm^2)	V (mm^3)	d (kg/mm^3)	M (kg)	Mik. (Ad.)	T.M (kg)	I (mm^4)	A.G (Mpa)	F.S	i.V.G (Mpa)	Ç.G (Mpa)	c (mm)	E.M (kNm)
12	35x30x3	1000	354	354000		2,761	1	2,761	4,53E+04					15	0,443
13	40x40x3	550	444	244200		1,905	1	1,905	1,02E+05					20	0,748
14	40x40x3	702	444	311688		2,431	1	2,431	1,02E+05					20	0,748
15	30x20x3	705	184	129720	7.80E-06	1,012	1	1,012	1,45E+04	440	3	147	300	10	0,213
16	40x40x3	1565	576	901440		7,031	1	7,031	1,02E+05					20	0,748
17	40x40x3	1355	444	601620		4,693	1	4,693	1,02E+05					20	0,748
18	40x20x3	722	324	233928		1,825	1	1,825	1,89E+04					10	0,277
19	50x40x3	2830	504	1426320		11,125	1	11,125	1,23E+05					20	0,899
								32,783	kg						

Konstruksıyon Grubu: Ön İskelet 3.2.1.4 / 6082 T6

P. No	Profil	L (mm)	A (mm^2)	V (mm^3)	d (kg/mm^3)	M (kg)	Mik. (Ad.)	T.M (kg)	I (mm^4)	A.G (Mpa)	F.S	i.V.G (Mpa)	Ç.G (Mpa)	c (mm)	E.M (kNm)
12	35x30x5	1000	550	550000		1,485	1	1,485	6,21E+04					15	0,428
13	40x40x5	550	700	385000		1,04	1	1,04	1,46E+05					20	0,753
14	40x40x5	702	700	491400		1,327	1	1,327	1,46E+05					20	0,753
15	30x20x5	705	400	282000	2.70E-06	0,761	1	0,761	1,83E+04	310	3	103	260	10	0,189
16	40x40x5	1565	700	1095500		2,958	1	2,958	1,46E+05					20	0,753
17	40x40x5	1355	700	948500		2,561	1	2,561	1,46E+05					20	0,753
18	40x20x5	722	500	361000		0,975	1	0,975	2,42E+04					10	0,250
19	50x40x5	2830	800	2264000		6,113	1	6,113	1,77E+05					20	0,913
								17,22	kg						

KoGr 3.2.1.4			
S.N	P. N	St 44-2	6082 T6
1	12	0,443	0,428
2	13	0,748	0,753
3	14	0,748	0,753
4	15	0,213	0,189
5	16	0,748	0,753
6	17	0,748	0,753
7	18	0,277	0,25
8	19	0,899	0,913





Kimyasal Bileşimleri		
Alasımlar	**St 44-2**	**6082 T6**
Si (%)		**0.7 / 1.3**
Fe (%)	-	0.5
Cu (%)	-	0.1
Mn (%)	1.52	0.4 / 1
Mg (%)	-	**0.6 / 1.2**
Cr (%)	-	0.25
P (%)	0.045	-
Zn (%)	-	0.2
S (%)	0.045	-
N (%)	0.009	-
Diğer (%)	-	0.05 / 0.15
Mekanik Özellikler		
Rp0.2 (Mpa)	275	310
Rm (Mpa)	430-540	340
Uzama (%)	21	11

Grafik 3.2.1.4. Ön iskelet 4. grup için St 44-2 çelik ile 6082 T6 alüminyum alaşım malzemelerinin eğilme momentleri bakımından birbirleriyle kıyaslanması

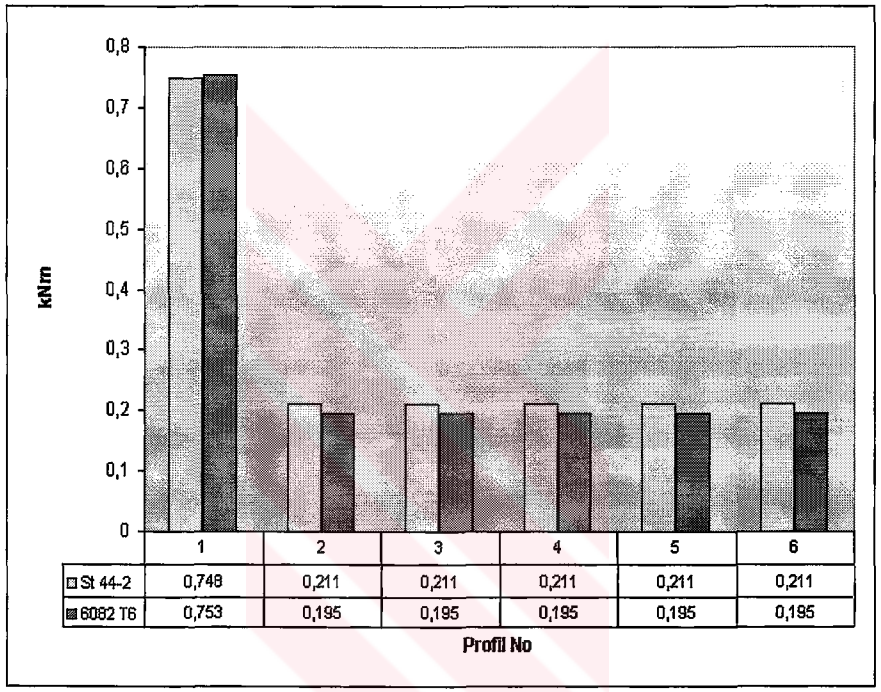
3.2.2. Tavan iskelet profillerinin mukavemet analizleri :

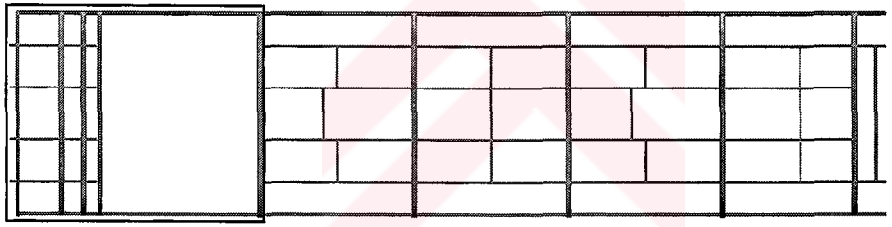
Tablo 3.2.2.1. Tavan 1. grup için St 44-2 çelik ile 6082 T6 alüminyum alaşım malzeme arasında mukavemet analizi

Konst. Grubu: Tavan 3.2.2.1 / St 44-2														
P. No	Profil	L (mm)	A (mm^2)	V (mm^3)	d (kg/mm^3)	M (kg)	Mik. (Ad.)	T.M (kg)	I (mm^4)	A.G (Mpa)	F.S	i.V.G (Mpa)	Ç.G (Mpa)	c (mm)	E.M (kNm)
1	40x40x3	2650	444	1176600	7.80E-06	9,177	4	36,708	1,02E+05	440	3	147	300	20	0,748
2	40x20x2	85	224	19040		0,149	4	0,596	1,44E+04					10	0,211
3	40x20x2	460	224	103040		0,804	4	3,216	1,44E+04					10	0,211
4	40x20x2	193	224	43232		0,337	4	1,348	1,44E+04					10	0,211
5	40x20x2	135	224	30240		0,236	4	0,944	1,44E+04					10	0,211
6	40x20x2	2340	224	524160		4,088	2	8,176	1,44E+04					10	0,211
								50,988	kg						

Konst. Grubu: Tavan 3.2.2.1 / 6082 T6														
P. No	Profil	L (mm)	A (mm^2)	V (mm^3)	d (kg/mm^3)	M (kg)	Mik. (Ad.)	T.M (kg)	I (mm^4)	A.G (Mpa)	F.S	i.V.G (Mpa)	Ç.G (Mpa)	c (mm)	E.M (kNm)
1	40x40x5	2650	700	1176600	2.70E-06	5,009	4	20,036	1,46E+05	310	3	103	260	20	0,753
2	40x20x3	85	324	19040		0,074	4	0,296	1,89E+04					10	0,195
3	40x20x3	460	324	103040		0,402	4	1,608	1,89E+04					10	0,195
4	40x20x3	193	324	43232		0,169	4	0,676	1,89E+04					10	0,195
5	40x20x3	135	324	30240		0,118	4	0,472	1,89E+04					10	0,195
6	40x20x3	2340	324	524160		2,047	2	4,094	1,89E+04					10	0,195
								27,182	kg						

KoGr 3.2.2.1			
S.N	P. N	St 44-2	6082 T6
1	1	0,748	0,753
2	2	0,211	0,195
3	3	0,211	0,195
4	4	0,211	0,195
5	5	0,211	0,195
6	6	0,211	0,195





Kimyasal Bileşimleri		
Alasımlar	**St 44-2**	**6082 T6**
Si (%)		**0.7 / 1.3**
Fe (%)	-	0.5
Cu (%)	-	0.1
Mn (%)	1.52	0.4 / 1
Mg (%)	-	**0.6 / 1.2**
Cr (%)	-	0.25
P (%)	0.045	-
Zn (%)	-	0.2
C (%)	0.21	-
Ti (%)	-	0.1
S (%)	0.045	-
N (%)	0.009	-
Diğer (%)	-	0.05 / 0.15
Mekanik Özellikler		
Rp0.2 (Mpa)	275	310
Rm (Mpa)	430-540	340
Uzama (%)	21	11

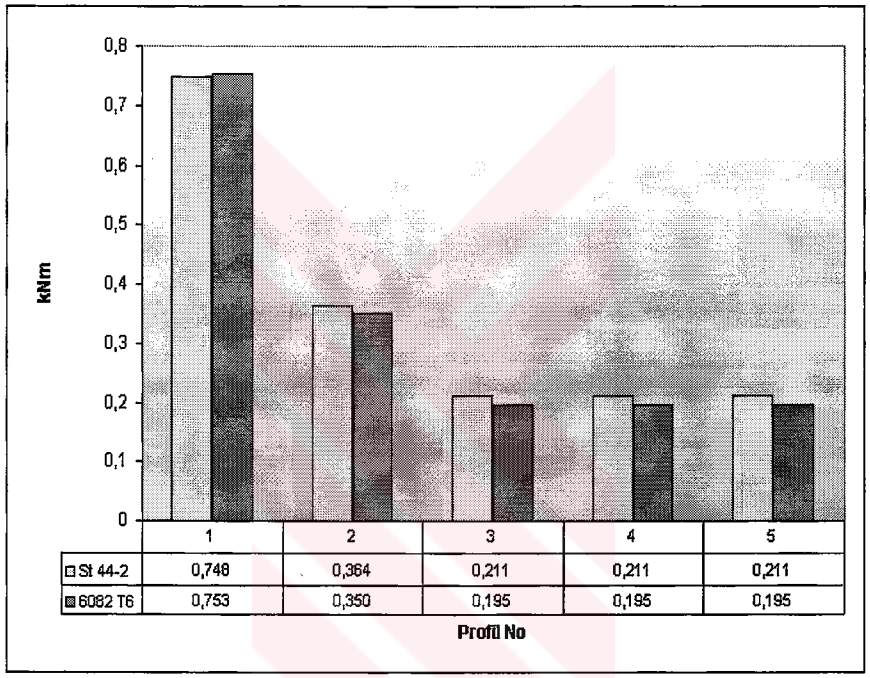
Grafik 3.2.2.1. Tavan 1. grup için St 44-2 çelik ile 6082 T6 alüminyum alaşım malzemelerinin eğilme momentleri bakımından birbirleriyle kıyaslanması

Tablo 3.2.2.2.Tavan 2. grup için St 44-2 çelik ile 6082 T6 alüminyum alaşım malzeme arasında mukavemet analizi

Konst. Grubu: Tavan 3.2.2.2 / St 44-2														
P. No	Profil	L (mm)	A (mm^2)	V (mm^3)	d (kg/mm^3)	M (kg)	Mik. (Ad.)	T.M (kg)	I (mm^4)	A.G (Mpa)	F.S	i.V.G (Mpa)	Ç.G (Mpa)	c (mm)	E.M (kNm)
1	40x40x3	2650	444	1176600		9,177	1	9,177	1,02E+05					20	0,748
7	40x30x2	1740	264	459360		3,583	2	7,166	3,73E+04					15	0,364
8	40x20x2	465	224	104160	7.80E-06	0,812	2	1,625	1,44E+04	440	3	147	300	10	0,211
9	40x20x2	570	224	127680		0,996	1	0,996	1,44E+04					10	0,211
17	40x20x2	1740	224	389760		3,040	4	12,161	1,44E+04					10	0,211
								31,125	kg						

Konst. Grubu: Tavan 3.2.2.2 / 6082 T6														
P. No	Profil	L (mm)	A (mm^2)	V (mm^3)	d (kg/mm^3)	M (kg)	Mik. (Ad.)	T.M (kg)	I (mm^4)	A.G (Mpa)	F.S	i.V.G (Mpa)	Ç.G (Mpa)	c (mm)	E.M (kNm)
1	40x40x5	2650	700	1855000		5,009	1	5,009	1,46E+05					20	0,753
7	40x30x3	1740	384	668160		1,804	2	3,608	5,08E+04					15	0,350
8	40x20x3	465	324	150660	2.70E-06	0,407	2	0,814	1,89E+04	310	3	103	260	10	0,195
9	40x20x3	570	324	184680		0,499	1	0,499	1,89E+04					10	0,195
17	40x20x3	1740	324	563760		1,522	4	6,088	1,89E+04					10	0,195
								16,018	kg						

KoGr 3.2.2.2			
S.N	P. N	St 44-2	6082 T6
1	1	0,748	0,753
2	7	0,364	0,35
3	8	0,211	0,195
4	9	0,211	0,195
5	17	0,211	0,195



Kimyasal Bileşimleri		
Alasımlar	**St 44-2**	**6082 T6**
Si (%)		**0.7 / 1.3**
Fe (%)	-	0.5
Cu (%)	-	0.1
Mn (%)	1.52	0.4 / 1
Mg (%)	-	**0.6 / 1.2**
Cr (%)	-	0.25
P (%)	0.045	-
Zn (%)	-	0.2
C (%)	0.21	-
Ti (%)	-	0.1
S (%)	0.045	-
N (%)	0.009	-
Diğer (%)	-	0.05 / 0.15
Mekanik Özellikler		
Rp0.2 (Mpa)	275	310
Rm (Mpa)	430-540	340
Uzama (%)	21	11

Grafik 3.2.2.2.Tavan 2. grup için St 44-2 çelik ile 6082 T6 alüminyum alaşım malzemelerinin eğilme momentleri bakımından birbirleriyle kıyaslanması

Tablo 3.2.2.3. Tavan 3. grup için St 44-2 çelik ile 6082 T6 alüminyum alaşım malzeme arasında mukavemet analizi

Konstruksıyon Grubu: Tavan 3.2.2.3

Malzeme:St 44-2

P. No	Profil	L (mm)	A (mm^2)	V (mm^3)	d (kg/mm^3)	M (kg)	Mik. (Ad.)	T.M (kg)	I (mm^4)	A.G (Mpa)	F.S	i.V.G (Mpa)	Ç.G (Mpa)	c (mm)	E.M (kNm)
1	40x40x3	2650	444	1176600	7.80E-06	9,177	1	9,177	1,02E+05	440	3	147	300	20	0,748
7	40x30x2	1740	264	459360		3,583	2	7,166	3,73E+04					15	0,364
8	40x20x2	465	224	104160		0,812	2	1,625	1,44E+04					10	0,211
9	40x20x2	570	224	127680		0,996	1	0,996	1,44E+04					10	0,211
17	40x20x2	1740	224	389760		3,040	4	12,161	1,44E+04					10	0,211
								31,125	kg						

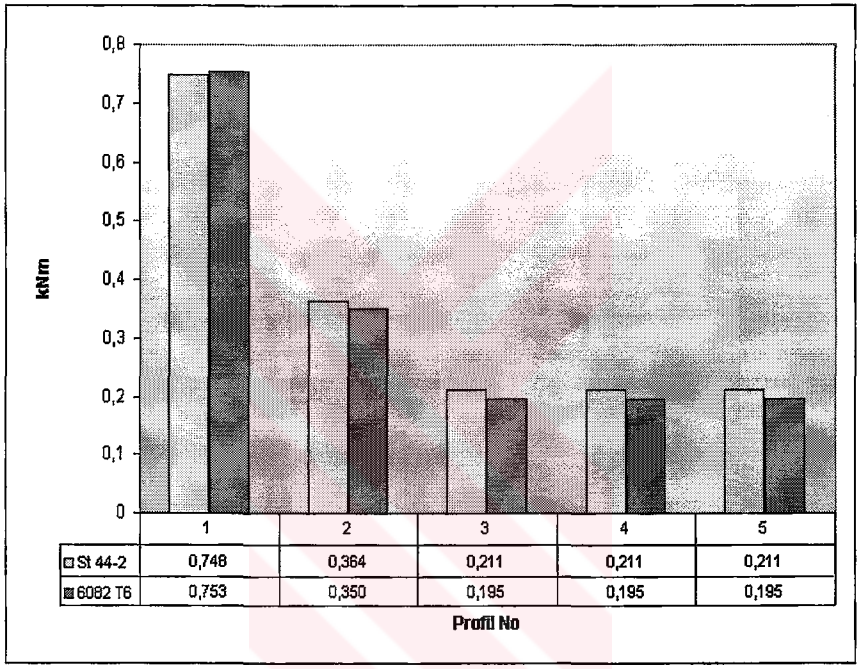
Konstruksıyon Grubu: Tavan 3.2.2.3

Malzeme:6082

T6

P. No	Profil	L (mm)	A (mm^2)	V (mm^3)	d (kg/mm^3)	M (kg)	Mik. (Ad.)	T.M (kg)	I (mm^4)	A.G (Mpa)	F.S	i.V.G (Mpa)	Ç.G (Mpa)	c (mm)	E.M (kNm)
1	40x40x5	2650	700	1855000	2.70E-06	5,009	1	5,009	1,46E+05	310	3	103	260	20	0,753
7	40x30x3	1740	384	668160		1,804	2	3,608	5,08E+04					15	0,350
8	40x20x3	465	324	150660		0,407	2	0,814	1,89E+04					10	0,195
9	40x20x3	570	324	184680		0,499	1	0,499	1,89E+04					10	0,195
17	40x20x3	1740	324	563760		1,522	4	6,088	1,89E+04					10	0,195
								16,018	kg						

KoGr 3.2.2.3			
S.N	P. N	St 44-2	6082 T6
1	1	0,748	0,753
2	7	0,364	0,35
3	8	0,211	0,195
4	9	0,211	0,195
5	17	0,211	0,195



Kimyasal Bileşimleri		
Alasımlar	**St 44-2**	**6082 T6**
Si (%)		**0.7 / 1.3**
Fe (%)	-	0.5
Cu (%)	-	0.1
Mn (%)	1.52	0.4 / 1
Mg (%)	-	**0.6 / 1.2**
Cr (%)	-	0.25
P (%)	0.045	-
Zn (%)	-	0.2
C (%)	0.21	-
Ti (%)	-	0.1
S (%)	0.045	-
N (%)	0.009	-
Diğer (%)	-	0.05 / 0.15
Mekanik Özellikler		
Rp0.2 (Mpa)	275	310
Rm (Mpa)	430-540	340
Uzama (%)	21	11

Grafik 3.2.2.3. Tavan 3. grup için St 44-2 çelik ile 6082 T6 alüminyum alaşım malzemelerinin eğilme momentleri bakımından birbirleriyle kıyaslanması

Tablo 3.2.2.4. Tavan 4. grup için St 44-2 çelik ile 6082 T6 alüminyum alaşım malzeme arasında mukavemet analizi

Konstruksıyon Grubu: Tavan 3.2.2.4

Malzeme:St 44-2

P. No	Profil	L (mm)	A (mm^2)	V (mm^3)	d (kg/mm^3)	M (kg)	Mik. (Ad.)	T.M (kg)	I (mm^4)	A.G (Mpa)	F.S	i.V.G (Mpa)	Ç.G (Mpa)	c (mm)	E.M (kNm)
1	40x40x3	2650	444	1176600		9,177	1	9,177	1,02E+05					20	0,748
7	40x30x2	1740	264	459360		3,583	2	7,166	3,73E+04					15	0,364
8	40x20x2	465	224	104160	7.80E-06	0,812	2	1,625	1,44E+04	440	3	147	300	10	0,211
9	40x20x2	570	224	127680		0,996	1	0,996	1,44E+04					10	0,211
17	40x20x2	1740	224	389760		3,040	4	12,161	1,44E+04					10	0,211
								31,125	Kg						

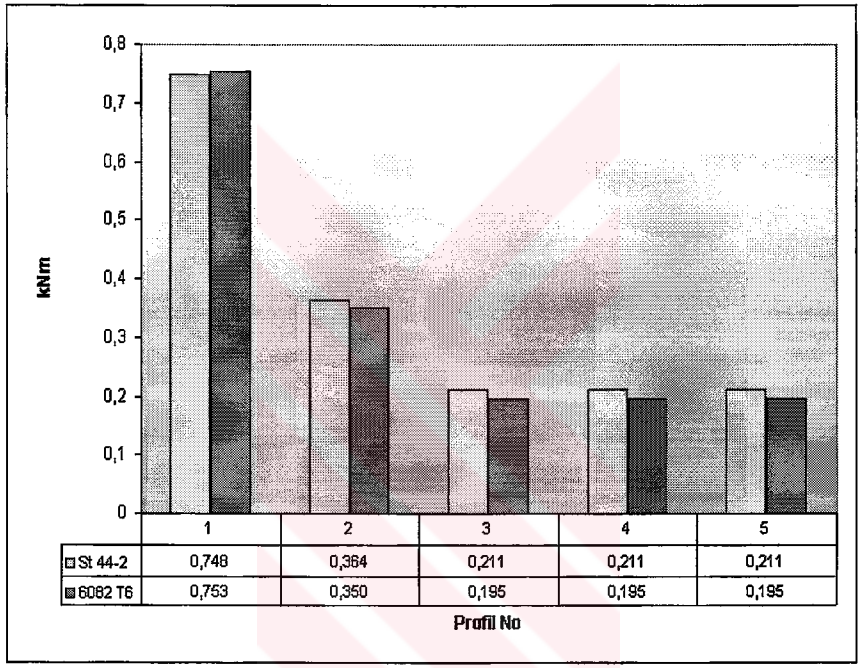
Konstruksıyon Grubu: Tavan 3.2.2.4

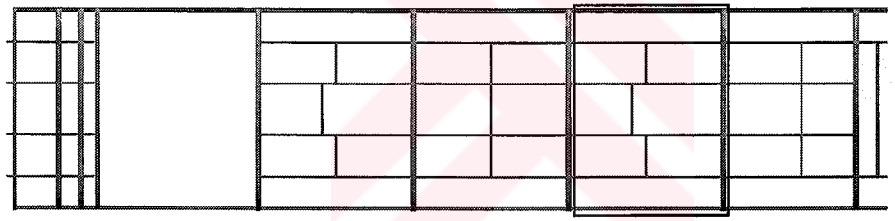
Malzeme:6082

T6

P. No	Profil	L (mm)	A (mm^2)	V (mm^3)	d (kg/mm^3)	M (kg)	Mik. (Ad.)	T.M (kg)	I (mm^4)	A.G (Mpa)	F.S	i.V.G (Mpa)	Ç.G (Mpa)	c (mm)	E.M (kNm)
1	40x40x5	2650	700	1855000		5,009	1	5,009	1,46E+05					20	0,753
7	40x30x3	1740	384	668160		1,804	2	3,608	5,08E+04					15	0,350
8	40x20x3	465	324	150660	2.70E-06	0,407	2	0,814	1,89E+04	310	3	103	260	10	0,195
9	40x20x3	570	324	184680		0,499	1	0,499	1,89E+04					10	0,195
17	40x20x3	1740	324	563760		1,522	4	6,088	1,89E+04					10	0,195
								16,018	Kg						

KoGr 3.2.2.4			
S.N	P. N	St 44-2	6082 T6
1	1	0,748	0,753
2	7	0,364	0,35
3	8	0,211	0,195
4	9	0,211	0,195
5	17	0,211	0,195





Kimyasal Bileşimleri		
Alasımlar	**St 44-2**	**6082 T6**
Si (%)		**0.7 / 1.3**
Fe (%)	-	0.5
Cu (%)	-	0.1
Mn (%)	1.52	0.4 / 1
Mg (%)	-	**0.6 / 1.2**
Cr (%)	-	0.25
P (%)	0.045	-
Zn (%)	-	0.2
C (%)	0.21	-
Ti (%)	-	0.1
S (%)	0.045	-
N (%)	0.009	-
Diğer (%)	-	0.05 / 0.15
Mekanik Özellikler		
Rp0.2 (Mpa)	275	310
Rm (Mpa)	430-540	340
Uzama (%)	21	11

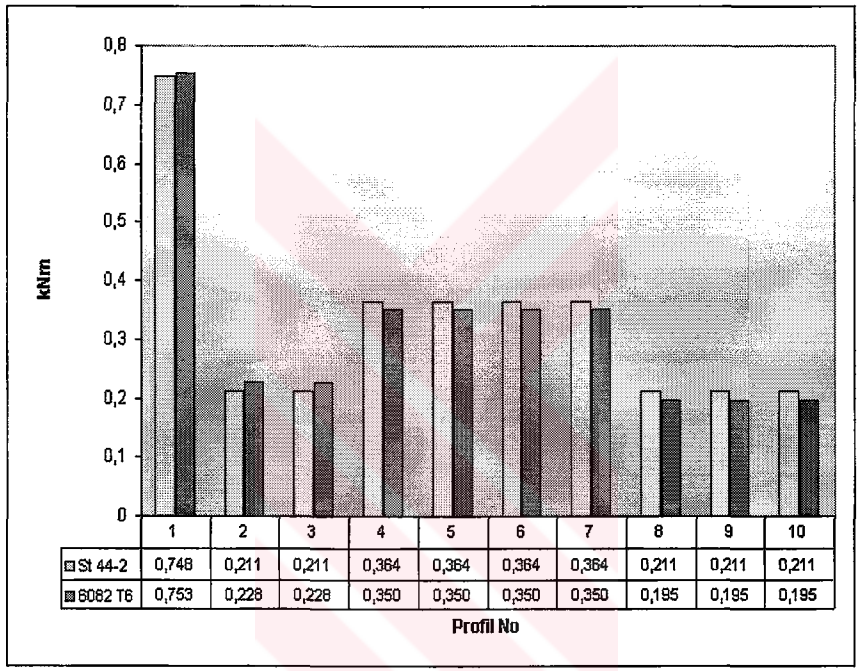
Grafik 3.2.2.4. Tavan 4. grup için St 44-2 çelik ile 6082 T6 alüminyum alaşım malzemelerinin eğilme momentleri bakımından birbirleriyle kıyaslanması

Tablo 3.2.2.5. Tavan 5. grup için St 44-2 çelik ile 6082 T6 alüminyum alaşım malzeme arasında mukavemet analizi

Konstruksıyon Grubu: Tavan 3.2.2.5				Malzeme:St 44-2											
P. No	Profil	L (mm)	A (mm^2)	V (mm^3)	d (kg/mm^3)	M (kg)	Mik. (Ad.)	T.M (kg)	I (mm^4)	A.G (Mpa)	F.S	i.V.G (Mpa)	Ç.G (Mpa)	c (mm)	E.M (kNm)
1	40x40x3	2650	444	1176600		9,177	2	18,354	1,02E+05					20	0,748
8	40x20x2	465	224	104160		0,812	2	1,624	1,44E+04					10	0,211
9	40x20x2	570	224	127680		0,996	1	0,996	1,44E+04					10	0,211
10	40x30x2	1860	264	491040		3,830	2	7,66	3,73E+04					15	0,364
11	40x30x2	2472	264	652608		5,090	1	5,09	3,73E+04					15	0,364
12	40x30x2	445	264	99680	7.80E-06	0,778	2	1,556	3,73E+04	440	3	147	300	15	0,364
13	40x30x2	1540	264	406560		3,171	1	3,171	3,73E+04					15	0,364
14	40x20x2	1530	224	342720		2,673	1	2,673	1,44E+04					10	0,211
15	40x20x2	365	224	81760		0,638	2	1,276	1,44E+04					10	0,211
16	40x20x2	1470	224	329280		2,568	4	10,272	1,44E+04					10	0,211
								52,672	Kg						

Konstruksıyon Grubu: Tavan 3.2.2.5				Malzeme:6082T6											
P. No	Profil	L (mm)	A (mm^2)	V (mm^3)	d (kg/mm^3)	M (kg)	Mik. (Ad.)	T.M (kg)	I (mm^4)	A.G (Mpa)	F.S	i.V.G (Mpa)	Ç.G (Mpa)	c (mm)	E.M (kNm)
1	40x40x5	2650	700	1855000		5,0085	2	10,017	1,46E+05					20	0,753
8	40x20x4	465	416	193440		0,5223	2	1,044576	2,21E+04					10	0,228
9	40x20x4	570	416	237120		0,6402	1	0,640224	2,21E+04					10	0,228
10	40x30x3	1860	384	714240		1,9284	2	3,856896	5,08E+04					15	0,350
11	40x30x3	2472	384	949248		2,563	1	2,56297	5,08E+04					15	0,350
12	40x30x3	445	384	170880	2.70E-06	0,4614	2	0,922752	5,08E+04	310	3	103	260	15	0,350
13	40x30x3	1540	384	591360		1,5967	1	1,596672	5,08E+04					15	0,350
14	40x20x3	1530	324	495720		1,3384	1	1,338444	1,89E+04					10	0,195
15	40x20x3	365	324	118260		0,3193	2	0,638604	1,89E+04					10	0,195
16	40x20x3	1470	324	476280		1,286	4	5,143824	1,89E+04					10	0,195
								27,762	Kg						

KoGr 3.2.2.5			
S.N	P. N	St 44-2	6082 T6
1	1	0,748	0,753
2	8	0,211	0,228
3	9	0,211	0,228
4	10	0,364	0,35
5	11	0,364	0,35
6	12	0,364	0,35
7	13	0,364	0,35
8	14	0,211	0,195
9	15	0,211	0,195
10	16	0,211	0,195



Kimyasal Bileşimleri		
Alasımlar	**St 44-2**	**6082 T6**
Si (%)		**0.7 / 1.3**
Fe (%)	-	0.5
Cu (%)	-	0.1
Mn (%)	1.52	0.4 / 1
Mg (%)	-	**0.6 / 1.2**
Cr (%)	-	0.25
P (%)	0.045	-
Zn (%)	-	0.2
C (%)	0.21	-
Ti (%)	-	0.1
S (%)	0.045	-
N (%)	0.009	-
Diğer (%)	-	0.05 / 0.15
Mekanik Özellikler		
Rp0.2 (Mpa)	275	310
Rm (Mpa)	430-540	340
Uzama (%)	21	11

Grafik 3.2.2.5. Tavan 5. grup için St 44-2 çelik ile 6082 T6 alüminyum alaşım malzemelerinin eğilme momentleri bakımından birbirleriyle kıyaslanması

3.2.3. Arka iskelet profillerinin mukavemet analizleri

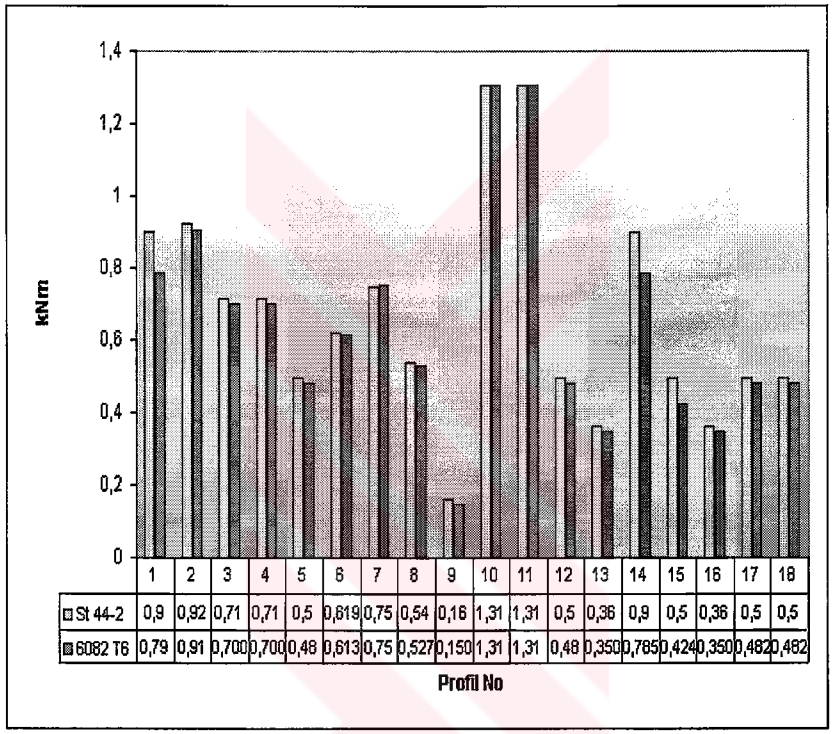
Tablo 3.2.3.1.A . Arka İskelet 1.A Grup İçin St 44-2 Çelik Malzemelerinin Mukavemet Analizi

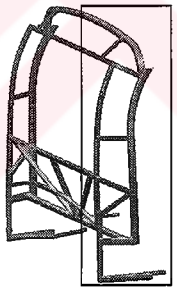
Konstruksıyon Grubu: Arka İskelet:3.2.3.1 Malzeme:St 44-2															
P. No	Profil	L (mm)	A (mm^2)	V (mm^3)	d (kg/mm^3)	M (kg)	Mik. (Ad.)	T.M (kg)	I (mm^4)	A.G (Mpa)	F.S	i.V.G (Mpa)	Ç.G (Mpa)	c (mm)	E.M (kNm)
1	50x40x3	473	504	238392		1,859	1	1,859	1,23E+05					20	0,899
2	40x40x4	620	576	357120		2,786	1	2,786	1,26E+05					20	0,924
3	60x30x3	620	504	312480		2,437	1	2,437	7,28E+04					15	0,712
4	60x30x3	296	504	149184		1,164	1	1,164	7,28E+04					15	0,712
5	40x30x3	353	384	135552		1,057	1	1,057	5,08E+04					15	0,497
6	40x35x3	268	414	110952		0,865	1	0,865	7,38E+04					18	0,619
7	40x40x3	1890	444	839160		6,545	1	6,545	1,02E+05					20	0,748
8	40x40x2	2705	304	822320		6,414	1	6,414	7,34E+04					20	0,538
9	30x20x2	253	184	46552	7.80E-06	0,363	1	0,363	1,11E+04	440	3	147	300	10	0,163
10	60x40x4	1705	736	1254880		9,788	1	9,788	1,78E+05					20	1,305
11	60x40x4	1545	736	1137120		8,870	1	8,870	1,78E+05					20	1,305
12	40x30x3	670	384	257280		2,007	1	2,007	5,08E+04					15	0,497
13	40x30x2	365	264	96360		0,752	1	0,752	3,73E+04					15	0,364
14	50x40x3	2445	504	1232280		9,612	1	9,612	1,23E+05					20	0,899
15	40x30x3	1070	384	410880		3,205	1	3,205	5,08E+04					15	0,497
16	40x30x2	550	264	145200		1,133	1	1,133	3,73E+04					15	0,364
17	40x30x3	2130	384	817920		6,380	1	6,380	5,08E+04					15	0,497
18	40x30x3	2080	384	798720		6,230	1	6,230	5,08E+04					15	0,497
								71,467	kg						

Tablo 3.2.3.1.B. Arka İskelet 1.B Grup İçin Alüminyum 6082 Alaşımının Mukavemet Analizi

Konstruksıyon Grubu: Arka İskelet :3.2.3.1 Malzeme:6082 T6															
P. No	Profil	L (mm)	A (mm^2)	V (mm^3)	d (kg/mm^3)	M (kg)	Mik. (Ad.)	T.M (kg)	I (mm^4)	A.G (Mpa)	F.S	i.V.G (Mpa)	Ç.G (Mpa)	c (mm)	E.M (kNm)
1	50x40x4	473	656	310288		0,838	1	0,838	1,52E+05					20	0,785
2	40x40x7	620	924	572880		1,547	1	1,547	1,75E+05					20	0,905
3	60x30x5	620	800	496000		1,339	1	1,339	1,02E+05					15	0,700
4	60x30x5	296	800	236800		0,639	1	0,639	1,02E+05					15	0,700
5	40x30x5	353	600	211800		0,572	1	0,572	7,00E+04					15	0,482
6	40x35x5	268	650	174200		0,47	1	0,47	1,04E+05					18	0,613
7	40x40x5	1890	700	1323000		3,572	1	3,572	1,46E+05					20	0,753
8	40x40x3	2705	444	1201020		3,243	1	3,243	1,02E+05					20	0,527
9	30x20x3	253	264	66792	2.70E-06	0,18	1	0,18	1,45E+04	310	3	103	260	10	0,150
10	60x40x7	1705	1204	2052820		5,543	1	5,543	2,53E+05					20	1,305
11	60x40x7	1545	1204	1860180		5,022	1	5,022	2,53E+05					20	1,305
12	40x30x5	670	600	402000		1,085	1	1,085	7,00E+04					15	0,482
13	40x30x3	365	384	140160		0,378	1	0,378	5,08E+04					15	0,350
14	50x40x4	2445	656	1603920		4,331	1	4,331	1,52E+05					20	0,785
15	40x30x4	1070	496	530720		1,433	1	1,433	6,16E+04					15	0,424
16	40x30x3	550	384	211200		0,57	1	0,57	5,08E+04					15	0,350
17	40x30x5	2130	600	1278000		3,451	1	3,451	7,00E+04					15	0,482
18	40x30x5	2080	600	1248000		3,370	1	3,370	7,00E+04					15	0,482
								37,583	kg						

KoGr 3.2.3.1			
S.N	P. N	St 44-2	6082 T6
1	1	0,899	0,785
2	2	0,924	0,905
3	3	0,712	0,7
4	4	0,712	0,7
5	5	0,497	0,482
6	6	0,619	0,613
7	7	0,748	0,753
8	8	0,538	0,527
9	9	0,163	0,15
10	10	1,305	1,305
11	11	1,305	1,305
12	12	0,497	0,482
13	13	0,364	0,35
14	14	0,899	0,785
15	15	0,497	0,424
16	16	0,364	0,35
17	17	0,497	0,482
18	18	0,497	0,482





Kimyasal Bileşimleri		
Alasımlar	**St 44-2**	**6082 T6**
Si (%)		**0.7 / 1.3**
Fe (%)	-	0.5
Cu (%)	-	0.1
Mn (%)	1.52	0.4 / 1
Mg (%)	-	**0.6 / 1.2**
Cr (%)	-	0.25
P (%)	0.045	-
Zn (%)	-	0.2
C (%)	0.21	-
Ti (%)	-	0.1
S (%)	0.045	-
N (%)	0.009	-
Diğer (%)	-	0.05 / 0.15
Mekanik Özellikler		
Rp0.2 (Mpa)	275	310
Rm (Mpa)	430-540	340
Uzama (%)	21	11

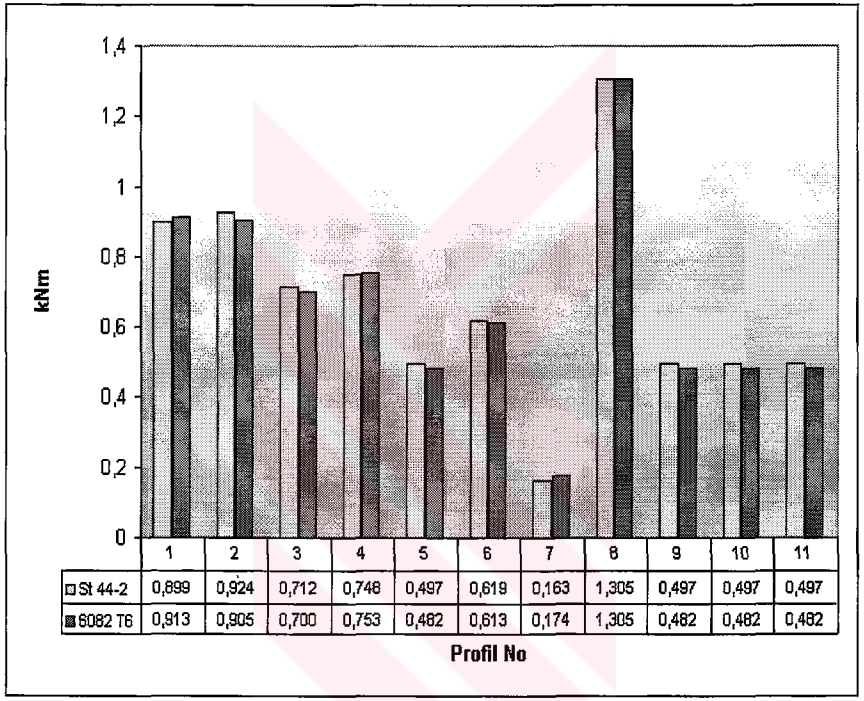
Grafik 3.2.3.1. Arka iskelet 1. grup için St 44-2 çelik ile 6082 T6 alüminyum alaşım malzemelerinin eğilme momentleribakımından birbirleriyle kıyaslanması

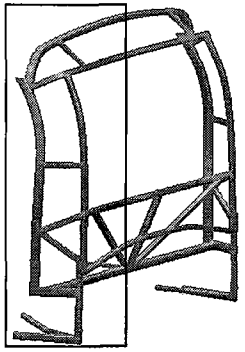
Tablo 3.2.3.2. Arka iskelet 2. grup için St 44-2 çelik ile 6082 T6 alüminyum alaşım malzeme arasında mukavemet analizi

Konstruksıyon Grubu: Arka İskelet: 3.2.3.2								Malzeme:St 44-2							
P.	Profil	L	A	V	d	M	Mik.	T.M	I	A.G	F.S	i.V.G	Ç.G	c	E.M
19	50x40x3	473	504	238392		1,859	1	1,859	1,23E+05					20	0,899
20	40x40x4	620	576	357120		2,786	1	2,786	1,26E+05					20	0,924
21	60x30x3	296	504	149184		1,164	1	1,164	7,28E+04					15	0,712
22	40x40x3	350	384	134400		1,212	1	1,212	1,02E+05					20	0,748
23	40x30x3	353	384	135552		1,057	1	1,057	5,08E+04					15	0,497
24	40x35x3	268	414	110952	7.80E-06	0,865	1	0,865	7,38E+04	440	3	147	300	18	0,619
25	40x40x3	1890	444	839160		2,713	1	2,713	1,11E+04					10	0,163
26	30x20x2	253	184	46552		1,452	1	1,452	1,78E+05					20	1,305
27	60x40x4	1545	736	1137120		4,628	1	4,628	5,08E+04					15	0,497
28	40x30x3	1070	384	410880		3,205	1	3,205	5,08E+04					15	0,497
29	40x30x3	670	384	257280		2,007	1	2,007	5,08E+04					15	0,497
								22,948	kg						

Konstruksıyon Grubu: Arka İskelet: 3.2.3.2								Malzeme:6082 T6							
P.	Profil	L	A	V	d	M	Mik.	T.M	I	A.G	F.S	i.V.G	Ç.G	c	E.M
19	50x40x5	473	800	378400		1,022	1	1,022	1,77E+05					20	0,913
20	40x40x7	620	924	572880		1,547	1	1,547	1,75E+05					20	0,905
21	60x30x5	296	800	236800		0,639	1	0,639	1,02E+05					15	0,700
22	40x40x5	350	700	245000		0,662	1	0,662	1,46E+05					20	0,753
23	40x30x5	353	600	211800		0,572	1	0,572	7,00E+04					15	0,482
24	40x35x5	268	650	174200	2.70E-06	0,470	1	0,470	1,04E+05	310	3	103	260	18	0,613
25	40x40x4	1890	336	635040		1,715	1	1,715	1,68E+04					10	0,174
26	30x20x7	253	1204	304612		0,822	1	0,822	2,53E+05					20	1,305
27	60x40x5	1545	600	927000		2,503	1	2,503	7,00E+04					15	0,482
28	40x30x5	1070	600	642000		1,733	1	1,733	7,00E+04					15	0,482
29	40x30x5	670	600	402000		1,085	1	1,085	7,00E+04					15	0,482
								12,770	kg						

KoGr 3.2.3.2			
S.N	P. N	St 44-2	6082 T6
1	1	0,899	0,913
2	2	0,924	0,905
3	3	0,712	0,7
4	4	0,748	0,753
5	5	0,497	0,482
6	6	0,619	0,613
7	7	0,163	0,174
8	8	1,305	1,305
9	9	0,497	0,482
10	10	0,497	0,482
11	11	0,497	0,482





Kimyasal Bileşimleri		
Alasımlar	**St 44-2**	**6082 T6**
Si (%)		**0.7 / 1.3**
Fe (%)	-	0.5
Cu (%)	-	0.1
Mn (%)	1.52	0.4 / 1
Mg (%)	-	**0.6 / 1.2**
Cr (%)	-	0.25
P (%)	0.045	-
Zn (%)	-	0.2
C (%)	0.21	-
Ti (%)	-	0.1
S (%)	0.045	-
N (%)	0.009	-
Diğer (%)	-	0.05 / 0.15
Mekanik Özellikler		
Rp0.2 (Mpa)	275	310
Rm (Mpa)	430-540	340
Uzama (%)	21	11

Grafik 3.2.3.2. Arka iskelet 2. grup için St 44-2 çelik ile 6082 T6 alüminyum alaşım malzemelerinin eğilme momentleri bakımındanbirbirleriyle kıyaslanması

3.2.4. Sol yan duvar iskelet profillerinin mukavemet analizleri

Tablo 3.2.4.1.A. Sol yan duvar iskeleti 1.A grup için St 44-2 çelik malzemelerinin mekanik özellikleri

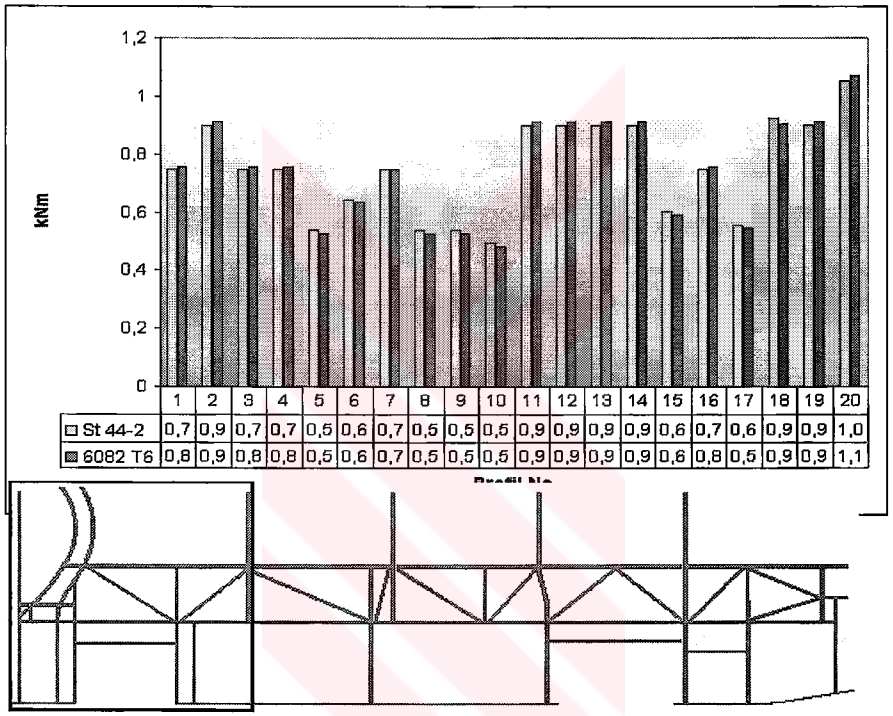
Konstruksıyon Grubu: Sol Yan Duvar 3.2.4.1
Malzeme:St 44-2

P. No	Profil	L (mm)	A (mm^2)	V (mm^3)	d (kg/mm^3)	M (kg)	Mik. (Ad.)	T.M (kg)	I (mm^4)	A.G (Mpa)	F.S	i.V.G (Mpa)	Ç.G (Mpa)	c (mm)	E.M (kNm)
15	40x40x3	4280	16,69	1900320		14,822	1	14,822	1,02E-07					20	0,748
16	50x40x3	5480	21,54	2761920		21,543	1	21,543	1,22E-07					20	0,899
17	40x40x3	1072	3,713	475968		3,713	1	3,713	1,01E-07					20	0,748
18	40x40x3	1352	4,682	600288		4,682	2	9,364	1,01E-07					20	0,748
19	40x40x2	1220	2,893	370880		2,893	1	2,893	7,33E-08					20	0,538
20	50x40x2	140	0,354	48160		0,376	1	0,376	8,78E-08					20	0,644
21	50x35x3	310	1,219	146940		1,146	1	1,146	8,92E-08					18	0,748
22	40x40x2	1350	3,201	410400		3,201	3	9,603	7,33E-08					20	0,538
23	40x40x2	840	1,992	255360		1,992	1	1,992	7,33E-08					20	0,538
24	45x35x2	175	0,442	53200	7,8E-06	0,415	1	0,415	5,89E-08	440	3	147	300	17	0,494
25	50x40x3	130	0,511	65520		0,511	1	0,511	1,22E-07					18	0,899
26	50x40x3	1720	6,762	866880		6,762	1	6,762	1,22E-07					20	0,899
27	50x40x3	2010	7,902	1013040		7,902	1	7,902	1,22E-07					20	0,899
28	50x40x3	1900	7,469	957600		7,469	1	7,469	1,22E-07					20	0,899
29	50x30x3	215	0,745	95460		0,745	1	0,745	6,18E-08					15	0,604
30	40x40x3	520	1,801	230880		1,801	1	1,801	1,01E-07					20	0,748
31	35x35x3	1300	3,894	499200		3,894	1	3,894	6,61E-08					18	0,554
32	40x40x4	700	3,145	403200		3,145	1	3,145	1,25E-07					20	0,924
33	50x40x3	1990	7,823	1002960		7,823	1	7,823	1,22E-07					20	0,899
34	60x40x3	1720	7,567	970080		7,567	1	7,567	1,43E-07					20	1,050
								113,486	kg						

Tablo 3.2.4.1.B. Sol yan duvar iskeleti 1.B grup için alüminyum 6082 T6 alaşım malzeme arasında mukavemet analizi

Konst. Grubu: Sol Yan Duvar 3.2.4.1 / 6082 T6															
P. No	Profil	L (mm)	A (mm^2)	V (mm^3)	d (kg/mm^3)	M (kg)	Mik. (Ad.)	T.M (kg)	I (mm^4)	A.G (Mpa)	F.S	i.V.G (Mpa)	Ç.G (Mpa)	c (mm)	E.M (kNm)
15	40x40x5	4280	700	2996000		8,089	1	8,089	1,46E+05					20	0,753
16	50x40x5	5480	800	4384000		11,837	1	11,837	1,77E+05					20	0,913
17	40x40x5	1072	700	750400		2,026	1	2,026	1,46E+05					20	0,753
18	40x40x5	1352	700	946400		2,555	2	5,110	1,46E+05					20	0,753
19	40x40x3	1220	444	541680		1,463	1	1,463	1,02E+05					20	0,527
20	50x40x3	140	504	70560		0,191	1	0,191	1,23E+05					20	0,633
21	50x35x5	310	750	232500		0,628	1	0,628	1,27E+05					18	0,747
22	40x40x3	1350	444	599400		1,618	3	4,854	1,02E+05					20	0,527
23	40x40x3	840	444	372960		1,007	1	1,007	1,02E+05					20	0,527
24	45x35x3	175	444	77700	2,7E-06	0,21	1	0,21	8,15E+04	310	3	103	260	17	0,481
25	50x40x5	130	800	104000		0,281	1	0,281	1,77E+05					18	0,913
26	50x40x5	1720	800	1376000		3,715	1	3,715	1,77E+05					20	0,913
27	50x40x5	2010	800	1608000		4,342	1	4,342	1,77E+05					20	0,913
28	50x40x5	1900	800	1520000		4,104	1	4,104	1,77E+05					20	0,913
29	50x30x5	215	700	150500		0,406	1	0,406	8,58E+04					15	0,591
30	40x40x5	520	700	364000		0,983	1	0,983	1,46E+05					20	0,753
31	35x35x5	1300	600	780000		2,106	1	2,106	9,25E+04					18	0,546
32	40x40x7	700	924	646800		1,746	1	1,746	1,75E+05					20	0,905
33	50x40x5	1990	800	1592000		4,298	1	4,298	1,77E+05					20	0,913
34	60x40x5	1720	900	1548000		4,18	1	4,18	2,08E+05					20	1,072
								61,576	kg						

KoGr 3.2.4.1			
S.N	P. N	St 44-2	6082 T6
1	15	0,748	0,753
2	16	0,899	0,913
3	17	0,748	0,753
4	18	0,748	0,753
5	19	0,538	0,527
6	20	0,644	0,633
7	21	0,748	0,747
8	22	0,538	0,527
9	23	0,538	0,527
10	24	0,494	0,481
11	25	0,899	0,913
12	26	0,899	0,913
13	27	0,899	0,913
14	28	0.899	0.913
15	29	0,604	0,591
16	30	0.748	0.758
17	31	0,554	0,546
18	32	0,924	0,905
19	33	0,899	0,913
20	34	1,05	1,072



Kimyasal Bileşimleri		
Alasımlar	**St 44-2**	**6082 T6**
Si (%)		**0.7 / 1.3**
Fe (%)	-	0.5
Cu (%)	-	0.1
Mn (%)	1.52	0.4 / 1
Mg (%)	-	**0.6 / 1.2**
Cr (%)	-	0.25
P (%)	0.045	-
Zn (%)	-	0.2
C (%)	0.21	-
Ti (%)	-	0.1
S (%)	0.045	-
N (%)	0.009	-
Diğer (%)	-	0.05 / 0.15
Mekanik Özellikler		
Rp0.2 (Mpa)	275	310
Rm (Mpa)	430-540	340
Uzama (%)	21	11

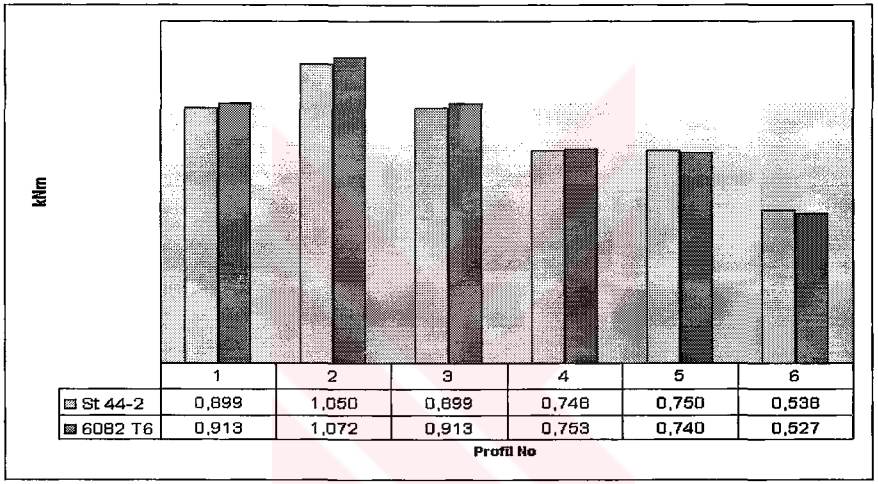
Grafik 3.2.4.1. Sol yan duvar iskeleti 1. grup için St 44-2 çelik ile 6082 T6 alüminyum alaşım malzemelerinin eğilme momentleri bakımından birbirleriyle kıyaslanması

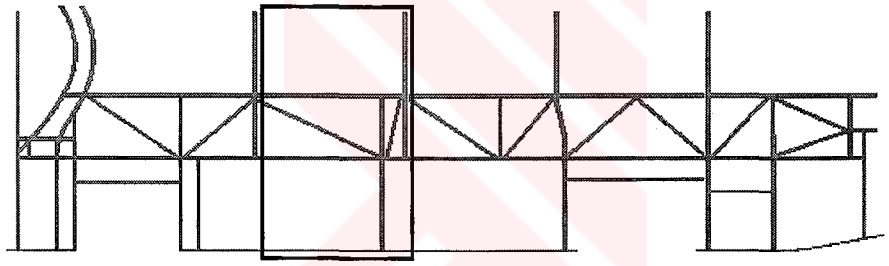
Tablo 3.2.4.2. Sol yan duvar iskeleti 2. grup için St 44-2 çelik ve 6082 alüminyum malzeme arasında mukavemet analizi

Konstruksıyon Grubu: Sol Yan Duvar 3.2.4.2 Malzeme:St 44-2															
P. No	Profil	L (mm)	A (mm^2)	V (mm^3)	d (kg/mm^3)	M (kg)	Mik. (Ad.)	T.M (kg)	I (mm^4)	A.G (Mpa)	F.S	i.V.G (Mpa)	Ç.G (Mpa)	c (mm)	E.M (kNm)
12	50x40x3	1388	504	699552	7,8E-06	5,457	1	5,457	1,23E+05	440	3	147	300	20	0,899
34	60x40x3	1720	564	970080		7,567	1	7,567	1,43E+05					20	1,050
35	50x40x3	1740	504	876960		6,840	1	6,840	1,23E+05					20	0,899
36	40x40x3	1615	444	717060		5,593	1	5,593	1,02E+05					20	0,748
37	60x40x2	700	564	394800		2,097	1	2,097	1,02E+05					20	0,750
38	40x40x2	730	304	221920		1,731	1	1,731	7,34E+04					20	0,538
								29,285	kg						

Konstruksıyon Grubu: Sol Yan Duvar 3.2.4.2 Malzeme:6082 T6															
P. No	Profil	L (mm)	A (mm^2)	V (mm^3)	d (kg/mm^3)	M (kg)	Mik. (Ad.)	T.M (kg)	I (mm^4)	A.G (Mpa)	F.S	i.V.G (Mpa)	Ç.G (Mpa)	c (mm)	E.M (kNm)
12	50x40x5	1388	800	1110400	2,7E-06	2,998	1	2,998	1,77E+05	310	3	103	260	20	0,913
34	60x40x5	1720	900	1548000		4,18	1	4,18	2,08E+05					20	1,072
35	50x40x5	1740	800	1392000		3,758	1	3,758	1,77E+05					20	0,913
36	40x40x5	1615	700	1130500		3,052	1	3,052	1,46E+05					20	0,753
37	60x40x3	700	564	394800		1,066	1	1,066	1,43E+05					20	0,740
38	40x40x3	730	444	324120		0,875	1	0,875	1,02E+05					20	0,527
								15,929	kg						

KoGr 3.2.4.2			
S.N	P. N	St 44-2	6082 T6
1	12	0,899	0,913
2	34	1,05	1,072
3	35	0,899	0,913
4	36	0,748	0,753
5	37	0,75	0,74
6	38	0,538	0,527





Kimyasal Bileşimleri		
Alasımlar	**St 44-2**	**6082 T6**
Si (%)		**0.7 / 1.3**
Fe (%)	-	0.5
Cu (%)	-	0.1
Mn (%)	1.52	0.4 / 1
Mg (%)	-	**0.6 / 1.2**
Cr (%)	-	0.25
P (%)	0.045	-
Zn (%)	-	0.2
C (%)	0.21	-
Ti (%)	-	0.1
S (%)	0.045	-
N (%)	0.009	-
Diğer (%)	-	0.05 / 0.15
Mekanik Özellikler		
Rp0.2 (Mpa)	275	310
Rm (Mpa)	430-540	340
Uzama (%)	21	11

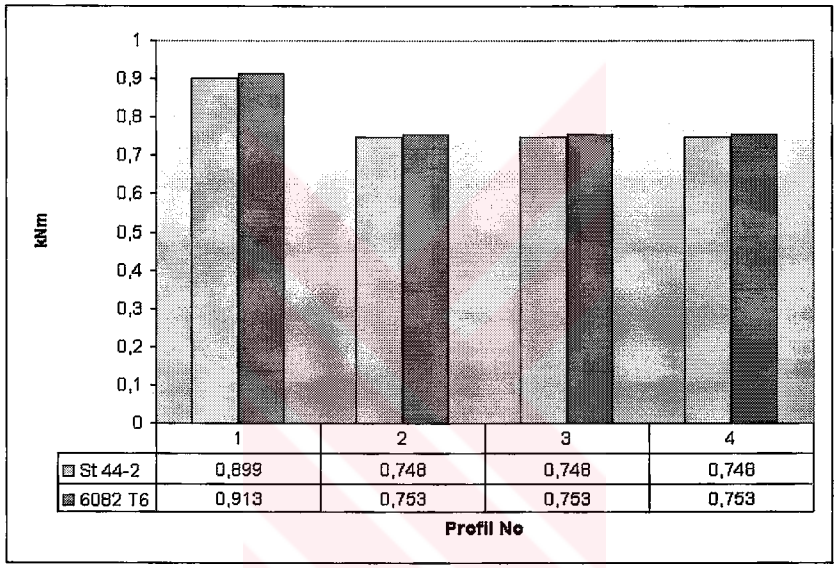
Grafik 3.2.4.2. Sol yan duvar iskeleti 2. grup için St 44-2 çelik ile 6082 T6 alüminyum alaşım malzemelerinin eğilme momentleri bakımından birbirleriyle kıyaslanması

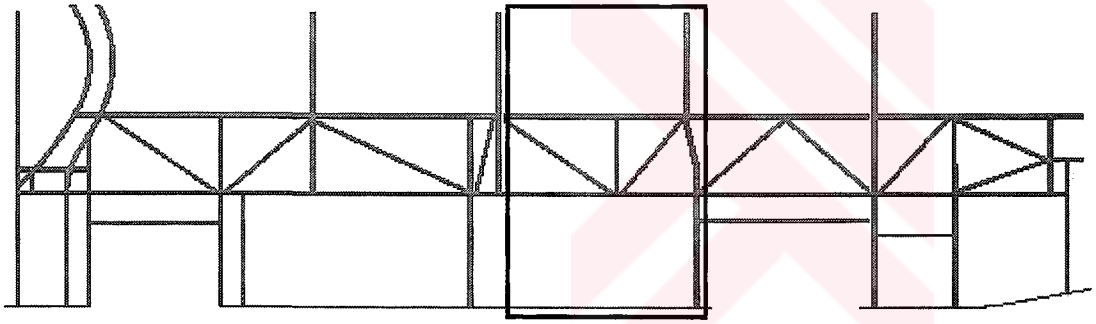
Tablo 3.3.4.3. Sol yanduvar 3. grup için St 44-2 çelik ile 6082 T6 alüminyum alaşım malzeme arasında mukavemet analizi

Konstruksıyon Grubu: Sol Yan Duvar 3.2.4.3 Malzeme:St 44-2															
P. No	Profil	L (mm)	A (mm^2)	V (mm^3)	d (kg/mm^3)	M (kg)	Mik. (Ad.)	T.M (kg)	I (mm^4)	A.G (Mpa)	F.S	i.V.G (Mpa)	Ç.G (Mpa)	c (mm)	E.M (kNm)
35	50x40x3	1740	504	876960		6,840	1	6,84	1,23E+05					20	0,899
39	40x40x3	1270	444	563880		4,398	1	4,398	1,02E+05					20	0,748
40	40x40x3	700	444	310800	7.80E-06	2,424	1	2,424	1,02E+05	440	3	147	300	20	0,748
41	40x40x3	930	444	412920		3,221	1	3,221	1,02E+05					20	0,748
								16,883	kg						

Konstruksıyon Grubu: Sol Yan Duvar 3.2.4..3 Malzeme:6082 T6															
P. No	Profil	L (mm)	A (mm^2)	V (mm^3)	d (kg/mm^3)	M (kg)	Mik. (Ad.)	T.M (kg)	I (mm^4)	A.G (Mpa)	F.S	i.V.G (Mpa)	Ç.G (Mpa)	c (mm)	E.M (kNm)
35	50x40x5	1740	800	1392000		3,758	1	3,758	1,77E+05					20	0,913
39	40x40x5	1270	700	889000		2,400	1	2,400	1,46E+05					20	0,753
40	40x40x5	700	700	490000	2.70E-06	1,332	1	1,332	1,46E+05	310	3	103	260	20	0,753
41	40x40x5	930	700	651000		1,758	1	1,758	1,46E+05					20	0,753
								9,248	kg						

KoGr 3.2.4.3			
S.N	P. N	St 44-2	6082 T6
1	35	0,899	0,913
2	39	0,748	0,753
3	40	0,748	0,753
4	41	0,748	0,753





Kimyasal Bileşimleri		
Alasımlar	**St 44-2**	**6082 T6**
Si (%)		**0.7 / 1.3**
Fe (%)	-	0.5
Cu (%)	-	0.1
Mn (%)	1.52	0.4 / 1
Mg (%)	-	**0.6 / 1.2**
Cr (%)	-	0.25
P (%)	0.045	-
Zn (%)	-	0.2
C (%)	0.21	-
Ti (%)	-	0.1
S (%)	0.045	-
N (%)	0.009	-
Diğer (%)	-	0.05 / 0.15
Mekanik Özellikler		
Rp0.2 (Mpa)	275	310
Rm (Mpa)	430-540	340
Uzama (%)	21	11

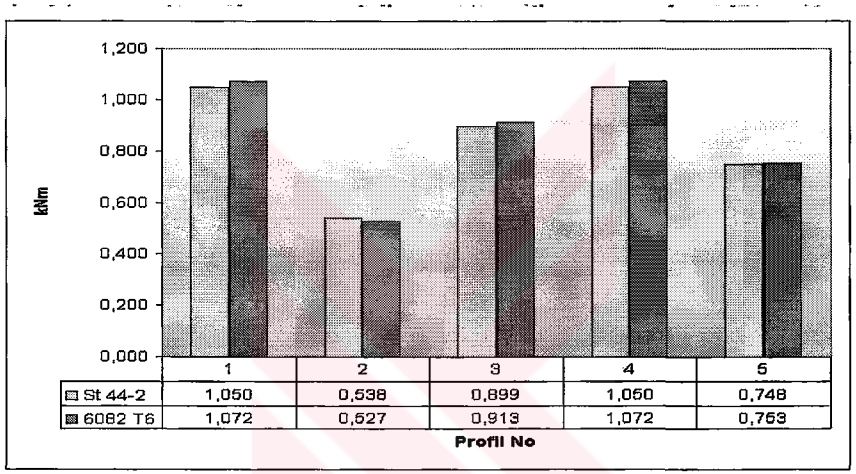
Grafik 3.2.4.3. Sol yan duvar iskeleti 3. grup için St 44-2 çelik ile 6082 T6 alüminyum alaşım malzemelerinin eğilme momentlerinin birbirleriyle kıyaslanması

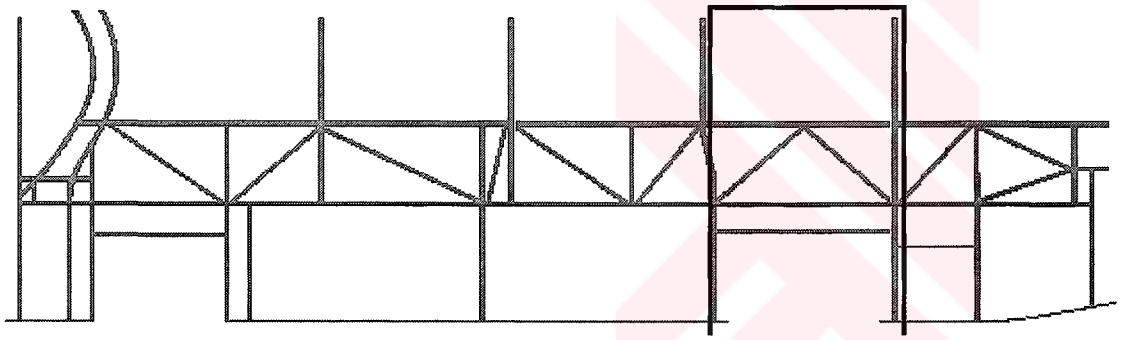
Tablo 3.2.4.4. Sol yanduvar 4. grup için St 44-2 çelik ile 6082 T6 alüminyum alaşım malzemelerinin kıyaslanması

Konstruksıyon Grubu: Sol Yan Duvar 3.2.4.4 Malzeme:St 44-2															
P. No	Profil	L (mm)	A (mm^2)	V (mm^3)	d (kg/mm^3)	M (kg)	Mik. (Ad.)	T.M (kg)	I (mm^4)	A.G (Mpa)	F.S	i.V.G (Mpa)	Ç.G (Mpa)	c (mm)	E.M (kNm)
12	60x40x3	1388	564	782832	7.80E-06	6,106	1	6,106	1,43E+05	440	3	147	300	20	1,050
13	40x40x2	1260	304	383040		2,988	1	2,988	7,34E+04					20	0,538
35	50x40x3	1740	504	876960		6,840	1	6,840	1,23E+05					20	0,899
42	60x40x3	1790	564	1009560		7,875	1	7,875	1,43E+05					20	1,050
43	40x40x3	1080	444	479520		3,740	2	7,480	1,02E+05					20	0,748
								31,289	kg						

Konstruksıyon Grubu: Sol Yan Duvar 3.2.4.4 Malzeme:6082 T6															
P. No	Profil	L (mm)	A (mm^2)	V (mm^3)	d (kg/mm^3)	M (kg)	Mik. (Ad.)	T.M (kg)	I (mm^4)	A.G (Mpa)	F.S	i.V.G (Mpa)	Ç.G (Mpa)	c (mm)	E.M (kNm)
12	60x40x5	1388	1388	1249200	2.70E-06	3,373	1	3,373	1,43E-07	310	3	103	260	20	1,072
13	40x40x3	1260	1260	559440		1,510	1	1,510	7,33E-08					20	0,527
35	50x40x5	1740	1740	1392000		3,758	1	3,758	1,22E-07					20	0,913
42	60x40x5	1790	1790	1611000		4,350	1	4,350	1,43E-07					20	1,072
43	40x40x5	1080	1080	756000		2,041	2	4,082	1,02E-07					20	0,753
								17,073	kg						

KoGr 3.2.4.4			
S.N	P. N	St 44-2	6082 T6
1	12	1,05	1,072
2	13	0,538	0,527
3	35	0,899	0,913
4	42	1,05	1,072
5	43	0,748	0,753





Kimyasal Bileşimleri		
Alasımlar	**St 44-2**	**6082 T6**
Si (%)		**0.7 / 1.3**
Fe (%)	-	0.5
Cu (%)	-	0.1
Mn (%)	1.52	0.4 / 1
Mg (%)	-	**0.6 / 1.2**
Cr (%)	-	0.25
P (%)	0.045	-
Zn (%)	-	0.2
C (%)	0.21	-
Ti (%)	-	0.1
S (%)	0.045	-
N (%)	0.009	-
Diğer (%)	-	0.05 / 0.15
Mekanik Özellikler		
Rp0.2 (Mpa)	275	310
Rm (Mpa)	430-540	340
Uzama (%)	21	11

Grafik 3.2.4.4. Sol yan duvar iskeleti 4. grup için St 44-2 çelik ile 6082 T6 alüminyum alaşım malzemelerinin eğilme momentleri bakımından birbirleriyle kıyaslanması

Tablo 3.2.4.5.A. Sol yan duvar 5A. grup için St 44-2 çelik malzemesinin mukavemet analizi

Konstruksıyon Grubu: Sol Yan Duvar 3.2.4.5.A

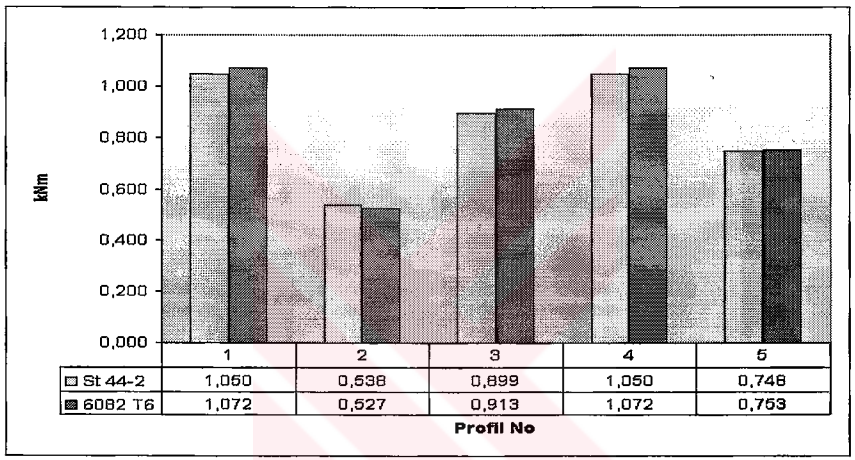
Malzeme:St 44-2

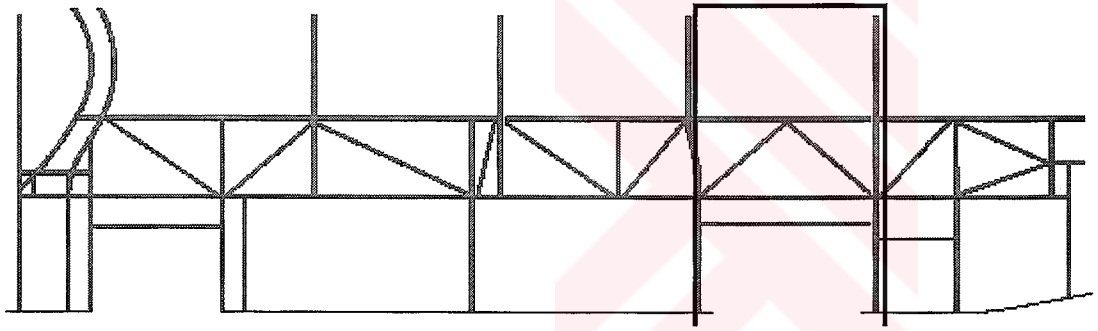
P. No	Profil	L (mm)	A (mm^2)	V (mm^3)	d (kg/mm^3)	M (kg)	Mik. (Ad.)	T.M (kg)	I (mm^4)	A.G (Mpa)	F.S	i.V.G (Mpa)	Ç.G (Mpa)	c (mm)	E.M (kNm)
1	50x40x3	1995	504	1005480		7,8427	1	7,843	1,23E+05					20	0,899
2	60x40x4	699	736	514464		4,0128	1	4,013	1,78E+05					20	1,305
3	40x40x3	290	444	128760		1,0043	1	1,004	1,02E+05					20	0,748
4	40x40x3	278	444	123432		0,9628	1	0,963	1,02E+05					20	0,748
5	40x40x3	1200	444	532800		4,1558	1	4,156	1,02E+05					20	0,748
6	40x20x2	2340	224	524160		4,0884	1	4,088	1,44E+04					10	0,211
7	50x40x3	4610	504	2323440		18,123	1	18,123	1,23E+05					20	0,899
8	40x40x3	930	444	412920		3,2208	1	3,221	1,02E+05					20	0,748
9	40x40x3	700	444	310800		2,4242	1	2,424	1,02E+05					20	0,748
10	40x40x3	1405	444	623820	7,8E-06	4,8658	1	4,866	1,02E+05	440	3	147	300	20	0,748
11	40x40x3	725	444	321900		2,5108	1	2,511	1,02E-07					20	0,748
12	60x40x3	1388	564	782832		6,1061	1	6,106	1,43E+05					20	1,050
34	60x40x3	1720	564	970080		7,5666	1	7,567	1,43E+05					20	1,050
44	40x40x3	990	444	439560		3,4286	1	3,429	1,02E+05					20	0,748
45	40x30x3	970	444	430680		3,3593	1	3,359	5,04E+04					15	0,497
								73,672	kg						

Tablo 3.2.4.5.B. Sol yan duvar 5B. grup için 6082 T6 alüminyum alaşım mukavemet analizi

Konstruksıyon Grubu: Sol Yan Duvar 3.2.4.5.B Malzeme:6082 T6															
P. No	Profil	L (mm)	A (mm^2)	V (mm^3)	d (kg/mm^3)	M (kg)	Mik. (Ad.)	T.M (kg)	I (mm^4)	A.G (Mpa)	F.S	i.V.G (Mpa)	Ç.G (Mpa)	c (mm)	E.M (kNm)
1	50x40x5	1995	800	1596000		4,3092	1	4,309	1,77E+05					20	0,913
2	60x40x7	699	1204	841596		2,2723	1	2,272	2,53E+05					20	1,305
3	40x40x5	290	700	203000		0,5481	1	0,548	1,46E+05					20	0,753
4	40x40x5	278	700	194600		0,5254	1	0,525	1,46E+05					20	0,753
5	40x40x5	1200	700	840000		2,268	1	2,268	1,46E+05					20	0,753
6	40x20x4	2340	416	973440		2,6283	1	2,628	2,21E+04					10	0,228
7	50x40x5	4610	800	3688000		9,9576	1	9,958	1,77E+05					20	0,913
8	40x40x5	930	700	651000		1,7577	1	1,758	1,46E+05					20	0,753
9	40x40x5	700	700	490000		1,323	1	1,323	1,46E+05					20	0,753
10	40x40x5	1405	700	983500	2.70E-06	2,6555	1	2,655	1,46E+05	310	3	103	260	20	0,753
11	40x40x5	725	700	507500		1,3703	1	1,370	1,46E+05					20	0,753
12	60x40x5	1388	900	1249200		3,3728	1	3,373	2,08E+05					20	1,072
34	60x40x5	1720	900	1548000		4,1796	1	4,180	2,08E+05					20	1,072
44	40x40x5	990	700	693000		1,8711	1	1,871	1,46E+05					20	0,753
45	40x30x5	970	600	582000		1,5714	1	1,571	7,00E+04					15	0,526
								40,61026 kg							

KoGr 3.2.4.5			
S.N	P. N	St 44-2	6082 T6
1	12	1,05	1,072
2	13	0,538	0,527
3	35	0,899	0,913
4	42	1,05	1,072
5	43	0,748	0,753





Kimyasal Bileşimleri		
Alasımlar	**St 44-2**	**6082 T6**
Si (%)		**0.7 / 1.3**
Fe (%)	-	0.5
Cu (%)	-	0.1
Mn (%)	1.52	0.4 / 1
Mg (%)	-	**0.6 / 1.2**
Cr (%)	-	0.25
P (%)	0.045	-
Zn (%)	-	0.2
C (%)	0.21	-
Ti (%)	-	0.1
S (%)	0.045	-
N (%)	0.009	-
Diğer (%)	-	0.05 / 0.15
Mekanik Özellikler		
Rp0.2 (Mpa)	275	310
Rm (Mpa)	430-540	340
Uzama (%)	21	11

Grafik 3.2.4.5. Sol yan duvar iskeleti 5. grup için St 44-2 çelik ile 6082 T6 alüminyum alaşım malzemelerinin eğilme momentleri bakımından birbirleriyle kıyaslanması

3.2.5. Sağ yan duvar iskelet profillerinin mukavemet analizleri

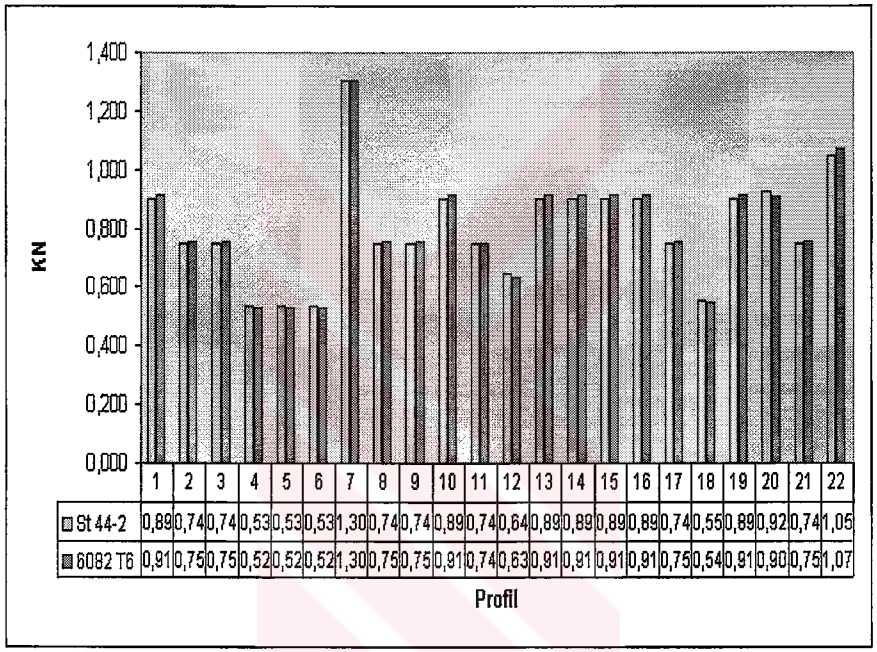
Tablo 3.2.5.1.A. Sağ yan duvar iskeleti 1.A grup için St 44-2 çelik malzeme mukavemet analizi

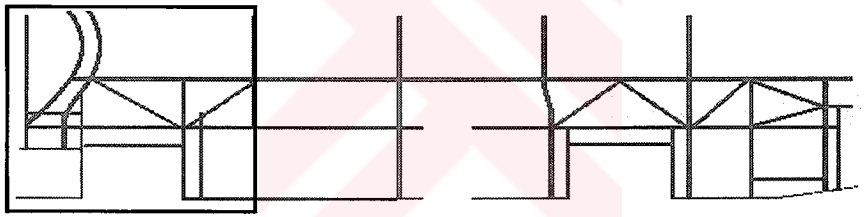
Konstruksıyon Grubu: Sağ Yan Duvar 3.2.5.1.A Malzeme:St 44-2															
P. No	Profil	L (mm)	A (mm^2)	V (mm^3)	d (kg/mm^3)	M (kg)	Mik. (Ad.)	T.M (kg)	I (mm^4)	A.G (Mpa)	F.S	i.V.G (Mpa)	Ç.G (Mpa)	c (mm)	E.M (kNm)
18	50x40x3	5480	504	2761920		21,543	1	21,543	1,23E+05					20	0,899
19	40x40x3	4820	444	2140080		16,693	1	16,693	1,02E+05					20	0,748
20	40x40x3	1352	444	600288		4,682	2	9,364	1,02E+05					20	0,748
21	40x40x2	1220	304	370880		2,893	1	2,893	7,34E+04					20	0,538
22	40x40x2	140	304	42560		0,332	1	0,332	7,34E+04					20	0,538
23	40x40x2	840	304	255360		1,992	1	1,992	7,34E+04					20	0,538
24	60x40x4	540	736	397440		3,100	1	3,100	1,78E+05					20	1,305
25	40x40x3	530	444	235320		1,835	1	1,835	1,02E+05					20	0,748
26	40x40x3	520	444	230880		1,801	1	1,801	1,02E+05					20	0,748
27	50x40x3	2010	504	1013040	7,8E-06	7,902	1	7,902	1,23E+05	440	3	147	300	20	0,899
28	50x35x3	310	474	146940		1,146	1	1,146	8,92E+04					18	0,748
29	50x40x2	310	344	106640		0,832	1	0,832	8,78E+04					20	0,644
30	50x40x3	1720	504	866880		6,762	1	6,762	1,23E+05					20	0,899
31	50x40x3	215	504	108360		0,845	1	0,845	1,23E+05					20	0,899
32	50x40x3	2010	504	1013040		7,902	1	7,902	1,23E+05					20	0,899
33	50x40x3	1990	504	1002960		7,823	1	7,823	1,23E+05					20	0,899
34	40x40x3	520	444	230880		1,801	1	1,801	1,02E+05					20	0,748
35	35x35x3	1300	384	499200		3,894	1	3,894	6,61E+04					18	0,554
36	50x40x3	1920	504	967680		7,548	1	7,548	1,23E+05					20	0,899
37	40x40x4	1700	576	979200		7,638	1	7,638	1,26E+05					20	0,924
38	40x40x3	1072	444	475968		3,713	1	3,713	1,02E+05					20	0,748
39	60x40x3	1720	564	970080		7,567	1	7,567	1,43E+05					20	1,050
								124,924	kg						

Tablo 3.2.5.1.B. Sağ yanduvar iskeleti 1.B grup için 6082 T6 alüminyum alaşım malzeme malzeme mukavemet analizi

Konstruksıyon Grubu: Sağ Yan Duvar 3.2.5.1.B Malzeme:6082 T6															
P. No	Profil	L (mm)	A (mm^2)	V (mm^3)	d (kg/mm^3)	M (kg)	Mik. (Ad.)	T.M (kg)	I (mm^4)	A.G (Mpa)	F.S	i.V.G (Mpa)	Ç.G (Mpa)	c (mm)	E.M (kNm)
18	50x40x5	5480	800	4384000		11,837	1	11,837	1,77E+05					20	0,913
19	40x40x5	4820	700	3374000		9,110	1	9,110	1,46E+05					20	0,753
20	40x40x5	1352	700	946400		2,555	2	5,111	1,46E+05					20	0,753
21	40x40x3	1220	444	541680		1,463	1	1,463	1,02E+05					20	0,527
22	40x40x3	140	444	62160		0,168	1	0,168	1,02E+05					20	0,527
23	40x40x3	840	444	372960		1,007	1	1,007	1,02E+05					20	0,527
24	60x40x7	540	1204	650160		1,755	1	1,755	2,53E+05					20	1,305
25	40x40x5	530	700	371000		1,002	1	1,002	1,46E+05					20	0,753
26	40x40x5	520	700	364000		0,983	1	0,983	1,46E+05					20	0,753
27	50x40x5	2010	800	1608000	2,7E-06	4,342	1	4,342	1,77E+05	310	3	103	260	20	0,913
28	50x35x5	310	750	232500		0,628	1	0,628	1,27E+05					18	0,747
29	50x40x3	310	504	156240		0,422	1	0,422	1,23E+05					20	0,633
30	50x40x5	1720	800	1376000		3,715	1	3,715	1,77E+05					20	0,913
31	50x40x5	215	800	172000		0,464	1	0,464	1,77E+05					20	0,913
32	50x40x5	2010	800	1608000		4,342	1	4,342	1,77E+05					20	0,913
33	50x40x5	1990	800	1592000		4,298	1	4,298	1,77E+05					20	0,913
34	40x40x5	520	700	364000		0,983	1	0,983	1,46E+05					20	0,753
35	35x35x5	1300	600	780000		2,106	1	2,106	9,25E+04					18	0,546
36	50x40x5	1920	800	1536000		4,147	1	4,147	1,77E+05					20	0,913
37	40x40x7	1700	924	1570800		4,241	1	4,241	1,75E+05					20	0,905
38	40x40x5	1072	700	750400		2,026	1	2,026	1,46E+05					20	0,753
39	60x40x5	1720	900	1548000		4,180	1	4,180	2,08E+05					20	1,072
								68,328	kg						

KoGr 3.2.5.1			
S.N	P. N	St 44-2	6082 T6
1	18	0,899	0,913
2	19	0,748	0,753
3	20	0,748	0,753
4	21	0,538	0,527
5	22	0,538	0,527
6	23	0,538	0,527
7	24	1,305	1,305
8	25	0,748	0,753
9	26	0,748	0,753
10	27	0,899	0,913
11	28	0,748	0,747
12	29	0,644	0,633
13	30	0,899	0,913
14	31	0,899	0,913
15	32	0,899	0,913
16	33	0,899	0,913
17	34	0,748	0,753
18	35	0,554	0,546
19	36	0.899	0.913
20	37	0,924	0,905
21	38	0,748	0,753
22	39	1,05	1,072





Kimyasal Bileşimleri		
Alasımlar	**St 44-2**	**6082 T6**
Si (%)		**0.7 / 1.3**
Fe (%)	-	0.5
Cu (%)	-	0.1
Mn (%)	1.52	0.4 / 1
Mg (%)	-	**0.6 / 1.2**
Cr (%)	-	0.25
P (%)	0.045	-
Zn (%)	-	0.2
C (%)	0.21	-
Ti (%)	-	0.1
S (%)	0.045	-
N (%)	0.009	-
Diğer (%)	-	0.05 / 0.15
Mekanik Özellikler		
Rp0.2 (Mpa)	275	310
Rm (Mpa)	430-540	340
Uzama (%)	21	11

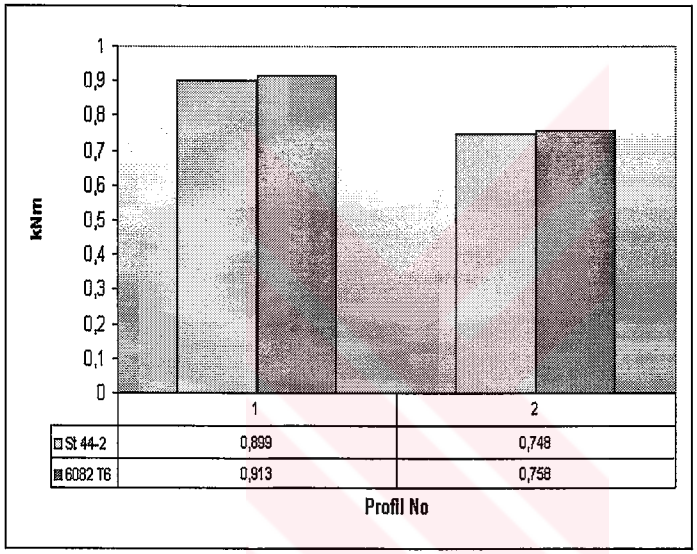
Grafik 3.2.5.1. Sağ yan duvar iskeleti 1. grup için St 44-2 çelik ile 6082 T6 alüminyum alaşım malzemelerinin eğilme momentlerinin birbirleriyle kıyaslanması

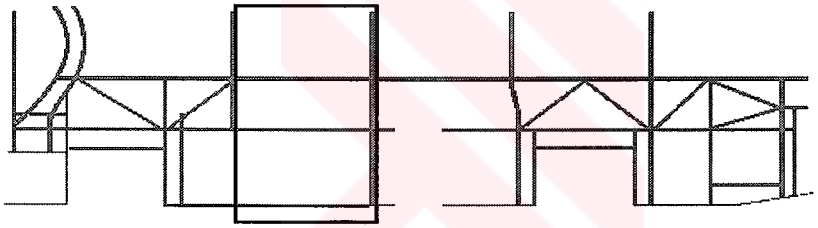
Tablo 3.2.5.2. Sağ yan duvar iskeleti 2. grup için St 44-2 çelik ile 6082 T6 alüminyum alaşım malzeme arasında mukavemet analizi

Konstruksıyon Grubu: Sağ Yan Duvar 3.2.5.2 Malzeme:St 44-2															
P. No	Profil	L (mm)	A (mm^2)	V (mm^3)	d (kg/mm^3)	M (kg)	Mik. (Ad.)	T.M (kg)	I (mm^4)	A.G (Mpa)	F.S	i.V.G (Mpa)	Ç.G (Mpa)	c (mm)	E.M (kNm)
17	50x40x3	1388	504	699552	7.8E-06	5,457	1	5,457	1,23E+05	440	3	147	300	20	0,899
39	40x40x3	1270	444	563880		4,398	1	4,398	1,02E+05					20	0,748
								9,855	kg						

Konstruksıyon Grubu: Sağ Yan Duvar 3.2.5.2 Malzeme:6082 T6															
P. No	Profil	L (mm)	A (mm^2)	V (mm^3)	d (kg/mm^3)	M (kg)	Mik. (Ad.)	T.M (kg)	I (mm^4)	A.G (Mpa)	F.S	i.V.G (Mpa)	Ç.G (Mpa)	c (mm)	E.M (kNm)
17	50x40x5	1388	800	1110400	2.7E-06	2,998	1	2,998	1,77E+05	310	3	103	260	20	0,913
39	40x40x5	1270	700	889000		2,400	1	2,400	1,46E+05					20	0,758
								5,398	kg						

KoGr 3.2.5.2			
S.N	P. N	St 44-2	6082 T6
1	17	0,899	0,913
2	39	0,748	0,758





Kimyasal Bileşimleri		
Alasımlar	**St 44-2**	**6082 T6**
Si (%)		**0.7 / 1.3**
Fe (%)	-	0.5
Cu (%)	-	0.1
Mn (%)	1.52	0.4 / 1
Mg (%)	-	**0.6 / 1.2**
Cr (%)	-	0.25
P (%)	0.045	-
Zn (%)	-	0.2
C (%)	0.21	-
Ti (%)	-	0.1
S (%)	0.045	-
N (%)	0.009	-
Diğer (%)	-	0.05 / 0.15
Mekanik Özellikler		
Rp0.2 (Mpa)	275	310
Rm (Mpa)	430-540	340
Uzama (%)	21	11

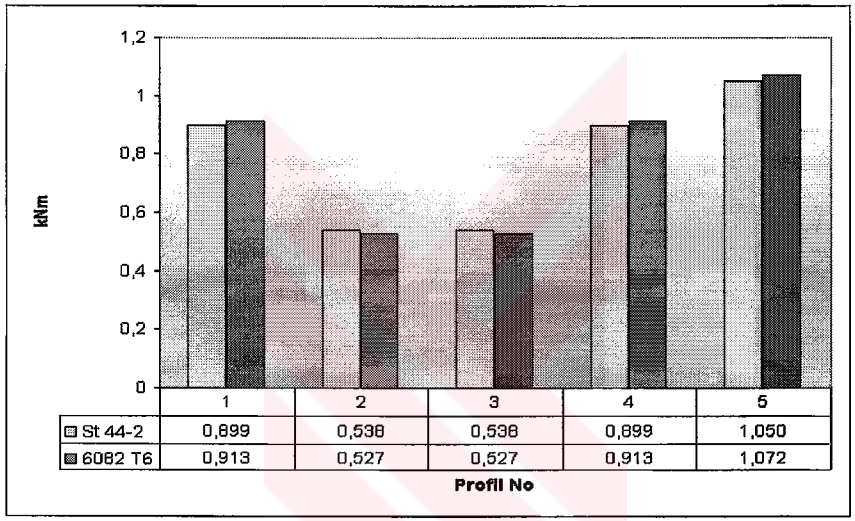
Grafik 3.2.5.2. Sağ yan duvar iskeleti 2. grup için St 44-2 çelik ile 6082 T6 alüminyum alaşım malzemelerinin eğilme momentleri bakımından birbirleriyle kıyaslanması

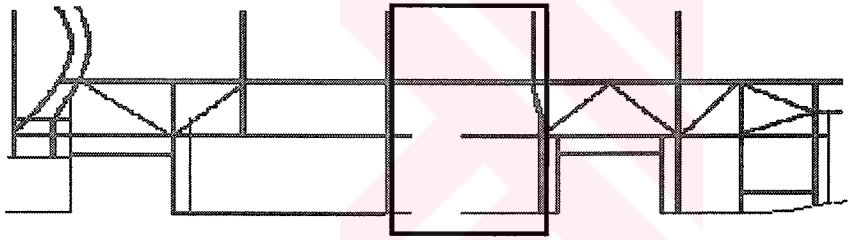
Tablo 3.2.5.3. Sağ yan duvar iskelet 3. grup için St 44-2 çelik ile 6082 T6 alüminyum alaşım malzeme arasında mukavemet analizi

Konstruksıyon Grubu: Sağ Yan Duvar 3.2.5.3 Malzeme:St 44-2															
P. No	Profil	L (mm)	A (mm^2)	V (mm^3)	d (kg/mm^3)	M (kg)	Mik. (Ad.)	T.M (kg)	I (mm^4)	A.G (Mpa)	F.S	i.V.G (Mpa)	Ç.G (Mpa)	c (mm)	E.M (kNm)
7	50x40x3	4610	504	2323440	7.80E-06	18,123	1	18,123	1,23E+05	440	3	147	300	20	0,899
15	40x40x2	1260	304	383040		2,988	1	2,988	7,34E+04					20	0,538
16	40x40x2	2340	304	711360		5,549	1	5,549	7,34E+04					20	0,538
40	50x40x3	1740	504	876960		6,84	1	6,84	1,23E+05					20	0,899
41	60x40x3	1790	564	1009560		7,875	1	7,875	1,43E+05					20	1,050
								41,375							

Konstruksıyon Grubu: Sağ Yan Duvar 3.2.5.3 Malzeme:6082 T6															
P. No	Profil	L (mm)	A (mm^2)	V (mm^3)	d (kg/mm^3)	M (kg)	Mik. (Ad.)	T.M (kg)	I (mm^4)	A.G (Mpa)	F.S	i.V.G (Mpa)	Ç.G (Mpa)	c (mm)	E.M (kNm)
7	50x40x5	4610	800	3688000	2.70E-06	9,958	1	9,958	1,77E+05	310	3	103	260	20	0,913
15	40x40x3	1260	444	559440		1,510	1	1,51	1,02E+05					20	0,527
16	40x40x3	2340	444	1038960		2,805	1	2,805	1,02E+05					20	0,527
40	50x40x5	1740	800	1392000		3,758	1	3,758	1,77E+05					20	0,913
41	60x40x5	1790	900	1611000		4,350	1	4,35	2,08E+05					20	1,072
								22,381							

KoGr 3.2.5.3			
S.N	P. N	St 44-2	6082 T6
1	7	0,899	0,913
2	15	0,538	0,527
3	16	0,538	0,527
4	40	0,899	0,913
5	41	1,05	1,072





Kimyasal Bileşimleri		
Alasımlar	**St 44-2**	**6082 T6**
Si (%)		**0.7 / 1.3**
Fe (%)	-	0.5
Cu (%)	-	0.1
Mn (%)	1.52	0.4 / 1
Mg (%)	-	**0.6 / 1.2**
Cr (%)	-	0.25
P (%)	0.045	-
Zn (%)	-	0.2
C (%)	0.21	-
Ti (%)	-	0.1
S (%)	0.045	-
N (%)	0.009	-
Diğer (%)	-	0.05 / 0.15
Mekanik Özellikler		
Rp0.2 (Mpa)	275	310
Rm (Mpa)	430-540	340
Uzama (%)	21	11

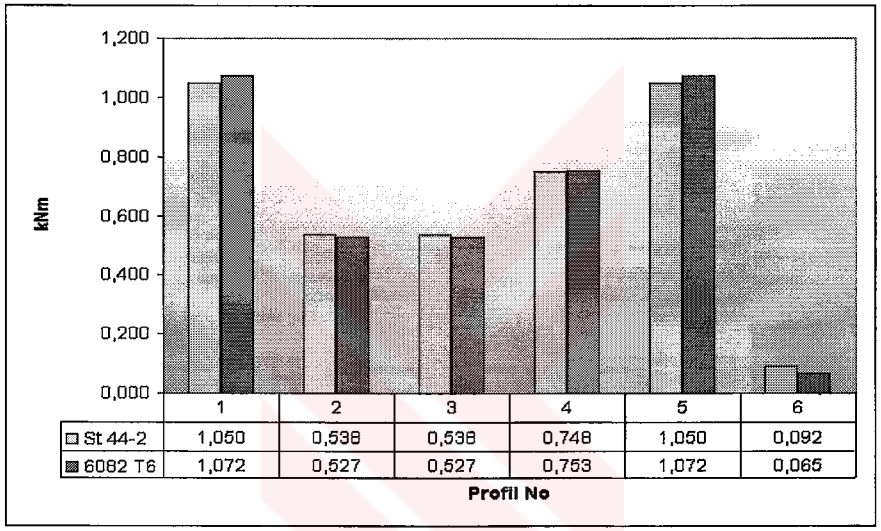
Grafik 3.2.5.3. Sağ yan duvar iskeleti 3. grup için St 44-2 çelik ile 6082 T6 alüminyum alaşım malzemelerinin eğilme momentlerinin birbirleriyle kıyaslanması

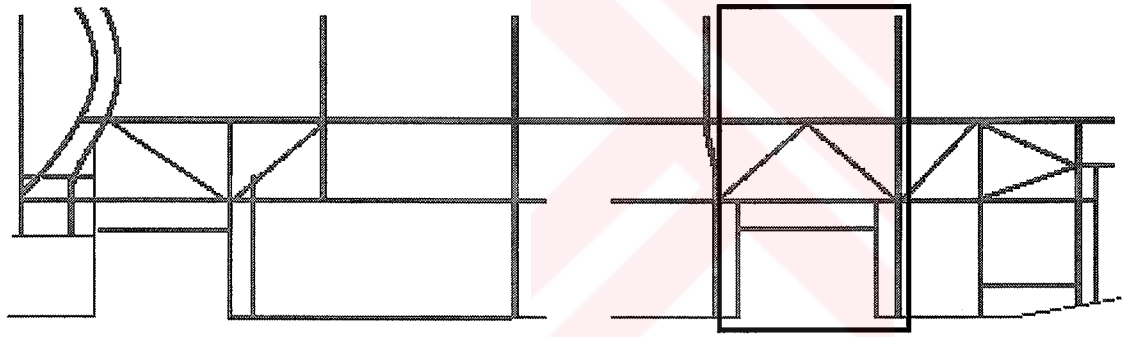
Tablo 3.2.5.4. Sağ yan duvar iskeleti 4. grup için St 44-2 çelik ile 6082 T6 alüminyum alaşım malzeme arasında mukavemet analizi

Konstruksıyon Grubu: Sağ Yan Duvar 3.2.5.4 Malzeme:St 44-2															
P. No	Profil	L (mm)	A (mm^2)	V (mm^3)	d (kg/mm^3)	M (kg)	Mik. (Ad.)	T.M (kg)	I (mm^4)	A.G (Mpa)	F.S	i.V.G (Mpa)	Ç.G (Mpa)	c (mm)	E.M (kNm)
12	60x40x3	1388	564	782832	7.80E-06	6,106	1	6,106	1,43E+05	440	3	147	300	20	1,050
13	40x40x2	1260	304	383040		2,988	1	2,988	7,34E+04					20	0,538
14	40x40x2	1120	304	340480		2,656	1	2,656	7,34E+04					20	0,538
39	40x40x2	1740	304	528960		4,126	1	4,126	1,02E+05					20	0,748
40	60x40x3	1790	564	1009560		7,875	2	15,749	1,43E+05					20	1,050
42	40x10x3	1080	264	285120		2,224	2	4,448	3,15E+03					5	0,092
								36,072	kg						

Konstruksıyon Grubu: Sağ Yan Duvar 3.2.5.4 Malzeme:6082 T6															
P. No	Profil	L (mm)	A (mm^2)	V (mm^3)	d (kg/mm^3)	M (kg)	Mik. (Ad.)	T.M (kg)	I (mm^4)	A.G (Mpa)	F.S	i.V.G (Mpa)	Ç.G (Mpa)	c (mm)	E.M (kNm)
12	60x40x5	1388	900	1249200	2.70E-06	3,373	1	3,373	2,08E+05	310	3	103	260	20	1,072
13	40x40x3	1260	444	559440		1,510	1	1,510	1,02E+05					20	0,527
14	40x40x3	1120	444	497280		1,343	1	1,343	1,02E+05					20	0,527
39	40x40x5	1740	700	1218000		3,289	1	3,289	1,46E+05					20	0,753
40	60x40x5	1790	900	1611000		4,350	2	8,699	2,08E+05					20	1,072
42	40x10x3	1080	264	285120		0,770	2	1,540	3,15E+03					5	0,065
								19,754							

KoGr 3.2.5.4			
S.N	P. N	St 44-2	6082 T6
1	12	1,05	1,072
2	13	0,538	0,527
3	14	0,538	0,527
4	39	0,748	0,753
5	40	1,05	1,072
6	42	0,092	0,065





Kimyasal Bileşimleri		
Alasımlar	**St 44-2**	**6082 T6**
Si (%)		**0.7 / 1.3**
Fe (%)	-	0.5
Cu (%)	-	0.1
Mn (%)	1.52	0.4 / 1
Mg (%)	-	**0.6 / 1.2**
Cr (%)	-	0.25
P (%)	0.045	-
Zn (%)	-	0.2
C (%)	0.21	-
Ti (%)	-	0.1
S (%)	0.045	-
N (%)	0.009	-
Diğer (%)	-	0.05 / 0.15
Mekanik Özellikler		
Rp0.2 (Mpa)	275	310
Rm (Mpa)	430-540	340
Uzama (%)	21	11

Grafik 3.2.5.4. Sağ yan duvar 4. grup için St 44-2 çelik ile 6082 T6 alüminyum alaşım malzemelerinin eğilme momentlerinin birbirleriyle kıyaslanması

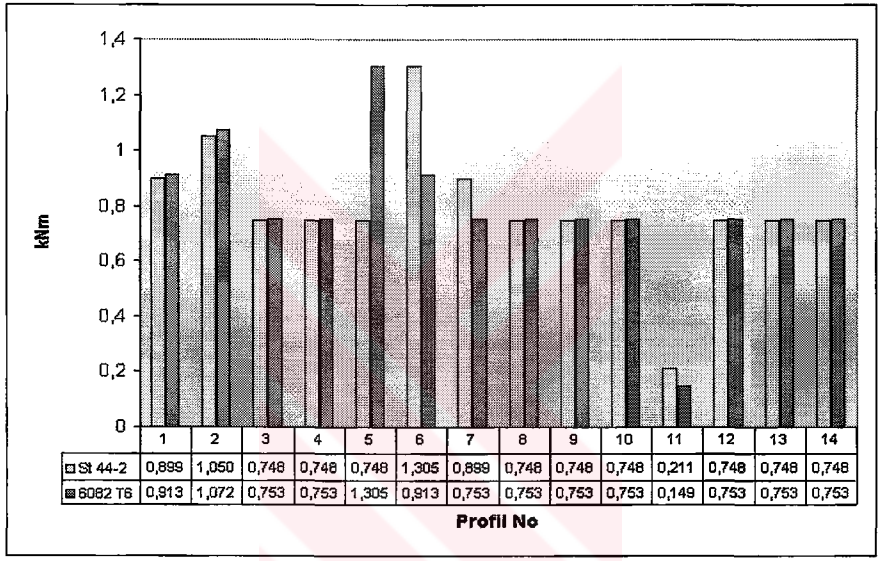
Tablo 3.2.5.5.A. Sağ yan duvar iskeleti 5. grup için St 44-2 çelik malzeme mukavemet analizi

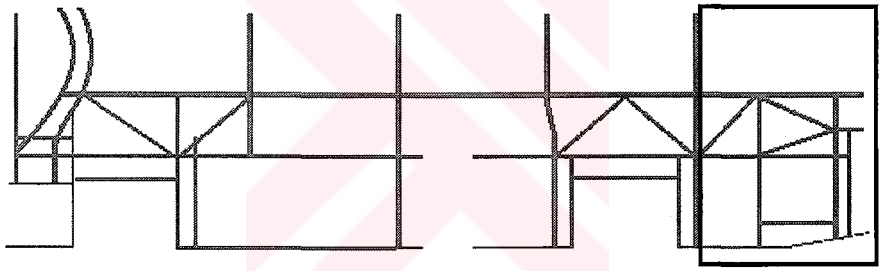
Konstruksıyon Grubu: Sağ Yan Duvar 3.2.5.5.A Malzeme:St 44-2															
P. No	Profil	L (mm)	A (mm^2)	V (mm^3)	d (kg/mm^3)	M (kg)	Mik. (Ad.)	T.M (kg)	I (mm^4)	A.G (Mpa)	F.S	i.V.G (Mpa)	Ç.G (Mpa)	c (mm)	E.M (kNm)
1	50x40x3	1995	504	1005480		7,8427	1	7,843	1,23E+05					20	0,899
2	60x40x4	699	736	514464		4,0128	1	4,013	1,43E+05					20	1,050
3	40x40x3	290	444	128760		1,0043	2	2,009	1,02E+05					20	0,748
4	40x40x3	278	444	123432		0,9628	1	0,963	1,02E+05					20	0,748
5	40x40x3	1200	444	532800		4,1558	1	4,156	1,02E+05					20	0,748
6	60x40x4	1275	736	938400		7,3195	1	7,320	1,78E+05					20	1,305
7	50x40x3	4610	504	2323440	7,8E-06	18,123	1	18,123	1,23E+05	440	3	147	300	20	0,899
8	40x40x3	930	444	412920		3,2208	1	3,221	1,02E+05					20	0,748
9	40x40x3	880	444	390720		3,0476	1	3,048	1,02E+05					20	0,748
10	40x40x3	1405	444	623820		4,8658	1	4,866	1,02E+05					20	0,748
11	40x20x2	2340	224	524160		4,0884	1	4,088	1,44E+04					10	0,211
43	40x40x3	990	444	439560		3,4286	1	3,429	1,02E+05					20	0,748
45	40x40x3	700	444	310800		2,4242	1	2,424	1,02E+05					20	0,748
46	40x40x3	970	444	430680		3,3593	1	3,359	1,02E+05					20	0,748
								68,860	kg						

Tablo 3.2.5.5.B. Sağ yan duvar 5. grup için 6082 T6 alüminyum alaşım malzeme mukavemet analizi

Konstruksıyon Grubu: Sağ Yan Duvar 3.2.5.5.B Malzeme:6082 T6															
P. No	Profil	L (mm)	A (mm^2)	V (mm^3)	d (kg/mm^3)	M (kg)	Mik. (Ad.)	T.M (kg)	I (mm^4)	A.G (Mpa)	F.S	i.V.G (Mpa)	Ç.G (Mpa)	c (mm)	E.M (kNm)
1	50x40x5	1995	800	1596000		4,309	1	4,309	1,77E+05					20	0,913
2	60x40x5	699	900	629100		1,699	1	1,699	2,08E+05					20	1,072
3	40x40x5	290	700	203000		0,548	2	1,096	1,45E+04					20	0,753
4	40x40x5	278	700	194600		0,525	1	0,525	1,46E+06					20	0,753
5	40x40x5	1200	700	840000		2,268	1	2,268	1,46E+05					20	1,305
6	60x40x7	1275	1204	1535100		4,145	1	4,145	2,53E+05					20	0,913
7	50x40x5	4610	800	3688000	2,7E-06	9,958	1	9,958	1,77E+05	310	3	103	260	20	0,753
8	40x40x5	930	700	651000		1,758	1	1,758	1,46E+05					20	0,753
9	40x40x5	880	700	616000		1,663	1	1,663	1,46E+05					20	0,753
10	40x40x5	1405	700	983500		2,655	1	2,655	1,46E+05					20	0,753
11	40x20x2	2340	224	524160		1,415	1	1,415	1,44E+04					10	0,149
43	40x40x5	990	700	693000		1,871	1	1,871	1,46E+05					20	0,753
45	40x40x5	700	700	490000		1,323	1	1,323	1,46E+05					20	0,753
46	40x40x5	970	700	679000		1,833	1	1,833	1,46E+05					20	0,753
								36,519	kg						

KoGr 3.2.5.5			
S.N	P. N	St 44-2	6082 T6
1	1	0,899	0,913
2	2	1,05	1,072
3	3	0,748	0,753
4	4	0,748	0,753
5	5	0,748	1,305
6	6	1,305	0,913
7	7	0,899	0,753
8	8	0,748	0,753
9	9	0,748	0,753
10	10	0,748	0,753
11	11	0,211	0,149
12	43	0,748	0,753
13	45	0,748	0,753
14	46	0,748	0,753





Kimyasal Bileşimleri		
Alasımlar	**St 44-2**	**6082 T6**
Si (%)		**0.7 / 1.3**
Fe (%)	-	0.5
Cu (%)	-	0.1
Mn (%)	1.52	0.4 / 1
Mg (%)	-	**0.6 / 1.2**
Cr (%)	-	0.25
P (%)	0.045	-
Zn (%)	-	0.2
C (%)	0.21	-
Ti (%)	-	0.1
S (%)	0.045	-
N (%)	0.009	-
Diğer (%)	-	0.05 / 0.15
Mekanik Özellikler		
Rp0.2 (Mpa)	275	310
Rm (Mpa)	430-540	340
Uzama (%)	21	11

Grafik 3.2.5.5. Sağ yan duvar iskeleti 5. grup için St 44-2 çelik ile 6082 T6 alüminyum alaşım malzemelerinin eğilme momentlerinin birbirleriyle kıyaslanması

3.3. St 44-2 Çelik ve 6082 T6 Alüminyum Alaşım Malzemeden Oluşan Karma Yapı

3.3.1. Ön iskelet grupları

Tablo 3.3.1. Ön iskelet 1. ve 2. grup içinSt 44-2 çelik ile 6082 T6 alüminyum alaşım malzemelerinin mukavemet analizleri

Konstruksıyon Grubu: Ön İskelet 1. Grup															
Malzeme: St 44-2 & 6082 T6															
P. No	Profil	L (mm)	A (mm^2)	V (mm^3)	d (kg/mm^3)	M (kg)	Mik. (Ad.)	T.M (kg)	I (mm^4)	A.G (Mpa)	F.S	i.V.G (Mpa)	Ç.G (Mpa)	c (mm)	E.M (kNm)
20	40x40x5	2650	700	1855000	2.70E-06	5,009	1	5,009	1,46E+05	310	3	103	260	20	0,758
21	40x40x3	1108	444	491952	2.70E-06	1,328	1	1,328	1,02E+05	310	3	103	260	20	0,527
22	40x40x3	406	444	180264	2.70E-06	0,487	1	0,487	1,02E+05	310	3	103	260	20	0,527
23	40x40x3	366	444	162504	2.70E-06	0,439	1	0,439	1,02E+05	310	3	103	260	20	0,527
24	40x40x3	1054	444	467976	2.70E-06	1,264	1	1,264	1,02E+05	310	3	103	260	20	0,527
								8,527	kg						
Konstruksıyon Grubu: Ön İskelet 2. Grup															
Malzeme: St 44-2 & 6082 T6															
P. No	Profil	L (mm)	A (mm^2)	V (mm^3)	d (kg/mm^3)	M (kg)	Mik. (Ad.)	T.M (kg)	I (mm^4)	A.G (Mpa)	F.S	i.V.G (Mpa)	Ç.G (Mpa)	c (mm)	E.M (kNm)
1	40x40x3	1352	444	600288	7.80E-06	4,682	1	4,682	1,02E+05	440	3	147	300	20	0,748
2	40x10x4	1000	336	336000	2.70E-06	0,907	1	0,907	3,31E+03	310	3	103	260	20	0,068
3	30x10x4	820	256	209920	2.70E-06	0,567	1	0,567	2,49E+03	310	3	103	260	20	0,051
4	40x40x4	1565	576	901440	7.80E-06	7,031	1	7,031	1,26E+05	440	3	147	300	20	0,924
5	40x40x3	599	444	265956	7.80E-06	2,074	1	2,074	1,02E+05	440	3	147	300	20	0,748
6	40x40x5	625	700	437500	2.70E-06	1,181	1	1,181	1,46E+05	440	3	103	260	20	0,753
18	40x20x3	722	324	233928	7.80E-06	1,825	1	1,825	1,89E+04	440	3	147	300	10	0,277
25	50x40x3	2830	504	1426320	7.80E-06	11,125	1	11,125	1,23E+05	440	3	147	300	20	0,899
								29,392	kg						

Tablo 3.3.2. Ön iskelet 2. ve 3. grup içinSt 44-2 çelik ile 6082 T6 alüminyum alaşım malzemelerinin mukavemet analizleri

Konstruksıyon Grubu: Ön İskelet 3.Grup Malzeme:St 44-2 & 6082 T6															
P. No	Profil	L (mm)	A (mm^2)	V (mm^3)	d (kg/mm^3)	M (kg)	Mik. (Ad.)	T.M (kg)	I (mm^4)	A.G (Mpa)	F.S	i.V.G (Mpa)	Ç.G (Mpa)	c (mm)	E.M (kNm)
7	40x40x3	2623	444	1164612	7.80E-06	9,084	1	9,084	1,02E+05	440	3	147	300	20	0,748
8	40x20x4	542	416	225472	2.70E-06	0,609	2	1,218	2,21E+04	310	3	103	260	10	0,228
9	30x20x3	307	264	81048	2.70E-06	0,219	2	0,438	1,45E+04	310	3	103	260	10	0,150
10	50x40x3	2708	504	1364832	7.80E-06	10,646	1	10,646	1,23E+05	440	3	147	300	20	0,90
11	50x50x5	2360	900	2124000	2.70E-06	5,735	1	5,735	3,08E+05	310	3	103	260	25	1,271
								27,121	kg						

Konstruksıyon Grubu: Ön İskelet 4. Grup Malzeme:St 44-2 & 6082 T6															
P. No	Profil	L (mm)	A (mm^2)	V (mm^3)	d (kg/mm^3)	M (kg)	Mik. (Ad.)	T.M (kg)	I (mm^4)	A.G (Mpa)	F.S	i.V.G (Mpa)	Ç.G (Mpa)	c (mm)	E.M (kNm)
12	35x30x5	1000	550	550000	2.70E-06	1,485	1	1,485	6,21E+04	310	3	103	260	15	0,428
13	40x40x5	550	700	385000	2.70E-06	1,04	1	1,04	1,46E+05	310	3	103	260	20	0,753
14	40x40x3	702	444	311688	7.80E-06	2,431	1	2,431	1,02E+05	440	3	147	300	20	0,748
15	30x20x3	705	184	129720	7.80E-06	1,012	1	1,012	1,45E+04	440	3	147	300	10	0,213
16	40x40x3	1565	576	901440	7.80E-06	7,031	1	7,031	1,02E+05	440	3	147	300	20	0,748
17	40x40x3	1355	444	601620	7.80E-06	4,693	1	4,693	1,02E+05	440	3	147	300	20	0,748
18	40x20x3	722	324	233928	7.80E-06	1,825	1	1,825	1,89E+04	440	3	147	300	10	0,277
19	50x40x3	2830	504	1426320	7.80E-06	11,125	1	11,125	1,23E+05	440	3	147	300	20	0,899
								30,642	kg						

3.3.2. Tavan iskelet grupları

Tablo 3.3.3. Tavan iskelet 1,2,3 ve 4. grup içinSt 44-2 çelik ile 6082 T6 alüminyum alaşım malzemelerinin mukavemet analizleri

Konstruksıyon Grubu: Tavan 1.Grup Malzeme:St 44-2 & 6082 T6															
P. No	Profil	L (mm)	A (mm^2)	V (mm^3)	d (kg/mm^3)	M (kg)	Mik. (Ad.)	T.M (kg)	I (mm^4)	A.G (Mpa)	F.S	i.V.G (Mpa)	Ç.G (Mpa)	c (mm)	E.M (kNm)
1	40x40x3	2650	444	1176600	7.80E-06	9,177	1	9,177	1,02E+05	440	3	147	300	20	0,748
7	40x30x3	1740	384	668160	2.70E-06	1,804	2	3,608	5,08E+04	310	3	103	260	15	0,350
8	40x20x3	465	324	150660	2.70E-06	0,407	2	0,814	1,89E+04	310	3	103	260	10	0,195
9	40x20x3	570	324	184680	2.70E-06	0,499	1	0,499	1,89E+04	310	3	103	260	10	0,195
17	40x20x2	1740	224	389760	7.80E-06	3,040	4	12,161	1,44E+04	440	3	147	300	10	0,195
								26,259	kg						

Konstruksıyon Grubu: Tavan 2.3.4. Grup Malzeme:St 44-2 & 6082 T6															
P. No	Profil	L (mm)	A (mm^2)	V (mm^3)	d (kg/mm^3)	M (kg)	Mik. (Ad.)	T.M (kg)	I (mm^4)	A.G (Mpa)	F.S	i.V.G (Mpa)	Ç.G (Mpa)	c (mm)	E.M (kNm)
1	40x40x3	2650	444	1176600	7.80E-06	9,177	1	9,177	1,02E+05	440	3	147	300	20	0,748
7	40x30x3	1740	384	668160	2.70E-06	1,804	2	3,608	5,08E+04	310	3	103	260	15	0,350
8	40x20x3	465	324	150660	2.70E-06	0,407	2	0,814	1,89E+04	310	3	103	260	10	0,195
9	40x20x3	570	324	184680	2.70E-06	0,499	1	0,499	1,89E+04	310	3	103	260	10	0,195
17	40x20x2	1740	224	389760	7.80E-06	3,040	4	12,161	1,44E+04	440	3	147	300	10	0,195
								26,259	kg						

Tablo 3.3.4. Tavan iskelet 5. grup içinSt 44-2 çelik ile 6082 T6 alüminyum alaşım malzemelerinin mukavemet analizleri

Konstruksıyon Grubu: Tavan 5. Grup															
Malzeme:St 44-2 & 6082 T6															*
P. No	Profil	L (mm)	A (mm^2)	V (mm^3)	d (kg/mm^3)	M (kg)	Mik. (Ad.)	T.M (kg)	I (mm^4)	A.G (Mpa)	F.S	i.V.G (Mpa)	Ç.G (Mpa)	c (mm)	E.M (kNm)
1	40x40x3	2650	444	1176600	7.80E-06	9,177	2	18,354	1,02E+05	440	3	147	300	20	0,748
8	40x20x4	465	416	193440		0,5223	2	1,044576	2,21E+04					10	0,228
9	40x20x4	570	416	237120		0,6402	1	0,640224	2,21E+04					10	0,228
10	40x30x2	1860	264	491040	7.80E-06	3,830	2	7,66	3,73E+04	440	3	147	300	15	0,364
11	40x30x2	2472	264	652608	7.80E-06	5,090	1	5,09	3,73E+04	440	3	147	300	15	0,364
12	40x30x2	445	264	99680	7.80E-06	0,778	2	1,556	3,73E+04	440	3	147	300	15	0,364
13	40x30x2	1540	264	406560	7.80E-06	3,171	1	3,171	3,73E+04	440	3	147	300	15	0,364
14	40x20x3	1530	324	495720		1,3384	1	1,338444	1,89E+04					10	0,195
15	40x20x2	365	224	81760	7.80E-06	0,638	2	1,276	1,44E+04	440	3	147	300	10	0,211
16	40x20x3	1470	324	476280		1,286	4	5,143824	1,89E+04					10	0,195
								45,274	kg						

3.3.3. Arka iskelet grupları

Tablo 3.3.5. Arka iskelet 1. grup içinSt 44-2 çelik ile 6082 T6 alüminyum alaşım malzemelerinin mukavemet analizleri

Konstruksıyon Grubu: Arka İskelet:1 Grup Malzeme:St 44-2 & 6082 T6															
P. No	Profil	L (mm)	A (mm^2)	V (mm^3)	d (kg/mm^3)	M (kg)	Mik. (Ad.)	T.M (kg)	I (mm^4)	A.G (Mpa)	F.S	i.V.G (Mpa)	Ç.G (Mpa)	c (mm)	E.M (kNm)
1	50x40x3	473	504	238392	7.80E-06	1,859	1	1,859	1,23E+05	440	3	147	300	20	0,899
2	40x40x4	620	576	357120	7.80E-06	2,786	1	2,786	1,26E+05	440	3	147	300	20	0,924
3	60x30x3	620	504	312480	7.80E-06	2,437	1	2,437	7,27E-08	440	3	147	300	####	0,403
4	60x30x5	296	800	236800	2.70E-06	0,639	1	0,639	1,02E+05	310	3	103	260	15	0,700
5	40x30x5	353	600	211800	2.70E-06	0,572	1	0,572	7,00E+04	310	3	103	260	15	0,482
6	40x35x5	268	650	174200	2.70E-06	0,47	1	0,47	1,04E+05	310	3	103	260	18	0,613
7	40x40x3	1890	444	839160	7.80E-06	6,545	1	6,545	1,02E+05	440	3	147	300	20	0,748
8	40x40x2	2705	304	822320	7.80E-06	6,414	1	6,414	7,34E+04	440	3	147	300	20	0,538
9	30x20x3	253	264	66792	2.70E-06	0,18	1	0,18	1,45E+04	310	3	103	260	10	0,150
10	60x40x4	1705	736	1254880	7.80E-06	9,788	1	9,788	1,78E+05	440	3	147	300	20	1,305
11	60x40x4	1545	736	1137120	7.80E-06	8,870	1	8,870	1,78E+05	440	3	147	300	20	1,305
12	40x30x3	670	384	257280	7.80E-06	2,007	1	2,007	5,08E+04	440	3	147	300	15	0,497
13	40x30x2	365	264	96360	7.80E-06	0,752	1	0,752	3,73E+04	440	3	147	300	15	0,364
14	50x40x3	2445	504	1232280	7.80E-06	9,612	1	9,612	1,23E+05	440	3	147	300	20	0,899
15	40x30x4	1070	496	530720	2.70E-06	1,433	1	1,433	6,16E+04	310	3	103	260	15	0,424
16	40x30x3	550	384	211200	2.70E-06	0,57	1	0,57	5,08E+04	310	3	103	260	15	0,350
17	40x30x3	2130	384	817920	7.80E-06	6,380	1	6,380	5,08E+04	440	3	147	300	15	0,497
18	40x30x3	2080	384	798720	7.80E-06	6,230	1	6,230	5,08E+04	440	3	147	300	15	0,497
								67,544	kg						

Tablo 3.3.6. Arka iskelet 2. grup içinSt 44-2 çelik ile 6082 T6 alüminyum alaşım malzemelerinin mukavemet analizleri

Konstruksıyon Grubu: Arka İskelet:2 Grup															
Malzeme:St 44-2 & 6082 T6															
P. No	Profil	L (mm)	A (mm^2)	V (mm^3)	d (kg/mm^3)	M (kg)	Mik. (Ad.)	T.M (kg)	I (mm^4)	A.G (Mpa)	F.S	i.V.G (Mpa)	Ç.G (Mpa)	c (mm)	E.M (kNm)
19	50x40x3	473	504	238392	7.80E-06	1,859	1	1,859	1,23E+05	440	3	147	300	20	0,899
20	40x40x4	620	576	357120	7.80E-06	2,786	1	2,786	1,26E+05	440	3	147	300	20	0,924
21	60x30x3	296	504	149184	7.80E-06	1,164	1	1,164	7,28E+04	440	3	147	300	15	0,712
22	40x40x5	350	700	245000	2.70E-06	0,662	1	0,662	1,46E+05	310	3	103	260	20	0,753
23	40x30x5	353	600	211800	2.70E-06	0,572	1	0,572	7,00E+04	310	3	103	260	15	0,482
24	40x35x5	268	650	174200	2.70E-06	0,470	1	0,470	1,04E+05	310	3	103	260	18	0,
25	40x40x3	1890	444	839160	7.80E-06	2,713	1	2,713	1,11E+04	440	3	147	300	10	0,163
26	30x20x7	253	1204	304612	2.70E-06	0,822	1	0,822	2,53E+05	310	3	103	260	20	1,30
27	60x40x4	1545	736	1137120	7.80E-06	4,628	1	4,628	5,08E+04	440	3	147	300	15	0,497
28	40x30x5	1070	600	642000	2.70E-06	1,733	1	1,733	7,00E+04	310	3	103	260	15	0,482
29	40x30x3	670	384	257280	7.80E-06	2,007	1	2,007	5,08E+04	440	3	147	300	15	0,497
								19,416	kg						

3.3.4. Sol yan duvar iskelet grupları

Tablo 3.3.7.1. Sol yan duvar iskelet 1. grup içinSt 44-2 çelik ile 6082 T6 alüminyum alaşım malzemelerinin mukavemet analizleri

Konstruksıyon Grubu: Sol yan iskelet .1 Grup
Malzeme:St 44-2 & 6082
T6

P. No	Profil	L (mm)	A (mm^2)	V (mm^3)	d (kg/mm^3)	M (kg)	Mik. (Ad.)	T.M (kg)	I (mm^4)	A.G (Mpa)	F.S	i.V.G (Mpa)	Ç.G (Mpa)	c (mm)	E.M (kNm)
15	40x40x3	4280	16,693	1900320	7,8E-06	14,822	1	14,822	1,02E-07	440	3	147	300	20	0,748
16	50x40x3	5480	21,543	2761920	7,8E-06	21,543	1	21,543	1,22E-07	440	3	147	300	20	0,899
17	40x40x3	1072	3,713	475968	7,8E-06	3,713	1	3,713	1,01E-07	440	3	147	300	20	0,748
18	40x40x3	1352	4,682	600288	7,8E-06	4,682	2	9,364	1,01E-07	440	3	147	300	20	0,748
19	40x40x3	1220	444	541680	2,7E-06	1,463	1	1,463	1,02E+05	310	3	103	260	20	0,527
20	50x40x2	140	0,354	48160	7,8E-06	0,376	1	0,376	8,78E-08	440	3	147	300	20	0,644
21	50x35x5	310	750	232500	2,7E-06	0,628	1	0,628	1,27E+05	310	3	103	260	18	0,747
22	40x40x2	1350	3,201	410400	7,8E-06	3,201	3	9,603	7,33E-08	440	3	147	300	20	0,538
23	40x40x2	840	1,992	255360	7,8E-06	1,992	1	1,992	7,33E-08	440	3	147	300	20	0,538
24	45x35x3	175	444	77700	2,7E-06	0,21	1	0,21	8,15E+04	310	3	103	260	17	0,481
25	50x40x5	130	800	104000	2,7E-06	0,281	1	0,281	1,77E+05	310	3	103	260	18	0,913
26	50x40x5	1720	800	1376000	7,8E-06	3,715	1	3,715	1,77E+05	440	3	147	300	20	0,913
27	50x40x5	2010	800	1608000	7,8E-06	4,342	1	4,342	1,77E+05	440	3	147	300	20	0,913
28	50x40x5	1900	800	1520000	7,8E-06	4,104	1	4,104	1,77E+05	440	3	147	300	20	0,913
29	50x30x5	215	700	150500	7,8E-06	0,406	1	0,406	8,58E+04	440	3	147	300	15	0,591
30	40x40x5	520	700	364000	7,8E-06	0,983	1	0,983	1,46E+05	440	3	147	300	20	0,753
31	35x35x5	1300	600	780000	2,7E-06	2,106	1	2,106	9,25E+04	310	3	103	260	18	0,546
32	40x40x7	700	924	646800	2,7E-06	1,746	1	1,746	1,75E+05	310	3	103	260	20	0,905
33	50x40x5	1990	800	1592000	2,7E-06	4,298	1	4,298	1,77E+05	310	3	103	260	20	0,913
34	60x40x5	1720	900	1548000	7,8E-06	4,18	1	4,18	2,08E+05	440	3	147	300	20	1,072
								89,875	kg						

Tablo 3.3.7.2. Sol yan duvar iskelet 2. ve 3. gruplar için St 44-2 çelik ile 6082 T6 alüminyum alaşım malzemelerinin mukavemet analizleri

Konstruksıyon Grubu: Sol yan iskelet 2. Grup

Malzeme:St 44-2 & 6082

T6

P. No	Profil	L (mm)	A (mm^2)	V (mm^3)	d (kg/mm^3)	M (kg)	Mik. (Ad.)	T.M (kg)	I (mm^4)	A.G (Mpa)	F.S	i.V.G (Mpa)	Ç.G (Mpa)	c (mm)	E.M (kNm)
12	50x40x3	1388	504	699552	7,8E-06	5,457	1	5,457	1,23E+05	440	3	147	300	20	0,899
34	60x40x3	1720	564	970080	7,8E-06	7,567	1	7,567	1,43E+05	440	3	147	300	20	1,050
35	50x40x5	1740	800	1392000	2,7E-06	3,758	1	3,758	1,77E+05	310	3	103	260	20	0,
36	40x40x5	1615	700	1130500	2,7E-06	3,052	1	3,052	1,46E+05	310	3	103	260	20	
37	60x40x3	700	564	394800	2,7E-06	1,066	1	1,066	1,43E+05	310	3	103	260	20	0,7
38	40x40x3	730	444	324120	2,7E-06	0,875	1	0,875	1,02E+05	310	3	103	260	20	0,527
								21,775							

Konstruksıyon Grubu: Sol yan iskelet 3.Grup

Malzeme:St 44-2 & 6082

T6

P. No	Profil	L (mm)	A (mm^2)	V (mm^3)	d (kg/mm^3)	M (kg)	Mik. (Ad.)	T.M (kg)	I (mm^4)	A.G (Mpa)	F.S	i.V.G (Mpa)	Ç.G (Mpa)	c (mm)	E.M (kNm)
35	50x40x5	1740	800	1392000	2.70E-06	3,758	1	3,758	1,77E+05	310	3	103	260	20	0,913
39	40x40x5	1270	700	889000	2.70E-06	2,400	1	2,400	1,46E+05	310	3	103	260	20	0,753
40	40x40x5	700	700	490000	2.70E-06	1,332	1	1,332	1,46E+05	310	3	103	260	20	0,753
41	40x40x5	930	700	651000	2.70E-06	1,758	1	1,758	1,46E+05	310	3	103	260	20	0,753
								9,248							

Tablo 3.3.7.3. Sol yan duvar iskelet 4. ve 5. gruplar içinSt 44-2 çelik ile 6082 T6 alüminyum alaşım malzemelerinin mukavemet analizleri

Konstruksıyon Grubu: Sol yan iskelet 4. Grup															
Malzeme:St 44-2 & 6082															
P. No	Profil	L (mm)	A (mm^2)	V (mm^3)	d (kg/mm^3)	M (kg)	Mik. (Ad.)	T.M (kg)	I (mm^4)	A.G (Mpa)	F.S	i.V.G (Mpa)	Ç.G (Mpa)	c (mm)	E.M (kNm)
12	60x40x3	1388	564	782832	7,8E-06	6,106	1	6,106	1,43E+05	440	3	147	300	20	1,050
13	40x40x3	1260	1260	559440	2.70E-06	1,510	1	1,510	7,33E-08	310	3	103	260	20	0,527
35	50x40x5	1740	1740	1392000	2.70E-06	3,758	1	3,758	1,22E-07	310	3	103	260	20	0,913
42	60x40x3	1790	564	1009560	7,8E-06	7,875	1	7,875	1,43E+05	440	3	147	300	20	1,050
43	40x40x5	1080	1080	756000	2.70E-06	2,041	2	4,082	1,02E-07	310	3	103	260	20	0,753
								23,331	kg						

Konstruksıyon Grubu: Sol yan iskelet 5. Grup															
Malzeme:St 44-2 & 6082															
P. No	Profil	L	A	V	d	M	Mik.	T.M	I	A.G	F.S	i.V.G	Ç.G	c	E.M
1	50x40x3	1995	504	1005480	7,8E-06	7,8427	1	7,843	1,23E+05	440	3	147	300	20	0,899
2	60x40x4	699	736	514464	7,8E-06	4,0128	1	4,013	1,78E+05	440	3	147	300	20	1,305
3	40x40x3	290	444	128760	7,8E-06	1,0043	1	1,004	1,02E+05	440	3	147	300	20	0,748
4	40x40x3	278	444	123432	7,8E-06	0,9628	1	0,963	1,02E+05	440	3	147	300	20	0,748
5	40x40x3	1200	444	532800	7,8E-06	4,1558	1	4,156	1,02E+05	440	3	147	300	20	0,748
6	40x20x2	2340	224	524160	7,8E-06	4,0884	1	4,088	1,44E+04	440	3	147	300	10	0,211
7	50x40x3	4610	504	2323440	7,8E-06	18,123	1	18,123	1,23E+05	440	3	147	300	20	0,899
8	40x40x5	930	700	651000	2.70E-06	1,7577	1	1,758	1,46E+05	310	3	103	260	20	0,753
9	40x40x3	700	444	310800	7,8E-06	2,4242	1	2,424	1,02E+05	440	3	147	300	20	0,748
10	40x40x3	1405	444	623820	7,8E-06	4,8658	1	4,866	1,02E+05	440	3	147	300	20	0,748
11	40x40x5	725	700	507500	2.70E-06	1,3703	1	1,370	1,46E+05	310	3	103	260	20	0,753
12	60x40x3	1388	564	782832	7,8E-06	6,1061	1	6,106	1,43E+05	440	3	147	300	20	1,050
34	60x40x3	1720	564	970080	7,8E-06	7,5666	1	7,567	1,43E+05	440	3	147	300	20	1,050
44	40x40x5	990	700	693000	2.70E-06	1,8711	1	1,871	1,46E+05	310	3	103	260	20	0,753
45	40x30x5	970	600	582000	2.70E-06	1,5714	1	1,571	7,00E+04	310	3	103	260	15	0,482
								67,72298	kg						

Tablo 3.3.7.4. Sol yan duvar iskelet 6. grup içinSt 44-2 çelik ile 6082 T6 alüminyum alaşım malzemelerinin mukavemet analizleri

Konstruksıyon Grubu: Sağ yan iskelet 6.Grup															
Malzeme:St 44-2 & 6082															
P. No	Profil	L (mm)	A (mm^2)	V (mm^3)	d (kg/mm^3)	M (kg)	Mik. (Ad.)	T.M (kg)	I (mm^4)	A.G (Mpa)	F.S	i.V.G (Mpa)	Ç.G (Mpa)	c (mm)	E.M (kNm)
18	50x40x3	5480	504	2761920	7,8E-06	21,543	1	21,543	1,23E+05	440	3	147	300	20	0,899
19	40x40x3	4820	444	2140080	7,8E-06	16,693	1	16,693	1,02E+05	440	3	147	300	20	0,748
20	40x40x3	1352	444	600288	7,8E-06	4,682	2	9,364	1,02E+05	440	3	147	300	20	0,748
21	40x40x2	1220	304	370880	7,8E-06	2,893	1	2,893	7,34E+04	440	3	147	300	20	0,538
22	40x40x2	140	304	42560	7,8E-06	0,332	1	0,332	7,34E+04	440	3	147	300	20	0,538
23	40x40x2	840	304	255360	7,8E-06	1,992	1	1,992	7,34E+04	440	3	147	300	20	0,538
24	60x40x4	540	736	397440	7,8E-06	3,100	1	3,100	1,78E+05	440	3	147	300	20	1,305
25	40x40x3	530	444	235320	7,8E-06	1,835	1	1,835	1,02E+05	440	3	147	300	20	0,748
26	40x40x3	520	444	230880	7,8E-06	1,801	1	1,801	1,02E+05	440	3	147	300	20	0,748
27	50x40x5	2010	800	1608000	2,7E-06	4,342	1	4,342	1,77E+05	310	3	103	260	20	0,913
28	50x35x5	310	750	232500	2,7E-06	0,628	1	0,628	1,27E+05	310	3	103	260	18	0,747
29	50x40x3	310	504	156240	2,7E-06	0,422	1	0,422	1,23E+05	310	3	103	260	20	0,633
30	50x40x3	1720	504	866880	7,8E-06	6,762	1	6,762	1,23E+05	440	3	147	300	20	0,899
31	50x40x5	215	800	172000	2,7E-06	0,464	1	0,464	1,77E+05	310	3	103	260	20	0,913
32	50x40x3	2010	504	1013040	7,8E-06	7,902	1	7,902	1,23E+05	440	3	147	300	20	0,899
33	50x40x3	1990	504	1002960	7,8E-06	7,823	1	7,823	1,23E+05	440	3	147	300	20	0,899
34	40x40x3	520	444	230880	7,8E-06	1,801	1	1,801	1,02E+05	440	3	147	300	20	0,748
35	35x35x5	1300	600	780000	2,7E-06	2,106	1	2,106	9,25E+04	310	3	103	260	18	0,546
36	50x40x5	1920	800	1536000	2,7E-06	4,147	1	4,147	1,77E+05	310	3	103	260	20	0,913
37	40x40x7	1700	924	1570800	2,7E-06	4,241	1	4,241	1,75E+05	310	3	103	260	20	0,905
38	40x40x5	1072	700	750400	2,7E-06	2,026	1	2,026	1,46E+05	310	3	103	260	20	0,753
39	60x40x3	1720	564	970080	7,8E-06	7,567	1	7,567	1,43E+05	440	3	147	300	20	1,050
								100,190	kg						

3.3.5. Sağ yan duvar iskelet grupları

Tablo 3.3.8.1. Sağ yan duvar iskelet 1,2, ve 3. grup içinSt 44-2 çelik ile 6082 T6 alüminyum alaşım malzemelerinin mukavemet analizleri

Konstruksıyon Grubu: Sağ yan iskelet 1.Grup															
Malzeme:St 44-2 & 6082															
P. No	Profil	L (mm)	A (mm^2)	V (mm^3)	d (kg/mm^3)	M (kg)	Mik. (Ad.)	T.M (kg)	I (mm^4)	A.G (Mpa)	F.S	i.V.G (Mpa)	Ç.G (Mpa)	c (mm)	E.M (kNm)
17	50x40x3	1388	504	699552	7,8E-06	5,457	1	5,457	1,23E+05	440	3	147	300	20	0,899
39	40x40x5	1270	700	889000	2,7E-06	2,400	1	2,400	1,46E+05	310	3	103	260	20	0,748
								7,857	kg						

Konstruksıyon Grubu: Sağ yan iskelet 2.Grup															
Malzeme:St 44-2 & 6082															
P. No	Profil	L (mm)	A (mm^2)	V (mm^3)	d (kg/mm^3)	M (kg)	Mik. (Ad.)	T.M (kg)	I (mm^4)	A.G (Mpa)	F.S	i.V.G (Mpa)	Ç.G (Mpa)	c (mm)	E.M (kNm)
7	50x40x3	4610	504	2323440	7,8E-06	18,123	1	18,123	1,23E+05	440	3	147	300	20	0,899
15	40x40x2	1260	304	383040	7,8E-06	2,988	1	2,988	7,34E+04	440	3	147	300	20	0,538
16	40x40x2	2340	304	711360	7.80E-06	5,549	1	5,549	7,34E+04	440	3	147	300	20	0,538
40	50x40x5	1740	800	1392000	2,7E-06	3,758	1	3,758	1,77E+05	310	3	103	260	20	0,913
41	60x40x3	1790	564	1009560	7,8E-06	7,875	1	7,875	1,43E+05	440	3	147	300	20	1,050
								38,293							

Konstruksıyon Grubu: Sağ yan iskelet 3.Grup															
Malzeme:St 44-2&6082 T6															
P. No	Profil	L (mm)	A (mm^2)	V (mm^3)	d (kg/mm^3)	M (kg)	Mik. (Ad.)	T.M (kg)	I (mm^4)	A.G (Mpa)	F.S	i.V.G (Mpa)	Ç.G (Mpa)	c (mm)	E.M (kNm)
12	60x40x3	1388	564	782832	7.80E-06	6,106	1	6,106	1,43E+05	440	3	147	300	20	1,050
13	40x40x2	1260	304	383040	7.80E-06	2,988	1	2,988	7,34E+04	440	3	147	300	20	0,538
14	40x40x3	1120	444	497280	2.70E-06	1,343	1	1,343	1,02E+05	310	3	103	260	20	0,527
39	40x40x5	1740	700	1218000	7.80E-06	3,289	1	3,289	1,46E+05	440	3	147	300	20	0,753
40	60x40x5	1790	900	1611000	2.70E-06	4,350	2	8,699	2,08E+05	310	3	103	260	20	1,072
42	40x10x3	1080	264	285120	2.70E-06	0,770	2	1,540	3,15E+03	310	3	103	260	5	0,065
								23,964	kg						

Tablo 3.3.8.2. Sağ yan duvar iskelet 4. grup içinSt 44-2 çelik ile 6082 T6 alüminyum alaşım malzemelerinin mukavemet analizleri

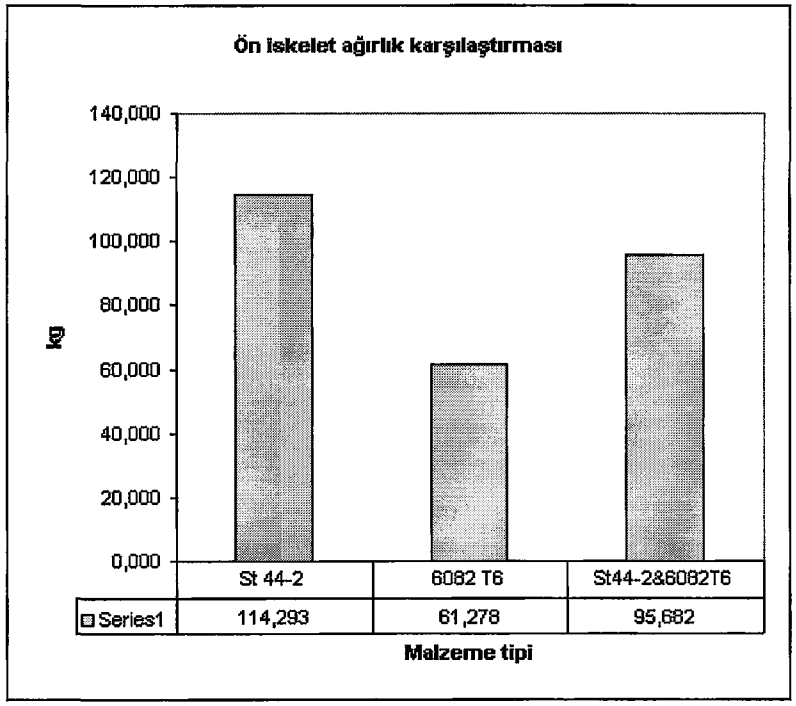
Konstruksıyon Grubu: Sağ yan iskelet 4.Grup															
Malzeme:St 44-2 & 6082 T6															
P. No	Profil	L (mm)	A (mm^2)	V (mm^3)	d (kg/mm^3)	M (kg)	Mik. (Ad.)	T.M (kg)	I (mm^4)	A.G (Mpa)	F.S	i.V.G (Mpa)	Ç.G (Mpa)	c (mm)	E.M (kNm)
1	50x40x3	1995	504	1005480	7,8E-06	7,8427	1	7,843	1,23E+05	440	3	147	300	20	0,899
2	60x40x4	699	736	514464	7,8E-06	4,0128	1	4,013	1,43E+05	440	3	147	300	20	1,050
3	40x40x3	290	444	128760	7,8E-06	1,0043	2	2,009	1,02E+05	440	3	147	300	20	0,748
4	40x40x3	278	444	123432	7,8E-06	0,9628	1	0,963	1,02E+05	440	3	147	300	20	0,748
5	40x40x3	1200	444	532800	7,8E-06	4,1558	1	4,156	1,02E+05	440	3	147	300	20	0,748
6	60x40x4	1275	736	938400	7,8E-06	7,3195	1	7,320	1,78E+05	440	3	147	300	20	1,305
7	50x40x3	4610	504	2323440	7,8E-06	18,123	1	18,123	1,23E+05	440	3	147	300	20	0,899
8	40x40x5	930	700	651000	2.70E-06	1,758	1	1,758	1,46E+05	310	3	103	260	20	0,75
9	40x40x5	880	700	616000	2.70E-06	1,663	1	1,663	1,46E+05	310	3	103	260	20	0,753
10	40x40x3	1405	444	623820	7,8E-06	4,8658	1	4,866	1,02E+05	440	3	147	300	20	0,748
11	40x20x2	2340	224	524160	7,8E-06	4,0884	1	4,088	1,44E+04	440	3	147	300	10	0,211
43	40x40x5	990	700	693000	2.70E-06	1,871	1	1,871	1,46E+05	310	3	103	260	20	0,753
45	40x40x3	700	444	310800	7,8E-06	2,4242	1	2,424	1,02E+05	440	3	147	300	20	0,748
46	40x40x5	970	700	679000	2.70E-06	1,833	1	1,833	1,46E+05	310	3	103	260	20	0,753
								62,92896	kg						

3.4. St 44-2 Çelik ve 6082 T6 Alüminyum Alaşım Malzemeden Oluşan Konstrüksiyon Gruplarının Grafiklerle Ağırlık Karşılaştırması

3.4.1. Ön iskelet

1.Ön iskelet				St 44-2 NBK (kg)	6082 T6 Alasım (kg)	St 44-2 6082 T6 (kg)
Kontrüksiyon Grubu:1:				16,134	8,527	8,527
Kontrüksiyon Grubu:2:				31,642	17,334	29,392
Kontrüksiyon Grubu:3:				33,734	18,197	27,121
Kontrüksiyon Grubu:4:				32,783	17,220	30,642
			Toplam	114,293	61,278	95,682

1.Ön iskelet (Toplam kg)	St 44-2	6082 T6	St44-2&6082T6
	114,293	61,278	95,682

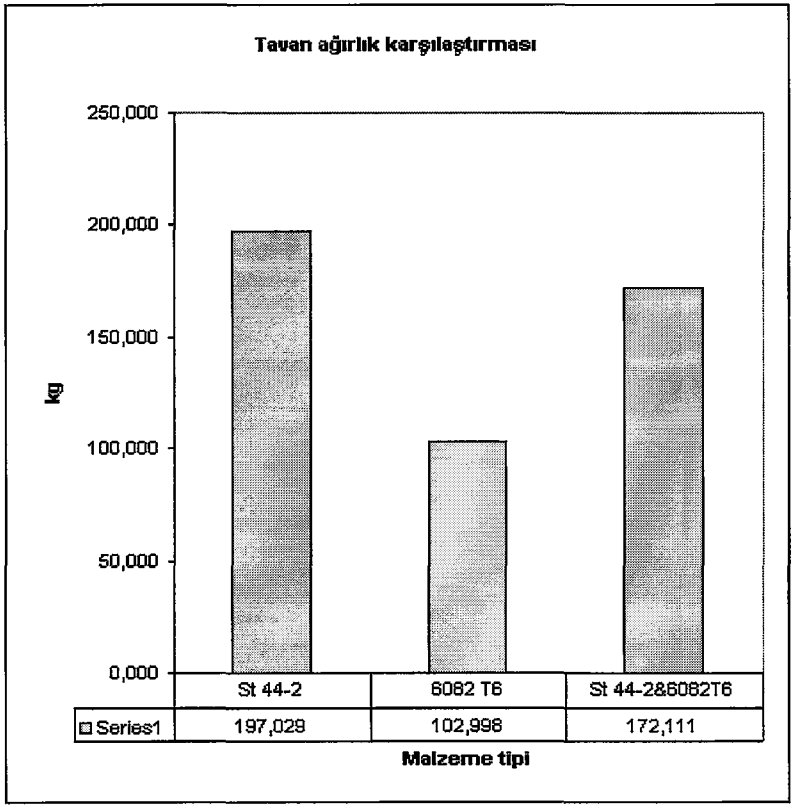


Grafik 3.3.6.1. St 44-2 çelik ile 6082 T6 alüminyum alaşım malzemeler karma olarak imal edilmiş ön iskeletin ağırlık kıyaslanması

3.4.2. Tavan

2.Tavan				St 44-2 NBK (kg)	6082 T6 Alasım (kg)	St 44-2 6082 T6 (kg)
Kontrüksiyon Grubu:1:				50,988	27,182	48,06
Kontrüksiyon Grubu 2:				31,123	16,018	26,259
Kontrüksiyon Grubu.3:				31,123	16,018	26,259
Kontrüksiyon Grubu 4:				31,123	16,018	26,259
Kontrüksiyon Grubu:5:				52,672	27,762	45,274
			Toplam	197,029	102,998	172,111

2.Tavan (Toplam kg)	St 44-2	6082 T6	St 44-2&6082T6
	197,029	102,998	172,111

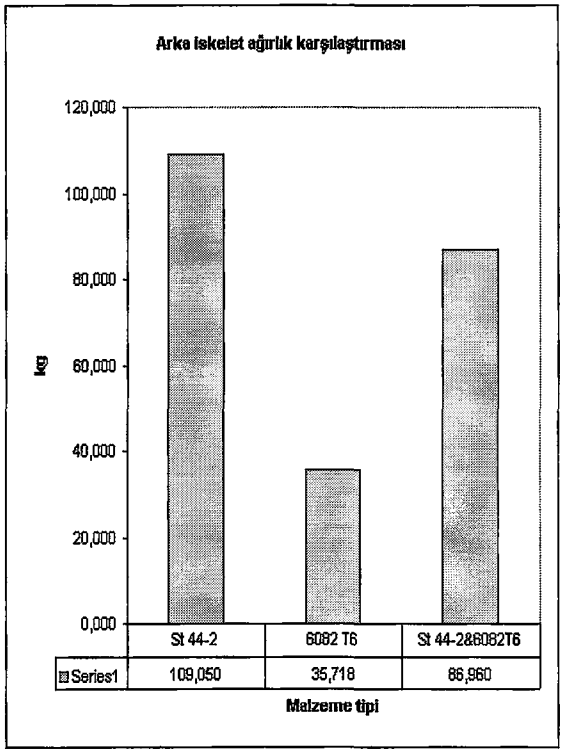


Grafik 3.3.6.2. St 44-2 çelik ile 6082 T6 alüminyum alaşım malzemeler karma olarak imal edilmiş tavan iskeletinin ağırlık karşılaştırması

3.4.3. Arka iskelet

3.Arka İskelet				St 44-2 NBK (kg)	6082 T6 Alasım (kg)	St 44-2 6082 T6 (kg)
Kontrüksiyon Grubu:1				71,467	22,948	67,544
Kontrüksiyon Grubu:2				37,583	12,77	19,416
			Toplam	109,05	35,718	86,96

3.Arka İskelet (Toplam kg)	St 44-2	6082 T6	St 44-2&6082T6
	109,050	35,718	86,960

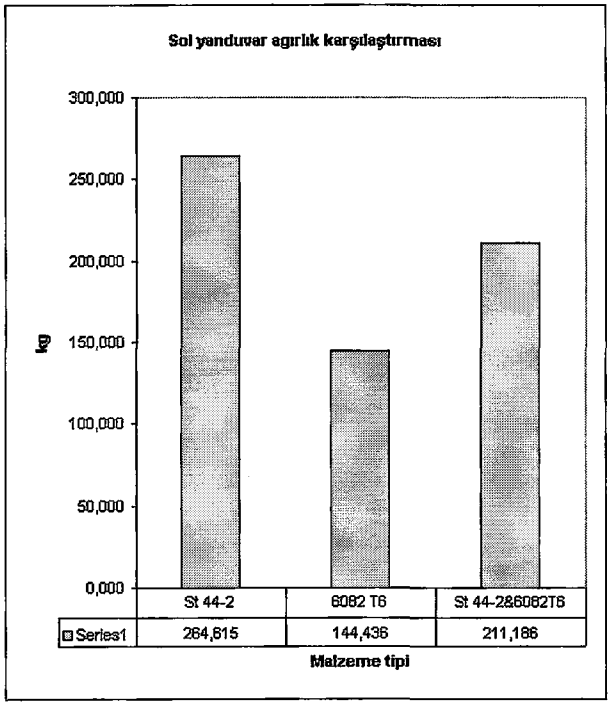


Grafik 3.3.6.3. St 44-2 çelik ile 6082 T6 alüminyum alaşım malzemeler karma olarak imal edilmiş arka iskeletinin ağırlık karşılaştırması

3.4.4. Sol yan duvar iskeleti

4.Sol yan iskelet				St 44-2 NBK (kg)	6082 T6 Alasım (kg)	St 44-2 6082 T6 (kg)
Kontrüksiyon Grubu:1				113,486	61,576	89,875
Kontrüksiyon Grubu:2				29,285	15,929	21,000
Kontrüksiyon Grubu:3				16,883	9,248	9,248
Kontrüksiyon Grubu:4				31,289	17,073	23,331
Kontrüksiyon Grubu:5				73,672	40,610	67,732
			Toplam	264,615	144,436	211,186

4.Sol yan iskelet	St 44-2	6082 T6	St 44-2&6082T6
	264,615	144,436	211,186

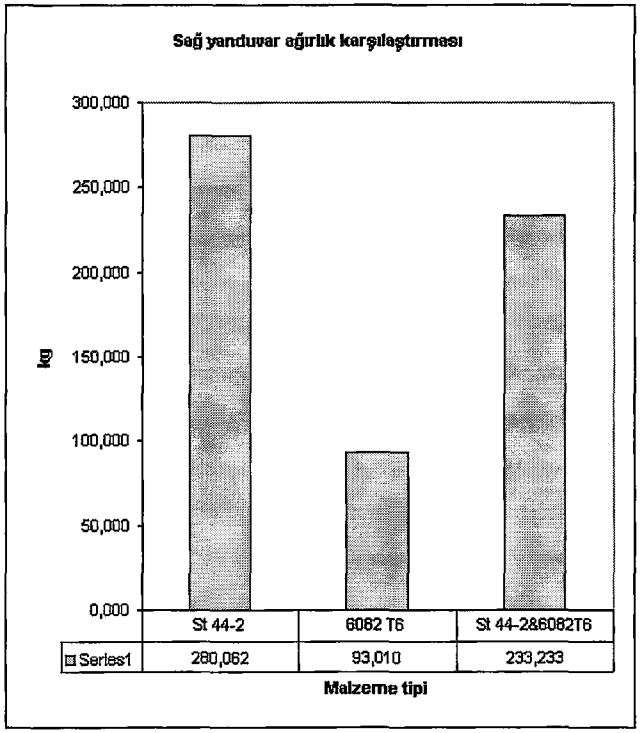


Grafik 3.3.6.4. St 44-2 çelik ile 6082 T6 alüminyum alaşım malzemeler karma olarak imal edilmiş sol yan duvar iskeletinin ağırlık karşılaştırması

3.4.5. Sağ yan duvar iskeleti

5.Sağ yan iskelet	St 44-2 NBK (kg)	6082 T6 Alasım (kg)	St 44-2 6082 T6 (kg)
Kontrüksiyon Grubu:1	124,900	39,300	100,190
Kontrüksiyon Grubu:2	9,855	3,411	7,857
Kontrüksiyon Grubu:3	41,375	14,322	38,293
Kontrüksiyon Grubu:4	36,072	12,487	23,964
Kontrüksiyon Grubu:5	67,860	23,490	62,929
Toplam	280,062	93,010	233,233

5.Sağ yan iskelet (Toplam kg)	St 44-2	6082 T6	St 44-2&6082T6
	280,062	93,010	233,233

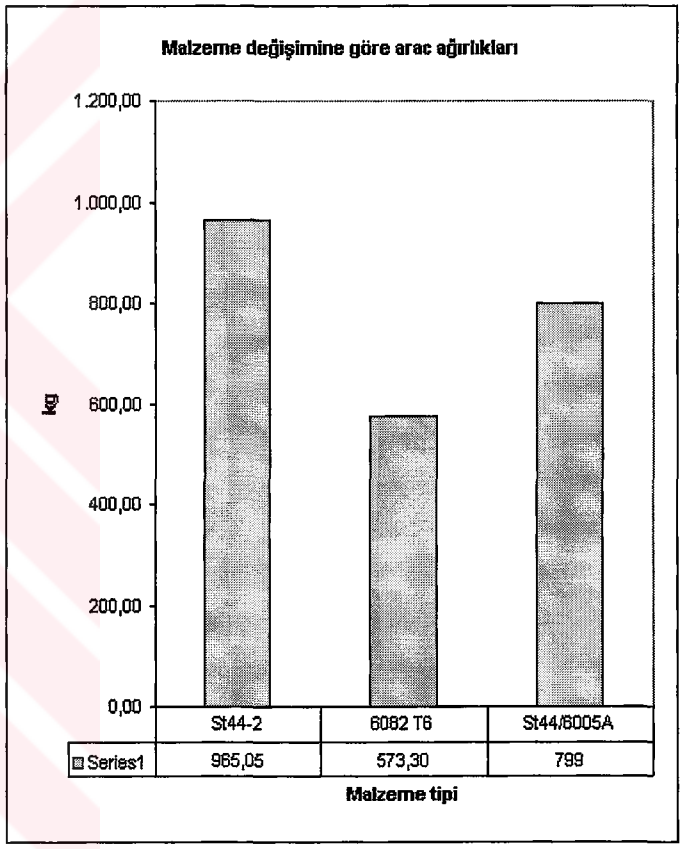


Grafik 3.3.6.5. St 44-2 çelik ile 6082 T6 alüminyum alaşım malzemeler karma olarak imal edilmiş sağ yan duvar iskeletinin ağırlık karşılaştırması

3.5. Malzemeye Göre Araç Toplam Ağırlıkları

	St44-2	6082 T6	St44/6005A
1. Ön iskelet	114,29	61,28	95,682
2. Tavan	197,03	102,998	172,11
3. Arka iskelet	109,05	35,72	86,96
4. Sol yan duvar	264,62	144,436	211,186
5. Sağ yan duvar	280,06	93,01	233,23

	St44-2	6082 T6	St44/6005A
Arac ağırlıkları (kg)	965,05	573,30	799

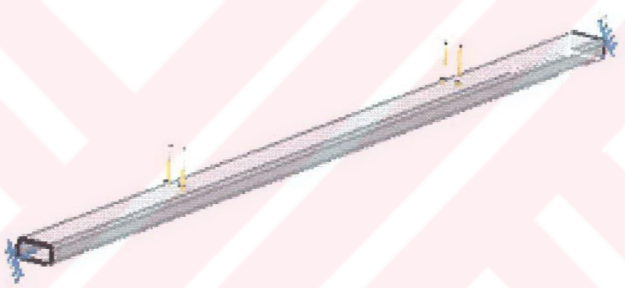


Grafik 3.3.7. St 44-2 çelik ile 6082 T6 alüminyum alaşım malzemeler karma olarak imal edilmiş karoserinin ağırlık karşılaştırılması

3.6. Profillerin Mukavemet Analizleri

Bu bölümde, araç karoserisini oluşturan bazı çelik profillerinin yerini alması düşünülen alüminyum alaşımlı profillerin et kalınlıkları arttırılarak, çelik profillerin mukavemet özellikleri kazandırılmaya çalışılmıştır, analiz sonucu alüminyum profillerin uygulanan yüke karşı gösterdiği dirençle, aynı şartlardaki çelik profillere uygulanan yüke karşı gösterdiği direnç CATIA V5 R13 ile analiz edilmiştir.

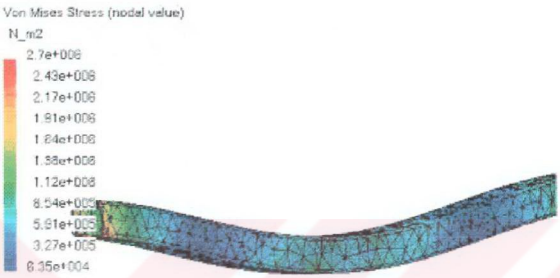
Profillerin sınır şartları: Profillerin her iki ucu sabitlenip, bölüm 6.2.3'te bulunan F=3888.5 Newton sabit yük yerine daha emniyetli olması amacıyla m^2'ye 4000 N sabit yayılı kuvvet uygulanmıştır. Test numune paçalarının boyu hepsinde bir metredir (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Profillerin test uygulama şartları

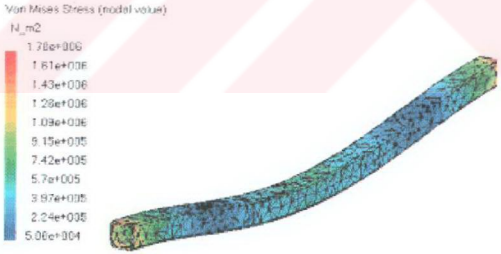
3.6.1 40x40x2 Çelik ile 40x40x3 Alüminyum alaşım profillerinin mukavemet analizi

- **40x40x2 Çelik profil**



Şekil 3.4. 40x40x2 Çelik profilin test sonucu

- **40x40x3 Alüminyum alaşım profil**

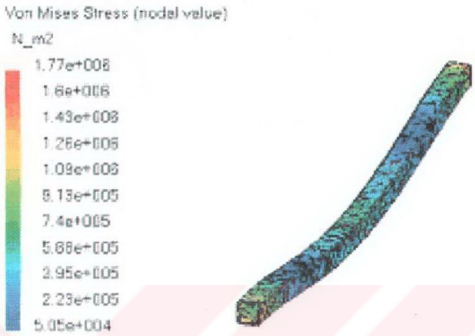


Şekil 3.5. 40x40x3 Alüminyu profilin test sonucu

Sonuç olarak kırmızı bölgelerde gerilimin en fazla, mavi bölgelerde ise gerilimin en az olduğu yerdir. Çelik profilde maksimum gerilim 2.7 x 10^6 N iken, alüminyum profilde ise maksimumum gerilme 1.78 x 10^6 N'dur. Bu yük altında çelik profilin alüminyum profile nazaran %51 daha mukavemetli olduğunu gösterir.

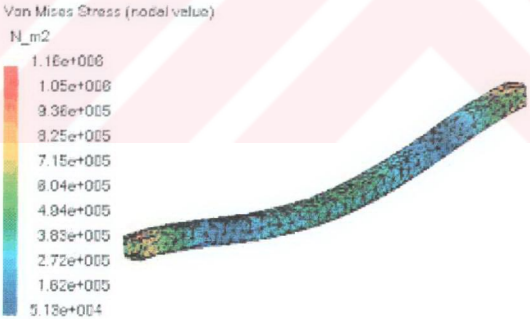
3.6.2. 40x40x3 Çelik ile 40x40x5 Alüminyum alaşım profillerinin mukavemet analizi

- **40x40x3 Çelik profil**



Şekil 3.6. 40x40x3 Çelik profilin test sonucu

- **40x40x5 Alüminyum alaşım profil**



Şekil 3.7. 40x40x5 Alüminyu profilin test sonucu

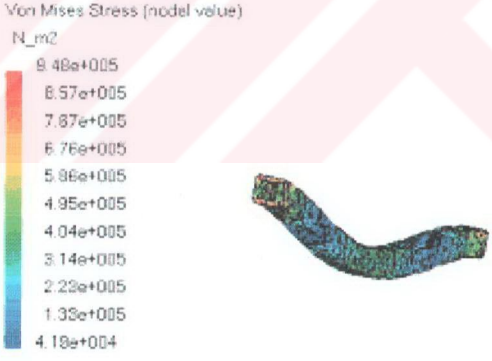
Sonuç olarak kırmızı bölgelerde gerilimin en fazla, mavi bölgelerde ise gerilimin en az olduğu yerdir. Çelik profilde maksimum gerilim 1.77 x 10^6 N iken, alüminyum profilde ise maksimumum gerilme 1.16 x 10^6 N'dur. Bu yük altında çelik profilin alüminyum profile nazaran %52 daha mukavemetli olduğunu gösterir.

3.6.3. 40x40x4 Çelik ile 40x40x7 Alüminyum alaşım profillerinin mukavemet analizi

- **40x40x4 Çelik profil**

Şekil 3.8. 40x40x4 Çelik profilin test sonucu

- **40x40x7 Alüminyum alaşım profil**



Şekil 3.9. 40x40x7 Alüminyu profilin test sonucu

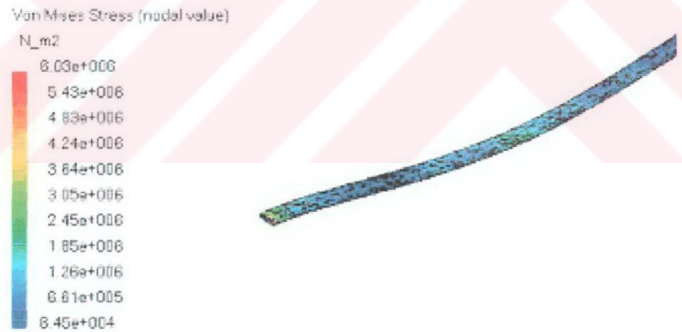
Sonuç olarak kırmızı bölgelerde gerilimin en fazla, mavi bölgelerde ise gerilimin en az olduğu yerdir. Çelik profilde maksimum gerilim 1.32×10^6 N iken, alüminyum profilde ise maksimumum gerilme 9.48×10^5 N'dur. Bu yük altında çelik profilin alüminyum profile nazaran % 39 daha mukavemetli olduğunu gösterir.

3.6.4. 40x10x4 Çelik ile 40x10x7 Alüminyum alaşım profillerinin mukavemet analizi

- **40x10x2 Çelik profil**

Şekil 3.10. 40x10x2 Çelik profilin test sonucu

- **40x10x4 Alüminyum alaşım profil**



Şekil 3.11. 40x10x4 Alüminyu profilin test sonucu

Sonuç olarak kırmızı bölgelerde gerilimin en fazla, mavi bölgelerde ise gerilimin en az olduğu yerdir. Çelik profilde maksimum gerilim 9.56 x 10^6 N iken, alüminyum profilde ise maksimumum gerilme 6.03 x 10^6 N'dur. Bu yük altında çelik profilin alüminyum profile nazaran % 58 daha mukavemetli olduğunu gösterir.

3.6.5. 40x20x2 Çelik ile 40x20x3 Alüminyum alaşım profillerinin mukavemet analizi

- **40x20x2 Çelik profil**

Şekil 3.12. 40x20x2 Çelik profilin test sonucu

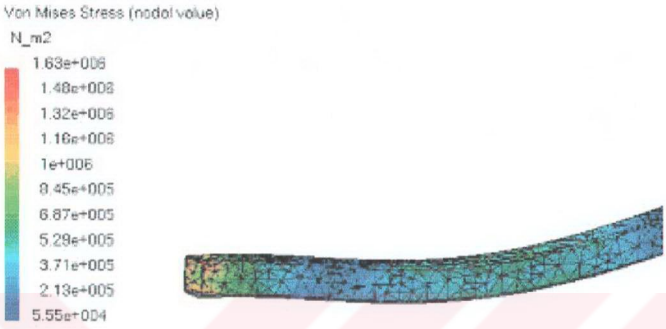
- **40x20x3 Alüminyum alaşım profil**

Şekil 3.13. 40x20x3 Alüminyu profilin test sonucu

Sonuç olarak kırmızı bölgelerde gerilimin en fazla, mavi bölgelerde ise gerilimin en az olduğu yerdir. Çelik profilde maksimum gerilim 5.09 x 10^6 N iken, alüminyum profilde ise maksimumum gerilme 4.25 x 10^6 N'dur. Bu yük altında çelik profilin alüminyum profile nazaran % 19 daha mukavemetli olduğunu gösterir.

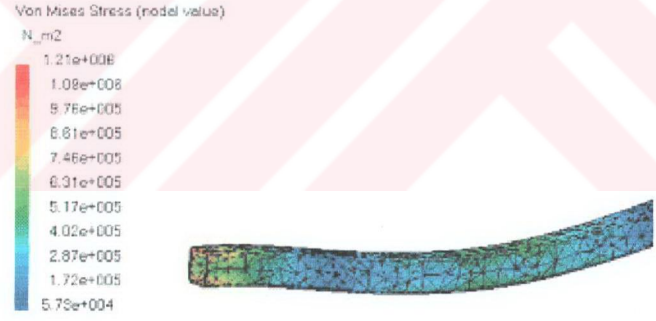
3.6.6. 50x40x2 Çelik ile 50x40x3 Alüminyum alaşım profillerinin mukavemet analizi

- **50x40x2 Çelik profil**



Şekil 3.14. 50x40x2 Çelik profilin test sonucu

- **50x40x3 Alüminyum alaşım profil**

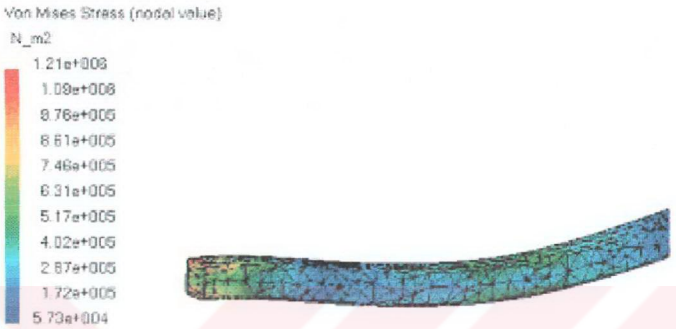


Şekil 3.15. 50x40x3 Alüminyu profilin test sonucu

Sonuç olarak kırmızı bölgelerde gerilimin en fazla, mavi bölgelerde ise gerilimin en az olduğu yerdir. Çelik profilde maksimum gerilim 1.63 x 10^6 N iken, alüminyum profilde ise maksimumum gerilme 1,21 x 10^6 N'dur. Bu yük altında çelik profilin alüminyum profile nazaran % 34 daha mukavemetli olduğunu gösterir.

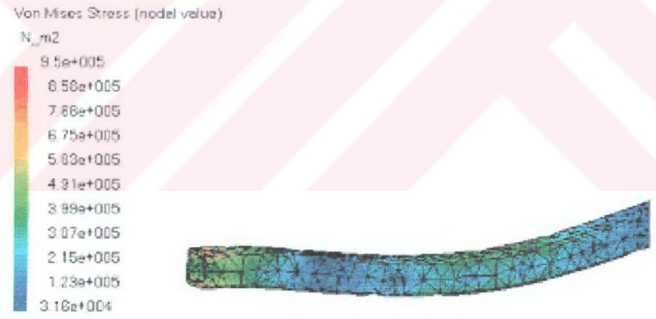
3.6.7. 50x40x3 Çelik ile 50x40x5 Alüminyum alaşım profillerinin mukavemet analizi

- **50x40x3 Çelik profil**



Şekil 3.16. 50x40x3 Çelik profilin test sonucu

- **50x40x5 Alüminyum alaşım profil**

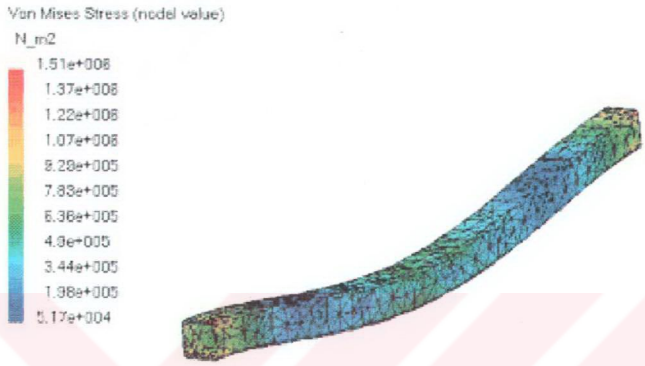


Şekil 3.17. 50x40x5 Alüminyu profilin test sonucu

Sonuç olarak kırmızı bölgelerde gerilimin en fazla, mavi bölgelerde ise gerilimin en az olduğu yerdir. Çelik profilde maksimum gerilim 1.51×10^6 N iken, alüminyum profilde ise maksimumum gerilme 9.91×10^5 N'dur. Bu yük altında çelik profilin alüminyum profile nazaran % 52 daha mukavemetli olduğunu gösterir.

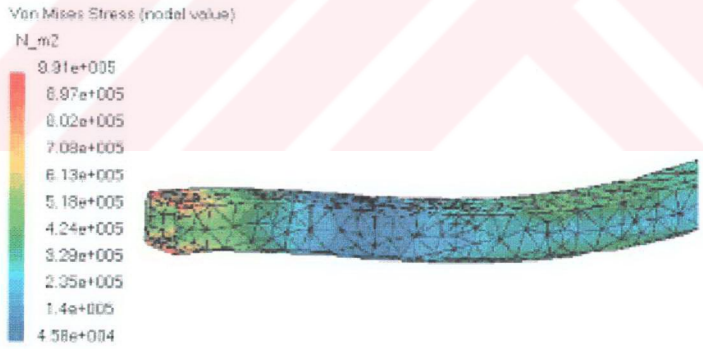
3.6.8. 50x50x3 Çelik ile 50x50x5 Alüminyum alaşım profillerinin mukavemet analizi

- **50x50x3 Çelik profil**



Şekil 3.18. 50x50x3 Çelik profilin test sonucu

- **50x50x5 Alüminyum alaşım profil**

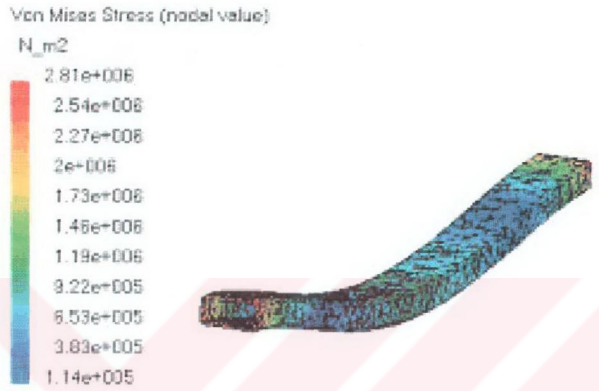


Şekil 3.19. 50x50x5 Alüminyu profilin test sonucu

Sonuç olarak kırmızı bölgelerde gerilimin en fazla, mavi bölgelerde ise gerilimin en az olduğu yerdir. Çelik profilde maksimum gerilim 1.51 x 10^6 N iken, alüminyum profilde ise maksimumum gerilme 9.91 x 10^5 N'dur. Bu yük altında çelik profilin alüminyum profile nazaran % 52 daha mukavemetli olduğunu gösterir.

3.6.9. 60x30x3 Çelik ile 60x30x5 Alüminyum alaşım profillerinin mukavemet analizi

- **60x30x3 Çelik profil**



Şekil 3.20. 60x50x3 Çelik profilin test sonucu

- **60x30x5 Alüminyum alaşım profil**

Şekil 3.21. 60x30x5 Alüminyu profilin test sonucu

Sonuç olarak kırmızı bölgelerde gerilimin en fazla, mavi bölgelerde ise gerilimin en az olduğu yerdir. Çelik profilde maksimum gerilim 2.81×10^6 N iken, alüminyum profilde ise maksimumum gerilme 2.19×10^6 N'dur. Bu yük altında çelik profilin alüminyum profile nazaran % 28 daha mukavemetli olduğunu gösterir.

3.6.10. 60x40x3 Çelik ile 60x40x5 Alüminyum alaşım profillerinin mukavemet analizi

- **60x40x3 Çelik profil**

Şekil 3.22. 60x40x3 Çelik profilin test sonucu

- **60x40x5 Alüminyum alaşım profil**

Şekil 3.23. 60x40x5 Alüminyu profilin test sonucu

Sonuç olarak kırmızı bölgelerde gerilimin en fazla, mavi bölgelerde ise gerilimin en az olduğu yerdir. Çelik profilde maksimum gerilim 2.17×10^6 N iken, alüminyum profilde ise maksimumum gerilme 1.5×10^6 N'dur. Bu yük altında çelik profilin alüminyum profile nazaran % 44 daha mukavemetli olduğunu gösterir.

3.7. St 44-2 Çelik, 6082 t6 Alüminyum Alaşım ve Karma Yapıdan Oluşan Konstrüksiyon Gruplarının Ağırlık Karşılaştırması

Sonuç olarak, her konstrüksiyon grubuna ait ağırlık değerleri topluca aşağıda Tablo 3.4'de toplu olarak gösterilmiştir.

Tablo 3.4. St 44-2 çelik, 6082 T6 alüminyum alaşım ve karma yapıdan oluşan konstrüksiyon gruplarının ağırlık karşılaştırması

Konstrüksiyon Grubu	St 44-2 profil kullanmış yapı (kg)	6082 T6 profil kullanılmış yapı (kg)	St 44-2 ve 6082 T6 kullanılmış karma yapı (kg)
Ön iskelet ko.gr.	114.293	61.278	95.682
Tavan iskelet ko.gr.	197.029	102.998	172.111
Arka iskelet ko.gr.	109.050	35.718	86.960
Sol yan duvar ko.gr.	264.615	144.436	211.186
Sağ yan duvar ko.gr.	280.062	93.010	233.233
Toplam ağırlık	**965.049**	**437.440**	**799.172**

Bu sonucu yorumlarsak, karma yapı'da bir karoseri imal edersek, mevcut çelik karoseri ağırlığından ağırlık bakımından fark

Fark=965.05-799=166.05 kg olacaktır

BÖLÜM 4. BAĞLANTI ELEMANLARINDA YAPIŞTIRMA İŞLEMİ

Otomotiv endüstrisi yeni ürünler geliştirirken temel olarak güvenlik, konfor, çevre, uygun maliyet ve rakiplerden farklı olma kaygısı ile hareket etmektedir. Konfor, güvenlik ve estetik arayışlar ise farklı malzemelerin bir arada kullanılmasını zorunlu kılıyor. Ayrıca farklı malzemelerin birleştirilmesi ve bağlanması, artan detayların çıkardığı sorunların en aza indirilmesi için yeni bağlantı elemanları gerektiriyor. Daha önce kullanılan civata, perçin, kaynak, kenetlenebilir geçme gibi metodların yerini, kullanım avantajı da sunan elastik yapıştırma metodları yer alıyor. Ticari taşıtlarda özelliklede yolcu taşımaya yönelik otobüs üretiminde yapıştırıcı kullanım oranı oldukça yüksektir.

Yapıştırma tekniği bir taşıtın ömrü boyunca kullanılacak özellikte olmalıdır. Günümüzde tasarımlar, ekonomik ömür ile bağlantılı yapılmaktadır.

Yapıştırıcılar temas ettiği iki nokta arasında hem yapıştırma hem izolasyon işlevini yerine getirdiği için temas alanlarında yapıştırıcı ile bir yastık oluşturarak iki malzemenin birbirine aktaracağı ses ve uğultuyu kesiyorlar.

4.1. Elastik Yapıştırmanın Endüstriye Katkıları

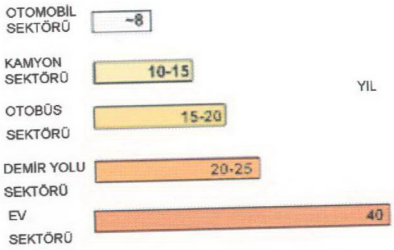
- Poliüretan bazlı elastik yapıştırıcılarla endüstriyel alanda birleştirme metodlarında büyük bir aşama kaydetmiştir.
- Uygulaması kolay, çabuk ve ekonomiktir.
- Elastik yapıştırma güvenilir olduğu için çok geniş bir alanda uygulanabilir.
- Elastik yapıştırma sayesinde sınırsız bir tasarım olanağı doğmuştur.

4.2. Elastik Yapıştırma Tekniğinin Özellikleri

- Aynı ve farklı malzemeleri birleştirme olanağı sunar.
- Üretimde geniş toleransla çalışabilir.
- Korozyonu önler.
- Yüksek darbeye mukavemetlidir.
- Malzemelerdeki deformasyonu önler.
- Titreşim emicidir.
- Pahalı ve özel amaçlı lastiklerin (izolasyon) kullanımını önler.
- İstenilen tasarım özgürlüğünü sağlar
- Birleşme ve izolasyon tek işlemle gerçekleşir.
- Boya tutar.
- Yüksek yırtılma mukavemeti vardır.
- Tek kompanentli, atmosfere açılınca kürlenen ve ısı kürlü sistemlerde çok amaçlı bir kullanım sağlar.
- Sıvı ve katı şekillerde bulunur.
- Boyanmış malzemeleri yapıştırabilir. (Boyanın kalitesine bağlıdır.)
- Düzgün ve temiz bir ek yeri sağlar.
- Yapıştırılan yüzeyler bozulmaz.

4.3. Yapıştırıcı Mühendisliği Genel Bilgileri

Yapıştırma: kaynak, lehim, perçin, vs. yanında endüstriyel bir birleştirme yöntemi olarak kullanılmaya ilk başaldığından beri, başarılı bir yapıştırma için en önemli parametreleri bulmak amacıyla birçok araştırma, geliştirme ve mühendislik çalışmaları yapılmıştır. Bu çalışmalar sonucu değişik sektörlerde kullanılan yapıştırıcıların ekonomik ömür değerleri şekil 4.1'de görülmektedir [35].



Şekil 4.1. Değişik sektörlerde kullanılan yapıştırıcının ömür kıyaslaması

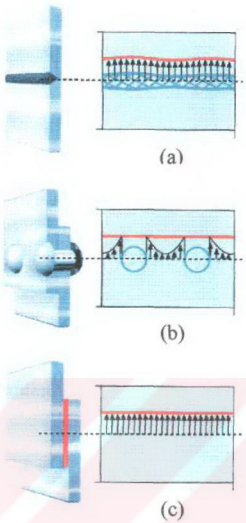
4.4. Düz Yüzeylerin Birleştirilmesi

Malzemelerin yapıştırıcı kullanılarak birleştirilmesi, mekanik bağlantı elemanları kullanılmasına kıyasla önemli avantajlar sağlar. Yapıştırıcı yük ve gerilimi tüm birleşim yüzeyine yayarak statik ve dinamik yüklerin düzgün yayılmasını sağlar, gerilimin belli noktalarda yoğunlaşmasını engeller. Dolayısıyla yapıştırıcı ile gerçekleştirilmiş bir bağlantı, bükülme ve titreşime, perçinle yapılan bir mekanik birleştirme yönteminden daha dayanıklıdır (Şekil 4.2 a,b,c) [35].

Yapıştırıcı aynı zamanda birleşim yerinin sızdırmazlığını da sağlar, böylece mekanik yöntemlerle birleştirilmiş parçalarda görülebilen korozyonu engeller. Yapıştırıcı düzgün olmayan yüzeylerin birleştirilmesini de kolaylaştırır ve parça boyutlarında veya şeklinde çok az veya hiç değiştirilmeden daha hafif birleşimler elde edilir.

Yapıştırıcı kullanımına karar vermeden önce dikkate alınması gereken bazı ilave faktörler vardır. Örneğin yapıştırıcı yapıştırılacak malzemelere uygun olmalı, imalat yöntemiyle uyuşmalı, hesaplanan çalışma yüklerine ve çalışma ortamına dayanmalıdır. Ayrıca, yüzey hazırlığı, uygulama yöntemi, kürleşme sistemi ve bunların süre ve maliyetleri de dikkate alınmalıdır. Üç temel birleştirme yöntemi şunlardır:

1. Mekanik : civata, vida ve perçin ile
2. Termal : kaynak, pirinç lehimi ve lehim ile
3. Kimyasal : yapıştırıcı ile



Şekil 4.2. (a) Kaynak, (b) perçin, (c) yapıştırıcı birleştirmelerdeki gerilim dağılımı

Rijid bağlama yöntemiyle, elastik yapıştırıcı arasında gerilim dağılımı, optik gerilim analizi yönünden (Şekil 4.3 a,b) araştırıldığı zaman elastik yapıştma metodunda dengeli bir gerilim dağılımı olduğu görülür ve bu zamanla maliyeti azaltır [35].

(a) (b)

Şekil 4.3. (a) Civata ve (b) yapıştırma birleştirmede optik gerilim analizleri

Mekanik birleştirme; Sık ve kolay sökülme gerekiyorsa, civata kullanımı ideal ve genellikle de çok güvenilir bir birleştirme yöntemidir. Fakat bazı durumlarda civatalar gevşeyebilir.

Civata veya perçin kullanmak için delik açılması gerekir, bu da parçaları zayıflatır. Birleşim yük altına girdiğinde, açılan deliklerin etrafında gerilim yoğunlaşması

meydana gelir. Bu durum erken malzeme yorgunluğuna neden olabilir. Dolayısıyla, bu tür bağlantı elemanları kullanıldığında sağlamlığın sağlanabilmesi için mazeme kalınlığının artırılması gerekir. Ayrıca, civata veya perçin delikleri korozyon tehlikesini artırır. Bu sebepten çoğunlukla karmaşık ve pahalı olan yalıtım veya yüzey koruma işlemlerini gerek duyulur. Eğer farklı metaller birleştiriliyorsa, galvanik korozyon ve farklı genleşme görülebilir

Termal birleştirme; Kaynak ve lehim normalde yalnızca benzer malzemelerde mümkündür. Sökmek mümkün değildir veya çok zordur. Kaynak ve lehim işlemi sırasında oluşan yüksek sıcaklık istenmeyen gerilmelere neden olur, bunun sonuçunda parça yorgunlugu, ve parçaların metal yapısında bozulma meydana gelebilir.

Yapıştırıcı ile birleştirme; Yapıştırma sağladığı bir çok avantajları imalat alanlarınıda genişletir:

- Düzgün gerilim dağılımı : Açılan delikler nedeniyle meydana gelen gerilim yoğunlaşmaları engellenir. (Şekil 4.2 b)
- Yapısal degişim olmaması : Kaynak yönteminde olduğu gibi malzemelerin özellikleri bozulmaz.
- Şekil bozuklugu olmaması : Kaynak yönteminde olduğu gibi parçalar ısıtılmadığı için farklı kütle ve boyuttaki parçalar kolaylıkla birleştirilebilir.
- Farklı mazemelerin birleştirilmesi : Farklı mazemelerin üstünlüklerinden en iyi şekilde faydalanacak şekilde malzeme seçimi birleştirilmesine imkan verir
- Sızdırmazlık : Yapıştırıcılar aynı zamanda conta vazifesi görür. Civata ve perçinli bağlantılar ise genellikle sızdırmazlık sağlamak için ilave işçilik ve maliyet gerektirir.
- Elektriksel yalıtım : Farklı elektro-kimyasal özellikteki metaller birleştirilebilir. Korozyon ve sürtünme nedeniyle aşınma ortadan kalkar.
- Parça adedinde azalma : Pim, civata, perçin, kelepçe vs. gereksiz hale gelir.

Ürün görünümünde iyileşme : Yapıştırılmış bağlantılar daha düzgündür. Birleştirme sonrasında, kaynakta oldugu gibi ek yeri görünmez.

4.5. Ek Yeri Tasarımı

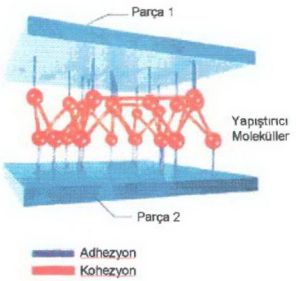
Yapıştırıcıyla birleştirmede, optimum tasarımın hedefi en düzgün gerilim dağılımını elde etmektir. Dolayısıyla mühendisler kuvvet uygulanan bir ek yerinde gerilimin nasıl dağıldığını iyi anlamalıdır. Yapıştırılacak bir ek yerinin tasarımın dikkate alınması gereken bir çok kural vardır.

Soyulma ve yarılma yüklerini en aza indirilmesi; Gerilim dağılım eğrilerine bakarsak, soyulma ve yarılma yüklerinden mümkün olduğunca kaçınılması gerektiğini şekil 4.2'de görülmektedir.

Yapışma alanının arttırılması; Bir ek yerini iyileştirmenin, veya bir tasarımı yapıştırmaya uygun hale getirmenin diğer bir basit, fakat çok önemli yolu da yapışma alanını arttırmaktır. Eğer yapışma alanı çok küçükse, genellikle çok yüksek soyulma ve yarılma gerilimleri doğar. Yapıştırıcı ve parçaların sertliği ek yerinin kopma yükünü etkiler. Genellikle parçalar ne kadar sert ise, ek yerinin kuvveti parçaların şeklinden o kadar az etkilenir.

Yapıştırıcılar, aynı veya farklı malzemeden yapılmış yüzeyler arasında bir çeşit köprüdür ve yapışma mekanizması şunlara bağlıdır.

- Yapıştırıcının yüeye yapışma kuvveti adhezyon; ve
- Yapıştırıcının iç kuvveti-kohezyon şekil 4.4'de görülmektedir [35].



Şekil 4.4. Yapıştırma ek yerindeki kuvvetler

Adhezyon; iki maddenin temas yüzeylerindeki yapışma kuvvetidir ve "Van der walls kuvvetleri" olarak adlandırılır, çekim ve yüzeye tutunma fiziksel kuvvetleri yapışmada en önemli faktördür. Eğer yapıştırıcı, mekanik olarak işlenmiş yüzeylerdeki pürüzlere tam olarak temas edemezse, bu moleküller arası kuvvetler oldukça zayıflar. Bu nedenle yapıştırıcının yüzey pürüzlerine tam olarak nüfuz etmesi ve bütün yüzeyi ıslatması gerekir. Dolayısıyla, yapıştırmanın kuvveti hem yüzeyin ıslatılmasına (maksimum moleküller arası temas için), hem de yüzeyin yapışma özelliklerine bağlıdır. Belirli bir yapıştırıcı yüzey gerilimi için ısıtma, yapıştırıcı sürülen yüzeyin yüzey gerilimine ve yapıştırıcının viskozitesine bağlıdır. Yüzeyde kirlerin bulunması da ıslatmayı olumsuz etkiler.

Kohezyon; "Kohezyon" yapıştırıcı molekülleri arasında bulunan ve yapıştırıcıyı bir arada tutan kuvvettir. Şu kuvvetler kohezyona etki eder:

- Moleküller arası çekim kuvvetleri (Van der Waals kuvvetleri)
- Polimer moleküllerinin kendi aralarında kenetlenmesi.

Bir zincirin kuvvetinin en zayıf halkası tarafından belirlenmesi kuralına uygun olarak, yapıştırma işleminde adhezyon ve kohezyon kuvvetleri yaklaşık eşit olmalıdır.

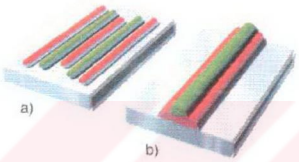
4.6. Aktivatör ile Kürleşen Yapıştırıcılar

Bu yapıştırıcılar oda sıcaklığında aktivatör ile kürleşir. Yapıştırıcının türüne göre, yapıştırıcı ve aktivatör yapıştırılacak yüzeylere ayrı ayrı uygulanabilir veya hemen uygulama öncesinde bir statik mikserde karıştırılabilir. Bazı yapıştırıcılar düşük viskoziteli bir aktivator ile kullanılır. Bu yapıştırıcılar hiçbir zaman aktivatör karıştırılmamalıdır. Yapıştırıcı ve aktivatör her zaman ayrı ayrı tatbik edilmelidir. İki parça birbirine temas ettiğinde yapıştırıcı kürleşmeye başlar.

Sıvı aktivatörü ortadan kaldıran, yapıştırıcı ile aktivatörün aynı kıvamda olduğu akrilik yapıştırıcılar da vardır. Bunlar iki birleşenli sistemlerdir ve yapıştırıcı ile aktivatör yan yana veya üst üste şeritler halinde uygulanır.

Yapıştırılacak parçalar birleştirilirken yapıştırıcıda karışmış olur. Eğer karışmış haldeki yapıştırıcı 5 dakika veya daha uzun bekleyebiliyor ise bir statik mikser de kullanılabilir. Statik mikser tarafından önceden karıştırılmış yapıştırıcı kullanmanın avantajı, karışmanın parçaları birleştirme esnasındaki hareketine bağımlı olmamasıdır.

Aktivatör ve yapıştırıcı'yı birlikte uygulanması, ihtiyaclara bağlı olarak seçilmesi iki şekilde uygulanabilir (Şekil 4.5 a, b) [35].



Şekil 4.5. Aktivatör ve yapıştırıcının beraber uygulanması

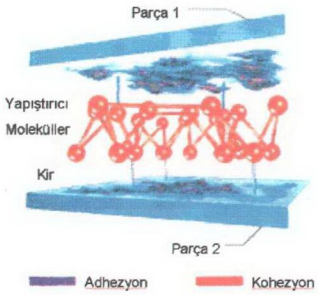
Modifiye akrilik yapıştırıcıların genel özellikleri şunlardır:

- Çok yüksek kesme ve çekme mukavemeti
- Yüksek darbe mukavemeti
- Geniş çalişma sıcaklık aralığı
- Hemen hemen tüm malzemeler yapıştırılabilir
- Yüksek boşluk doldurma kabiliyeti (özellikle rilan akrilikler)
- Ortam şartlarına yüksek dayanım

4.7. Yapıştırılacak Yüzeyler İcin Ön-İşlem

En iyi yapışma için iyi bir ön-işlem gereklidir. Yapışma kuvveti büyük ölçüde yapıştırılacak yüzeyler ile yapıştırıcı arasındaki adhezyon kuvveti tarafından belirlenir. Yüzeyler iyi temizlendiği ve ön-işlem yapıldığı oranda yapışma kuvvetinin artacağı iyi anlaşılmalıdır (Şekil 4.6) [35]. Adhezyon kuvveti şu şekilde artırılabilir.

- Mekanik aşındırma ile istenmeyen yüzey tabakalarının temizlenmemesi
- Primer ile kaplayarak yeni, aktif bir yüzey oluşturulması
- Aşındırma, korona işlemi, düşük plazma işlemi vs. ile yüzey aktivitesinin değiştirilmesi



Şekil 4.6. Yapıştırılacak yüzeylerdeki kirler adhezyonu düşürür.

4.8. Yapıştırılacak Yüzeylerin Yağdan Arındırılması

Mümkün olan en iyi yapışmayı elde etmek için yapıştırılacak yüzeylerden yağ, gres, toz ve diğer kalıntıların tamamen temizlenmesi gerekir. Kalıntı bırakmadan buharlaşan solventler buna uygundur.

Alkalin veya asit bazlı sulu temizleyiciler her zaman korozyon önleyici içerirler. Bunlar eğer temizleme sonrası yüzeyde kalırsa, yapıştırıcının kürleşmesini engelleyebilir. Eğer bu tür temizlik sistemleri kullanılacaksa, mutlaka önceden testler yapılmalıdır. Her durumda tüm yüzeyler iyice durulanmalı veya silinmelidir.

Eğer yüksek miktarlı imalatlar için özel yağ alma banyoları kullanılıyorsa, temizlik banyosunun kirlenmemesi için çok kirli yüzeylere ön-temizlik yapılması tavsiye edilir. Buharlı yağ alma sistemleri çok sık kullanılır. Bu yöntemde solvent kaynama noktasına kadar ısıtılır ve buharlaştırılır. Soğuk parçalar buharlaşmış temizleyici ile temas etdiginde, temizleyici yüzeyler üzerinde yoğuşur. Oluşan sıvı yüzeylerde kalmış kir ve gres parçacıklarını temizler. Yağ alma, çoğunlukla tamamen kapalı makinalarda, yağ alma solventleri ile yapılır. Bir çok uygulamada yüzeylere hızlı etkili bir temizleyici ile ön-işlem yapılması yeterlidir, bu şekilde yüzeyler yağ, gres, kir ve diğer kalıntılardan temizlenir ve yapıştırma için hazır olur.

Solventler ile temizlik yapılırken daha iyi netice almak için, yüzeylerden kiri ayıran kimyasal işlem mekanik olarakta desteklenebilir (bir temizlik bezi ile ovalamak, fırçalamak, zımparalamak vb.).

4.9. Mekanik Ön-İşlem

Kirli metal yüzeyler çoğunlukla bir oksit tabakasıyla kaplıdır ve bu tabaka yağ alma ile temizlenemez. Böyle durumlarda, zımparalama, taşlama veya tel fırça ile fırçalama gibi ön-işlem gereklidir.

Zımparalama geniş yüzeyleri temizlemek için iyi bir yöntemdir. Çok kalın zımpara kullanmamak kaydıyla, bu yöntemle elde edilen yüzey pürüzlügünü iyi seçmek önemlidir (ör: aluminyum için 300 ila 600, çelik için 100). Taşlama, zımparalama veya taş yüzeydeki kirleri bulaştırmamalı. Pratikte mekanik ön işlem metodlarının kullanılması çok kolaydır ve genellikle yeterli yapışma kuvveti sağlarlar.

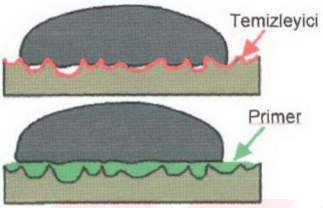
Eğer plastik veya lastik parçalar yapıştırılacak ise, yüzey tabakası, kalıp ayırıcı ve vulkanizasyon tabakası gibi yabancı maddeler öncelikle temizlenmelidir. Plastikler yüzeyler solventlerle veya taşlanarak temizlenebilir.

Temizleyiciler; Yapıştırıcı kullanırken en iyi neticeyi elde etmek için, yapıştırılacak parçaların tüm kirlerden temizlenmiş olması tavsiye edilir. Küçük çaplı seri imalatlar montaj veya bakımda elle temizleme için çevreyle dost temizleyiciler üretilmektedir. Bu temizleyiciler kalıntı bırakmadan çoğu gres, yağ ve kaydırıcı sıvıları temizler.

Aktivatörler; Yapıştırıcılar ilaveten aktivatörler de üretilmektedir. Bazı yapıştırıcılarda (ör:modifiye akrilikler) aktivatör kürleşmesi başlatmak için gereklidir, bazılarında ise (ör: anaerobikler) için isteğe bağlıdır. Primerlerin aksine, aktivatörler normalde adhezyonu kuvvetlendirmez, fakat doğru kürleşmeyi garantileyerek kohezyonu güçlendirir.

Primerler; Primer ve temizleyicilerin yapıştırma işleminde yaptıkları görevler farklıdır (Şekil 4.7) [35]. Primerler, yapıştırma işleminde adhezyonun kuvvetli ve

uzun ömürlü olması için kullanılırlar, fakat yapıştırıcının kürleşmesine katkıları yoktur. Primerler, malzeme yüzeyi ile yapıştırıcı arasında bir köprü olduklarından, tüm yapıştırıcılar ile kullanılacak genel bir yoldur. Her yapıştırma işleminde olduğu gibi yüzeyler önceden temizlenmelidir.

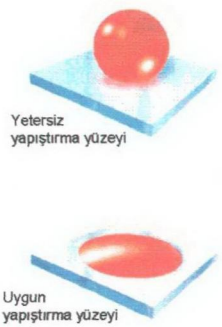


Şekil 4.7. Primer ile temizleyici arasındaki fonksiyon farkı

4.10. Islatılabilirlik Testi

Yüzey hazırlıkları "su kopma testi"ile değerlendirilebilir. Temizlenmiş yüzeylere saf su damlaları bırakılır. Yetersiz temizlenmiş yüzeyde damlanın küresel şekli büyük ölçüde korunur, ve yüzeyin tekrar temizlenmesi gerektigini gösterir. Eğer su yüzeyde akıyorsa ıslatma başarılıdır; yüzey yeterli temizlenmiştir (Şekil 4.8). Bu yöntem aluminyum ve magnezyum üzerindeki andik kaplamalar için uygun değildir [35].

Su kopma testinin avantajı, "test sıvısı"olan suyun kolay bulunabilmesidir. Fakat avantajı bununla sınırlı kalır, çünkü suyun sertliği yüzey gerilimini etkiler. Bazı durumlarda, damıtılmış su bile su kopma testinde güvenilir sonuç vermez. Bu nedenle kritik uygulamalarda belirli yüzey gerilmelerine sahip yüzey gerilim sıvıları kullanılmalıdır. Dikkat edilmesi gereken nokta, bu testin yalnızca ıslatılabilirliği gösterdiği, yapiştırılma kabiliyetini ölçmediğidir.



Şekil 4.8. Yüzey, "su kopma" testi veya belirli yüzey gerilim sıvıları ile test edilebilir.

4.11. Yapıstırıcı ile Birleştirmede Tasarım Esasları

Yapıştırılmış bir bağlantının kuvveti ve dayanıklılığı başlıca şu parametrelere göre belirlenir: Yapıştırıcı, yapıştırılacak malzeme, çalışma ortamı, ek yeri tasarımı, yük. Bir yapıştırıcının fiziksel ve kimyasal özellikleri onun kohezyon (iç yapışma) ve adhezyon (yüzeylere tutunma) kuvvetini belirler. Yapıştırma bağlantının dayanıklılığı da yapıştırıcının özelliklerine bağlıdır. Farklı yapıştırıcı teknolojileri, kuvvet, yüzeye tutunma özellikleri ve Young modülü (esneklik) yönünden değişik alternatif sağlar.

Yapıştırılacak malzemeler ve yüzey son-kat işlemleri çoğunlukla optimum yapıştırıcı ve ek yeri tasarımında en önemli kriterdir, fakat en uygun yapıştırıcının belirlenmesinde malzemelerin mekanik özellikleri ve parçaların sertliği de çok önemlidir.

Bağlantının çalışma ortamı (sıcaklık, kimyasallar/solventler,nem, vs.) yapıştırıcı seçimini doğrudan etkiler. Çalışma ortamı ve tatbik edilen kuvvetler dayanıklılığı belirleyen en önemli parametrelerdir. Ek yeri tasarımı, seçilen yapıştırıcıdan en yüksek verimi almakta en önemli parametredir. Tasarım, yapıştırıcının hacimsel kürleşme, boşluk doldurma gibi özelliklerine göre ayarlanmalı, ve en zor yük şartları (soyulma, yarılma) engellenecek şekilde optimize edilmelidir.

BÖLÜM 5. SİKAFLEX 254 + BOOSTER VE SİKAFLEX 252 HAKKINDA BİLGİ VE TEST SONUÇLARI

5.1. Yapıştırıcı Türleri ve Ürün Bilgileri

Tablo 5.1. Sikaflex®-254 + Booster ve Sikaflex®-252 yapısal yapıştırıcı teknik özellikleri [34]

Özellikler	Sikaflex®-254 + Booster	Sikaflex®-252
Kimyasal yapısı	Tek komponentli poliüretan	Tek komponentli poliüretan
Yoğunluk (DIN 53479) (kürlenmeden)	1,1 – 1,2 kg/l	1,16 – 1,22 kg/l
Yüzeyde tutunabilirlik (akmama özelliği)	Çok iyi	Çok iyi
Kür sistemi	Hava nemi ile	Hava nemi ile
Kabuk oluşma süresi*	Yakl. 45 dakika	Yakl. 40 dakika
Kür oranı*	**Yakl. 30 dakika**	**Yakl. 21 saatte 4 mm.**
Hacim değişmesi (DIN 52451)	Yakl. 1%	Yakl. 6%
Shore A sertliği (DIN 53505)	Yakl. 45	Yakl. 55
Çekme mukavemeti (DIN 53504)	Yakl. 4 N/mm^2	Yakl. 4 N/mm^2
Kopma uzaması (DIN 53504)	> 400%	> 300%
Yırtılma mukavemeti (DIN 53515)	Yakl. 8 N/mm	Yakl. 9 N/mm
Çekme mukavemeti (EN 1465) 4 mm kalınlıktaki malzeme için	Yakl. 2,5 N/mm^2	Yakl. 2,5 N/mm^2
Kırılganlaşma sıcaklığı (DIN 53445)	Yakl. -40°C	Yakl. -40°C
Kullanım sıcaklığı (sürekli) kısa süreli	-40°C to +90°C 120°C	-40°C to +90°C 120°C

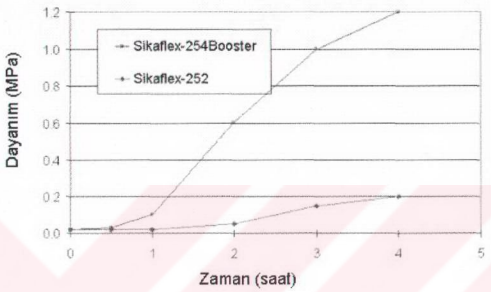
- **Tanım :** Sikaflex®-254 veya Sikaflex®-252 tek komponentli, çok amaçlı, havayla temas ettiğinde (hava nemi ile) kür alan(sertleşen) mükemmel yapışma özelliklerine sahip poliüretan bazlı bir malzemedir.

  Avantajları :

  - Elastik
  - Boyanabilir
  - İyi bir derz dolgu malzemesi
  - Dinamik gerilmelere dayanıklı olması
  - Titreşim emici özelliği
  - Korozif olmaması
  - Elektriksel açıdan yalıtkan olması
  - Birçok yüzeye tutunabilmesi
- **Kür sistemi:** Sikaflex®-254 veya Sikaflex®-252 havayla temas ettiğinde(hava nemiyle) kür alan (sertleşen) bir malzemedir. Düşük sıcaklıklarda hava nemide azaldığından kürlenme süresi uzayabilir.
- **Uygulama alanları:** Sikaflex®-254 veya Sikaflex®-252 dinamik gerilmelere maruz kalan yapı elemanlarının yapıştırılması için uygundur. Metaller, alümünyum yüzeyler , çelik levhalar, boyalı yüzeylerde (2K) seramik ve plastik yüzeyler için uygundur.
- **Kimyasal dayanıklılık:** Sikaflex®-254 + Booster veya Sikaflex®-252 suya, deniz suyuna, kireçli su, Su bazlı temizleme malzemelerine, sulandırılmış asit ve kostik çözeltilerine, atık sulara karşı uzun vadeli dayanıklıdır. Yakıtlara, hayvani, bitkisel ve madeni yağlara karşı geçici süreyle dayanıklıdır. Organik solventlere ve asitlere, konsantre kostik çözeltilerine, mineral asitlere, boya tinerlerine, bitüm ve asfalta alkole az ve hemen hiç dayanıklı değildir.
- **Sonuc :** Her iki tip yapıştırıcının fiziksel özellikleri hemen hemen aynı olmasına rağmen tasarlanan araçta Sikaflex®-254'ün kürleşme oranı daha çabuk olduğu için bu yapıştırıcı seçilmiştir.

5.2. Yapıştırıcı Testleri [36]

Yapıştırıcı olarak çok daha kısa zamanda kürleşen Sika 254 kullanıldı. Diğer değerler Sika 252 ile Sika 254 Booster değerleri hemen hemen aynıdır. İki yapıştırıcının zamana göre dayanım ilişkisi şekil 5.1'de görülmektedir



Şekil 5.1. SİKA 254 ile Sika 252 arasında zaman-dayanım ilişkisi [34]

2 kat epoksi astarlı DKP sac, galvaniz sac ve alüminyum malzeme üzerinde yapıştırma testleri yapılmıştır. Yapılan deneylerde 2 kat epoksi astarlı DKP sac'ta yüzey temizliğinde aktivatör kullanılmış, primer ise kullanılmamıştır. Galvaniz sac'ta ise hem aktivatör hem de 206 G + P primer kullanılmış olup aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

Yapışma mukavemeti N / mm^2	: 1.78
Isıl sonrası yapışma mukavemeti % değişimi	: - 17,9 (* - 20 / + 20)
Korozyon sonrası yapışma mukavemeti % değişimi	: - 17,9 (* - 20 / + 20)

* kopma yapıştırıcının ortasından olmuştur

Katoferez ve kromatlı yüzeyli alüminyum plakalarda yapılan deneylerde yüzey temizliğinde Sika aktivatör kullanılmış olup her ikisinde de primer kullanılmamıştır. Elde edilen mukavemet değerleri aşağıda belirtilmiştir.

- **Yüzeyi katoferezli alüminyum sac**

  Yapışma mukavemeti N / mm^2 : 2,06
  Isıl sonrası yapışma mukavemeti % değişimi : + 2
  Korozyon sonrası yapışma mukavemeti % değişimi : - 13

- **Yüzeyi kromatlı alüminyum sac**

  Yapışma mukavemeti N / mm^2 : 2,00
  Isıl sonrası yapışma mukavemeti % değişimi : + 12
  Korozyon sonrası yapışma mukavemeti % değişimi : - 5,5

5.2.1. Soyulma (peeling) test bulguları :

Bu bölümde Sika 254 ile farklı malzemeler üzerinde yapıştırma kuvvetini incelenecektir.

- **Astarlı tahta / Epoksi kaplı St 44-2 profil :** 10 ve 15 mm kalınlığındaki astarlı tahta numunesi, epoksi kaplı St 44-2 çelik profil üzerinde Sika aktivatör (SA) ile yüzey temizlikleri yapıldıktan sonra dört farklı koşulda yapıştırma işlemi uygulanmıştır. Yapıştırıcı testlerinde zaman zaman 10 mm'lik boyanmış tahtada, boyanın tahtaya yapışma problemi tespit edilmiştir

1. 10 mm tahta

Koşul 1- 7dRT : 7 gün normal oda şartı koşullarında deneneme sonucu yapışma başarısızlığı % 0 olarak tespit edilmiştir.

Koşul 2 – 7d85°C : 7 gün ve ortam sıcaklığı 85°C olan bir koşulda deneneme sonucu yapışma başarısızlığı % 0 olarak tespit edilmiştir.

Koşul 3 – 10dKK : 10 gün ve % 100 nem buharı içinde yapılan deneneme sonucu yapışma başarısızlığı % 0 olarak tespit edilmiştir [37].

Koşul 4 – 10d Korozyon : 10 gün içersinde korozyona tabii tutulu olan bir koşulda deneneme sonucu yapışma başarısızlığı % 0 olarak tespit edilmiştir [38].

2. 15 mm tahta

Koşul 1- 7dRT : 7 gün normal oda şartı koşullarında deneneme sonucu yapışma başarısızlığı % 0 olarak tespit edilmiştir.

Koşul 2 – 7d85°C : 7 gün ve ortam sıcaklığı 85°C olan bir koşulda deneneme sonucu yapışma başarısızlığı % 0 olarak tespit edilmiştir.

Koşul 3 – 10dKK : 10 gün ve % 100 nem buharı içinde yapılan deneneme sonucu yapışma başarısızlığı % 0 olarak tespit edilmiştir [37].

Koşul 4 – 10d Korozyon : 10 gün içersinde korozyona tabii tutulu olan bir koşulda deneneme sonucu yapışma başarısızlığı % 0 olarak tespit edildiği gözlendi [38] (Tablo.5.2)

Tablo 5.2. Astarlı tahtalarda yapıştırıcı denemeleri

Yapıştırıcı	Yüzey	Yüzey Temizliği	Yüzey Hazırlığı	7d RT	7d 85 °C	10 d KK	10 d Korozyon
Sikaflex 254 + booster	Epx. astarlı 10'luk tahta	Sika Activatör	-	5	5	5	5
Sikaflex 254 + booster	Epx. astarlı 15'lik tahta	Sika Activatör	-	5	5	5	5

Not: 10'luk tahtadan banttan boyanmış olarak temin edilenlere yapılan yapıştırıcı testlerinde, zaman zaman boyanın tahtaya yapışma problemi tesbit edilmiştir.

1 100 % yapışma başarısız
2 75 % yapışma başarısız
3 50 % yapışma başarısız
4 25 % yapışma başarısız
5 0 % yapışma başarısız

a: Yapıştırıcı , primerli veya primersiz yüzeyden ayrılıyor [39].

- **Polyester numunesine yapılan yapıştırma test bulguları**

Koşul 1- 7dRT : 7 gün normal oda şartı koşullarında yapılan test sonucu yüzeyi zımparalanmış polyester yüzeyine Sika Aktivatör (SA) ile yapılan yüzey temizliği sonucunda yapışma başarısızlığı maksimum % 25 olarak tespit edilmiştir. Bir başka deyişle minimum % 75 yapışma başarısı göstermiştir. Diğer numuneye ek olarak yüzey temizliğinden sonra Primer 206 G+P uygulanmış olup minimum %75 yapışma başarısı elde edilmiştir. Yüzeyi zımparalanmadan ve sadece Sika Aktivatör ile yapılan yüzey temizliği sonucunda yine yapışma başarısı minimum % 75 olarak görüldü, en son olarak bu ortamda zımparasız polyester yüzeyine Sika Aktivatör ile yüzey temizliği uygulandıktan sonra Primer 206 G+P ile primer kaplanmıştır ve elde edilen sonuç minimum% 75 yapışma başarısı elde edilmiştir.

Sonuç olarak, 20 °C oda sıcaklığı ve 1atm basınç altında yapıştırma mukavemeti % 75 - % 100 yapışma başarısı göstermiştir. Deney sonucu uygulanan zorlamadan dolayı yapıştırıcı, primerli veya primersiz polyester yüzeyinden ayrıldığı gözlenmiştir.

Koşul 2 – 10dKK : 10 gün ve % 100 nem buharı içinde yapılan test sonucu yüzeyi zımparalanmış polyester yüzeyine Sika Aktivatör ile yapılan yüzey temizliği sonucunda yapışma başarısızlığı % 0 olarak tespit edilmiştir. Bir başka deyişle minimum % 100 yapışma başarısı göstermiştir. Diğer numuneye ek olarak yüzey temizliğinden sonra Primer 206 G+P uygulanmış olup minimum %75 yapışma başarısı elde edilmiştir. Yüzeyi zımparalanmadan ve sadece Sika Aktivatör ile yapılan yüzey temizliği sonucunda yine yapışma başarısı minimum % 75 olarak görüldü, en son olarak bu ortamda zımparasız polyester yüzeyine Sika Aktivatör ile yüzey temizliği uygulandıktan sonra Primer 206 G+P ile primer kaplanmıştır ve elde edilen sonuç minimum% 75 yapışma başarısı elde edilmiştir [37].

Sonuç olarak, 10 gün % 100 nem buharı altında kalan test numunelerinde yapıştırma mukavemeti sadece zımparalı ve yüzeyi Sika Aktivatör ile yüzeyi

temizlenmiş olup primer uygulanmayan yüzeyde % 100 yapışma başarısı göstermekle beraber, yapıştırıcı yüzeyden herhangi bir ayrılma gözlenmemiştir. Diğer numunelerde ise % 75 - % 100 yapışma başarısı göstermiş olup deney sonucu uygulanan zorlamadan dolayı yapıştırıcı, primerli veya primersiz polyester yüzeyinden ayrıldığı gözlenmiştir.

Koşul 3 – 7d85 °C : 7 gün ve ortam sıcaklığı 85 °C olan bir ortamda yapılan test sonucu yüzeyi zımparalanmış polyester yüzeyine Sika Aktivatör (SA) ile yapılan yüzey temizliği sonucunda yapışma başarısızlığı maksimum % 25 olarak tespit edilmiştir. Bir başka deyişle minimum % 75 yapışma başarısı göstermiştir. Diğer numuneye ek olarak yüzey temizliğinden sonra Primer 206 G + P uygulanmış olup minimum %75 yapışma başarısı elde edilmiştir. Yüzeyi zımparalanmadan ve sadece Sika Aktivatör ile yapılan yüzey temizliği sonucunda yine yapışma başarısı minimum % 75 olarak görüldü, en son olarak bu ortamda zımparasız polyester yüzeyine Sika Aktivatör ile yüzey temizliği uygulandıktan sonra Primer 206 G+P ile primer kaplanmıştır ve elde edilen sonuç minimum % 75 yapışma başarısı elde edilmiştir.

Sonuç olarak, 20 °C oda sıcaklığı ve 1atm basınç altında yapıştırma mukavemeti % 75 - % 100 yapışma başarısı göstermiştir. Deney sonucu uygulanan zorlamadan dolayı yapıştırıcı, primerli veya primersiz polyester yüzeyinden ayrıldığı gözlenmiştir. Deney sonuçları Tablo.5.3 'de görülmektedir.

Tablo 5.3. Polyester numunesinde yapıştırıcı test sonuçları

Yapıştırıcı	Yüzey	Yüzey Temizliği	Yüzey Hazırlığı	Yapışma Mukavemeti		
				7d RT	10 d KK	7d 85 °C
Sikaflex 254 + booster	Zımparalı polyester numunesi	Sika Activatör	-	4-5a	5	4-5a
Sikaflex 254 + booster	Zımparalı polyester numunesi	Sika Activatör	Primer 206 G + P	4-5a	4-5a	4-5a
Sikaflex 254 + booster	Zımparasız polyester numunesi	Sika Activatör	-	4-5a	4-5a	4-5a
Sikaflex 254 + booster	Zımparasız polyester numunesi	Sika Activatör	Primer 206 G + P	4-5a	4-5a	4-5a

a: Yapıştırıcı , primerli veya primersiz yüzeyden ayrılıyor [39].

1 100 % yapışma başarısız
2 75 % yapışma başarısız
3 50 % yapışma başarısız
4 25 % yapışma başarısız
5 0 % yapışma başarısız

Not: Zımparalı ve zımparasız polyester numunesine primerli, primersiz uygulama sonuçları yukarıdadır .

- **Toz boya uygulanmış alüminyum profilde test bulguları**

Koşul 1- 7dRT : 7 gün normal oda şartı koşullarında yapılan test sonucu yüzeyi toz boya uygulanmış alüminyum profil yüzeyine Sika Aktivatör (SA) ile yapılan yüzey temizliği sonucunda yapışma başarısızlığı maksimum % 0 olarak tespit edilmiştir. Bir başka deyişle minimum % 100 yapışma başarısı göstermiş olup yapıştırıcı yüzeyden soyulmamıştır. Diğer numuneye, ek olarak yüzey temizliğinden sonra Primer 206 G+P uygulanmış olup minimum %75 yapışma başarısı elde edilmiş olup yapıştırıcının yüzeyden ayrıldığı gözlenmiştir Sonuç olarak, 20 °C oda sıcaklığı ve 1atm basınç altında yapıştırma mukavemeti % 75 - % 100 yapışma başarısı göstermiş olup Yüzeyi primersiz olan numunede uygun sonuç elde edilmiştir.

Koşul 2 – 10d Korozyon : 10 gün içersinde korozyona tabii tutulu olan bir koşulda test sonucu yüzeyi toz boya uygulanmış alüminyum profil yüzeyine Sika Aktivatör ile yapılan yüzey temizliği sonucunda yapışma başarısızlığı maksimum % 0 olarak tespit edilmiştir. Bir başka deyişle minimum % 100 yapışma başarısı göstermişolup yapıştırıcı yüzeyden soyulmamıştır. Diğer numuneye, ek olarak yüzey temizliğinden sonra Primer 206 G+P uygulanmış olup minimum %75 yapışma başarısı elde edilmiş olup yapıştırıcının yüzeyden ayrıldığı gözlenmiştir [38]

Sonuç olarak, yapıştırma mukavemeti % 75 - % 100 yapışma başarısı göstermiş olup yüzeyi primersiz olan numunede uygun sonuç elde edilmiştir.

Koşul 3 – 10d KK : 10 gün ve % 100 nem buharı içinde yapılan test sonucu yüzeyi toz boya uygulanmış alüminyum profil Sika Aktivatör ile yapılan yüzey temizliği sonucunda yapışma başarısızlığı minimum % 25 olarak tespit edilmiş olup yapıştırıcının primerli veya primersiz yüzeyinden ayrıldığı görülmüştür. Bir başka deyişle minimum % 75 yapışma başarısı göstermiştir. Diğer numuneye ise ek olarak Sika Aktivatör ile yapılan yüzey temizliğinden sonra Primer 206 G+P uygulanmış olan numunede minimum %25 yapışma

başarısı elde edilmiş olup üstelik yüzeye uygulanan primerin numune yüzeyiden ayrıldığı tespit edilmiştir [37].

Sonuç olarak, 10 gün % 100 nem buharı altında kalan test numunelerinde yapıştırma mukavemeti primersiz yüzeyde uygun olduğu görülmüştür. Primerli boya kullanılan yüzeyde ise primer boyanın yüzeyden ayrıldığı tespit edilmiştir.

Koşul 4 – 7d 85 °C : 7 gün ve ortam sıcaklığı 85 °C olan bir ortamda yapılan test sonucu yüzeyi toz boya uygulanmış alüminyum profil yüzeyine Sika Aktivatör ile yapılan yüzey temizliği sonucunda yapışma başarısızlığı maksimum % 25 olarak tespit edilmiştir. Bir başka deyişle minimum % 75 yapışma başarısı göstermiş olup yapıştırıcı yüzeyden soyulmuştur. Ek olarak yüzey temizliğinden sonra Primer 206 G+P uygulanan diğer numunede de aynı sonuçlar elde edilmiştir.

Sonuç olarak, 85 °C oda sıcaklığı altında yapıştırma mukavemeti % 75 - % 100 yapışma başarısı göstermiş olup Yüzeyi primersiz olan numunede uygun sonuç elde edilmiştir. Deney sonuçları Tablo.5.4'de görülmektedir.

Tablo 5.4. Toz boyalı alüminyum yan profilde yapıştırıcı test sonuçları

Yapıştırıcı	Yüzey	Yüzey Temizliği	Yüzey Hazırlığı	Yapışma Mukavemeti			
				7d RT	10 d Korozyon	10 d KK	7d 85 °C
Sikaflex 254 + booster	Toz Boyalı Al. Prf.	Sika Activatör	-	5	5	4-5a	4-5a
Sikaflex 254 + booster	Toz Boyalı Al. Prf.	Sika Activatör	Primer 206 G + P	4-5a	4-5a	2 p	4-5a

p: Primer boyalı yüzeyden ayrılıyor [39].

a: Yapıştırıcı , primerli veya primersiz yüzeyden ayrılıyor [39].

1 100 % yapışma başarısız
2 75 % yapışma başarısız
3 50 % yapışma başarısız
4 25 % yapışma başarısız
5 0 % yapışma başarısız

Not: Primersiz uygulama sonuçları uygundur .

- **Toz boya uygulanmış alüminyum plakadaki test bulguları**

Koşul 1- 7dRT : 7 gün normal oda şartı koşullarında yapılan test sonucu kataforez uygulanmış alüminyum plaka yüzeyine Sika Aktivatör ile yapılan yüzey temizliği sonucunda çekme mukavemeti 2.06 N/mm² olarak tespit edilmiştir. Diğer numune ise kromat uygulanmış alüminyum plaka yüzeyinde Sika aktivatör ile yapılan yüzey temizliği sonunda çekme mukavemeti 2.00 N/mm² olarak tespit edilmiştir.

Koşul 2– 7d 85 °C : 7 gün ve ortam sıcaklığı 85 °C olan bir ortamda yapılan test sonucu kataforez uygulanmış alüminyum plaka yüzeyine Sika Aktivatör ile yapılan yüzey temizliği sonucunda +2% değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Diğer numune ise kromat uygulanmış alüminyum plaka yüzeyinde Sika aktivatör ile yapılan yüzey temizliği sonunda +12% değişim gösterdiği tespit edilmiştir.

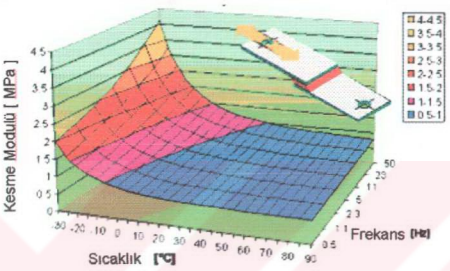
Koşul 3 – 10d KK : 10 gün ve % 100 nem buharı içinde yapılan test sonucu kataforez uygulanmış alüminyum plaka yüzeyine Sika Aktivatör ile yapılan yüzey temizliği sonucunda -13% değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Diğer numune ise kromat uygulanmış alüminyum plaka yüzeyinde Sika aktivatör ile yapılan yüzey temizliği sonunda -5.5% değişim gösterdiği tespit edilmiştir [37]. Deney sonuçları Tablo.5.5 'da görülmektedir.

Tablo 5.5 . Alüminyum plakalara uygulanan yapıştırıcıların mukavemet testleri

Yapıştırıcı	Yüzey	Yüzey Temizliği	Yüzey Hazırlığı	Yapışma Mukavemeti		
				7d RT (N/mm^2)	7d 85 °C (% Değişim)	10 d KK (% Değişim)
Sikaflex 254 + booster	KTL	SA	-	2,06	+ 2	- 13
Sikaflex 254 + booster	Kromatlı Al.	SA	-	2	+12	-5,5
(*) İlk test sonuçları fırında bekletilmeden elde edilmiştir. Bulunan değerler normaldir. Firma uygulamadan sonra fırınlayıp göndermektedir.						

5.2.2. Dinamik kesme modulü

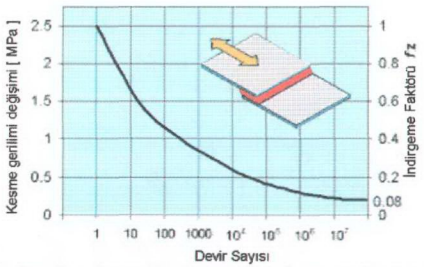
Kesme modulü değerleri düşük sıcaklılarda daha yüksek, yüksek sıcaklıklarda ise daha düşük bir değere sahiptir. Frekans arttıkça düşük sıcaklıklarda kesme değerleri hızlı bir şekilde artmakta, yüksek sıcaklarda ise frekansın arttırılması sonucu kesme modulüs değerler sabitleşiyor. Maksimum sıcaklık olan 90°C'de frekans değeri ne olursa olsun kesme modülüs değerlerinde asimptotik davranış görünüyor (Şekil 5.2).



Şekil 5.2. SİKA 254 kesme modülünün sıcaklık ve frekansa bağlı olarak değişimi [34].

5.2.3. Dinamik yükleme

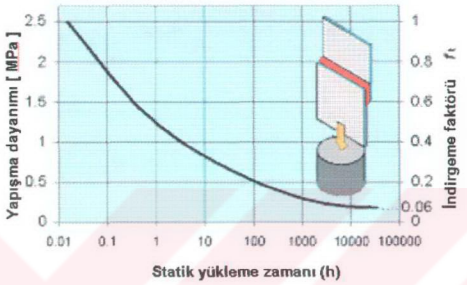
Sisteme etkiyen dinamik kuvvetin meydana getirdiği kesme gerilimi, yapıştırıcının yırtılma mukavemetine göre ''fz'' indirgeme faktörünün tespit edilmesi Şekil 5.3'de görülmektedir. Dinamik zorlama da devir sayısı arttıkça kesme geriliminin değeri düşerek değişiyor. Yüksek devirlerde mesela 10^6 ve 10^7 arasında sabite yakın davranıyor daha sonra ise tamamen sabitleşiyor. ''Fz'' indirgeme oranı azaldıkça da kesme değeri azalıyor.



Şekil 5.3. SİKA 252 dinamik zorlamasıyla meydana gelen kesme gerilmesine karşı etkisi [34].

5.2.4. Statik yükleme

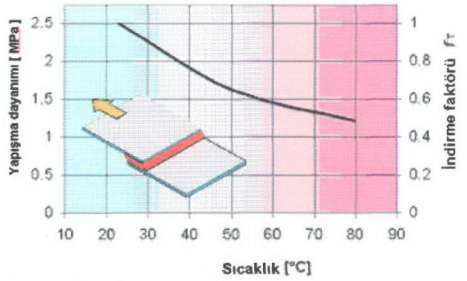
Düşük zaman değerlerinde uzama mukavemeti yüksektir. Zaman arttıkça mukavemet hızlı bir şekilde azalır. Yüksek sürelerde ise uzama mukavemetinin değeri azalarak yavaşlar ve 10000 saat civarında artık uzama mukavemeti sabitleşir (Şekil 5.4).



Şekil 5.4. SİKA 252 yapıştırıcısında statik yükaltında değişik periyodlardaki uzama gerilmesi [34].

5.2.5. Sıcaklık

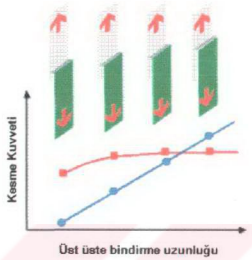
Yapıştırılan iki malzemenin çalışma koşulları,birleştirmenin mukavemeti açısından çok önem taşır. Bu koşullardan biri ortam sıcaklığıdır. Sıcaklık arttıkça yapışma mukavemeti ve indirgenme çarpanı ''f_T'' nin değeri azalıyor . Yapıştırıcının farklı sıcaklarda meydana gelen yapıştırma mukavemeti Şekil 5.5'de görülmektedir.



Şekil 5.5. SİKA 252 yapışma direncinin sıcaklığa göre etkisi [34].

5.2.6. Yapıştırma alanının kesme kuvvetine etkisi

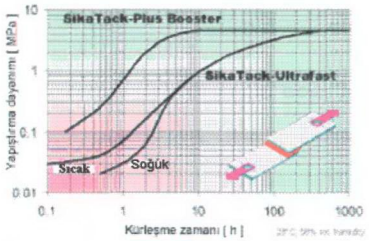
Belli bir seviyeye kadar yapıştırma alanının artması yırtılma kuvvetini arttırılabilir, fakat belli bir yapıştırma yüzeyinden sonra ne kadar arttırılırsa kesme kuvveti artmamaktadır (Şekil 5.6).



Şekil 5.6. Yapıştırma yüzey uzunluğunun kesme kuvvetine etkisi [34].

5.2.7. Kürleşme zamanı

Değişik ortamlarda farklı iki çeşit yapıştırıcının kürleşme zamanı arttıkça yapıştırma kuvvetininde etkileyerek arttığı Şekil 5.2.8'de görülmektedir. Kürleşme zamanı yapıştırıcının teknik bilgi sayfasında belirtilir ve bu zamana uyulması gerekir. Kürleşme zamanı arttıkça yapıştırma mukavemeti artıyor. Sika booster daha kısa zamanda kürleşerek 10 saat sonunda maksimum yapışma mukavemetini alıyor. Diğeri ise sıcak olan ürün soğuya nazaran biraz daha çabuk kürlenmesine rağmen 100 saatten sonra sabit bir değer alıyor fakat hem sıcak uygulama hemde soğuk uygulama boosterdeki gibi çabuk kürlenme özelliği yoktur. Bu yüzden deneylerimizde 254+booster kullanılmıştır (Şekil 5.7).



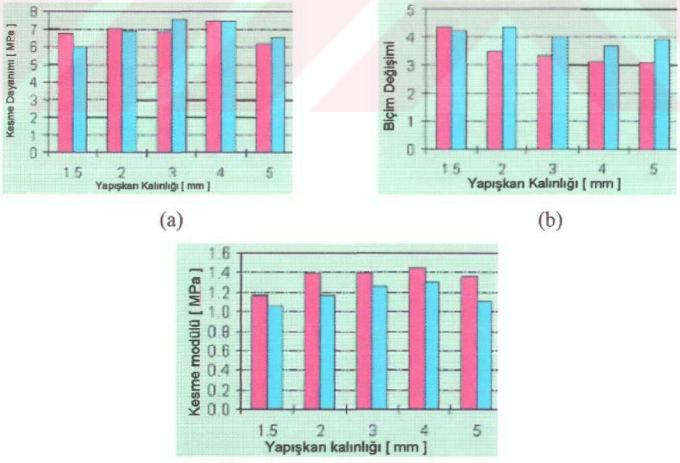
Şekil 5.7. Kürleşme zamanının yapışma direncine etkisi [34].

5.2.8. Yapıştırma kalınlığı

Bu bölümde yapıştırıcı, farklı kalınlıktaki iki farklı malzeme üzerinde yapılmıştır. Koyu renkli olanlarda yapıştırılan malzemelerin kalınlığı 1.5 mm'dir, yapıştırılacak malzemenin yapışma yüzeyi zımparalanmış olup malzeme eni 25 mm, yapışma boyu 10 mm'dir, açık renkte olanlar ise yapıştırılan malzemelerin kalınlığı 3 mm'dir, yapıştırılacak malzemenin yapışma yüzeyi primer boya ile boyanmış olup malzeme eni 10 mm, yapışma boyu 20 mm'dir.

Yapıtırıcı kalınlığının, kesme dayanımına göre etkisi, her iki seride yapıştırma kalınlığı artıkça mukavemet'in de artıyor belli bir kalınlıktan sonra ki bu kalınlık yaklaşık 3-4 mm'yi geçtiği zaman kesme dayanımının düştüğü gözlenmektedir (Şekil 5.8.a).

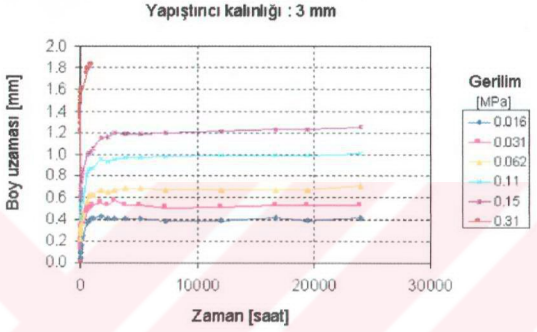
Yapıştırıcı kalınlığı koyu renkle ifade edilen seride kalınlık azaldıkça biçim değiştirme de azalıyor, açık renkli seride ise dalgalı bir yapı gösteriyor (Şekil 5.8.b). Yapıştırıcı kalınlığı her iki seride de kalınlık arttıkça kesme modülü artıyor ve 4 mm'den sonra düşüyor (Şekil 5.8.c).



Şekil 5.8. Yapıştırıcı kalınlığının etkileri [34].

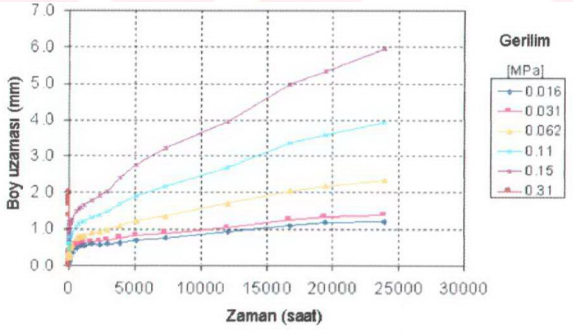
5.2.9. Sürünme testi

Yapıştırıcı kalınlığı 3 mm olan bir numune 23°C derece sabit sıcaklıkta ilk zamanlarda biçim değişimi en yüksek değere artarak çıkıyor bu değerler bir müddet sonra biçim değişim miktarı çok daha yavaş artmaktadır (Şekil 5.9.a).



(a)

Yapıştırıcı kalınlığı 3 mm olan bir numune 70°C derece sabit sıcaklıkta zaman arttıkça biçim değişimi en yüksek değere artarak çıkıyor (Şekil 5.8.b). Sonuç olarak sıcaklık arttıça biçim değiştirme oranıda arttığı görülmektedir.



(b)

Şekil 5.9. SİKA 252 yapıştırıcısının zamana göre boy uzama eğrileri [34]

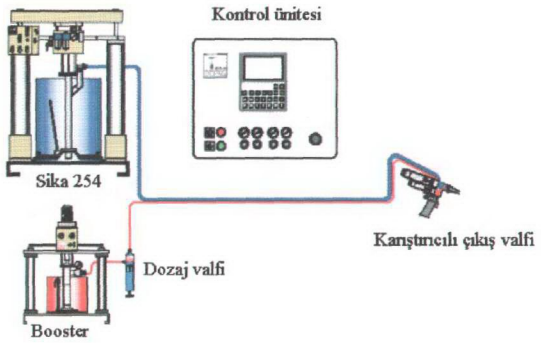
BÖLÜM 6. YAPIŞTIRMA İŞLEMLERİ VE KAYNAK İŞLEMLERİYLE KARŞILAŞTIRILMASI

6.1. Konstrüksiyon Gruplarında Kullanılan Alüminyum ve Çelik Profillerin Birbirlerine Birleştirilmesi

Yapıştırma işlemini tavan konstrüksiyon grubunda ele alıp, bu konstrüksiyon grubunda açıklanacaktır, uygulanan yapıştırma işlemi de diğer konstrüksiyon gruplarına uygulanacaktır. Yapıştırma işlemi aşağıdaki aşamalara göre yapılmıştır.

- **Yüzey hazırlama:** Alüminyum profil ile çelik profili yapıştırmak için alüminyum ara parçalar hazırlanır. Önce yapıştırmar yüzeyleri R_Z : 20 olacak şekilde zımparalanarak yüzey pürüzlülüğü elde edilir bu işlemin amacı yapıştırıcının adhezyon kuvvetini arttırmaktır. Yüzeyler temiz, sağlam, kuru ve her türlü toz ve yağdan arındırılmış olmalıdır. Yüzeyler özelliklerine göre uygun Sika-primerleri ile yapışma yüzeyi hazırlanır.

- **Uygulama:** Çift komponentli bir pompa'da (Şekil 6.1). %98 oranında Sika 254 ve %2 oranında Booster tabancada karıştırılarak yapıştırılacak yüzeye uygulanır, pompanın kontrol ünitesinden,e dozajlama valfine sinyal göderilerek bu oranı sağlanır Optimum uygulama sıcaklığı 15°C - 25°C arasıdır.



Şekil 6.1. Çift komponentli pompa [49]

- **Şekil Verme:** Şekil verme işlemi ürün kabuk tutma süresi dolmadan yapılması gerekmektedir.
- **Boyama**: Sikaflex®-254 kabuk tuttuktan sonra boyanabilir. Sikaflex®-254 tam kür almadan fırın boya işlemi yapılmamalıdır. Boyanın kalınlığı ve sertliği ürünün elastisitesini etkileyip boya yüzeyinde çatlamalara sebep olabilir.
- **Temizleme:** Kürlenmemiş mastiklerin temizlenmesi için Sika® Remover-208 kullanılmasını tavsiye ederiz. Kürlendikten sonra malzeme ancak mekanik olarak kazınabilir.

Uygulama sırasında malzemenin bulaştığı eller veya deri endüstriyel bir el temizliyicisi ile temizlenmelidir.Solvent kullanılmamalıdır.

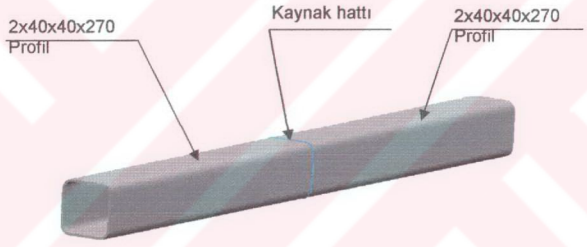
Sika® Remover-208, uygulamadan önce temiz yüzeyler üzerinede kullanılmamalıdır.

6.2. Çekme Deneyi

- **Çekme deneyi için numune hazırlanması :** Bu çalışmada 40 x 40 x 2 x 270 boyutlarında St 44-2 malzemeden hazırlanmış iki adet profil alın kaynağı ile görüldüğü gibi birbirleriyle kaynatılmıştır (Şekil 6.3).

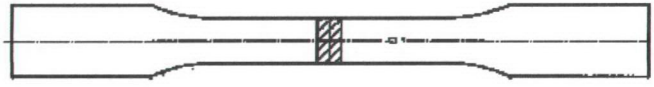
Test numunesinde kullanılan kaynak şartları [38]:

Kaynak teli çapı	: Ø 1 mm
Akım	: 120 A
Voltaj	: 20 V
Güç kaynağı	: DC (+)



Şekil 6.3. Alın kaynağı ile birleştirilmiş iki adet profil

Kaynak yapılan bu profilden alınan numune [41] çekme deneyi yapılarak kaynak mukavemeti kontrol edilmiştir. (Şekil 6.3)



Şekil 6.4. Çekme deneyi için hazırlanan deney numunesi

- **Gaz altı kaynak teli kontrolu :** Hazırlanan numunede gaz altı kaynak teli için laboratuvar şartlarında yapılan çekme deneyinde elde edilen sonuçlar aşağıda belirtilmiştir (Tablo 6.3) [42]

  Parça adı : Gaz altı kaynak teli

  Malzeme : SG2

  Numune ölçüsü : 9,97x50

  Malzeme normu : DIN 8559

Tablo 6.3. Kaynak metalin test sonucu

Sonuclar	Akma Sınırı R p0.2 N/mm²	Çekme Dayanımı R m N/mm²	Uzama %
İstenilen	420	500 - 640	22
Elde edilen	432,9	505,9	24

Sonuç olarak kaynak malzemesi SG2 kaynak teli çekme özelliklerini taşımaktadır.

- **Kaynak yapılacak malzemenin kontrolu :** Kutu profil'in taşlanmış kaynak dikişleri için laboratuvar şartlarında yapılan çekme deneyinde elde edilen sonuçlar aşağıda belirtilmiştir (Tablo 6.4).

  Parça adı : 40x40x2 kutu profil

  Malzeme : St 44-2 NBK

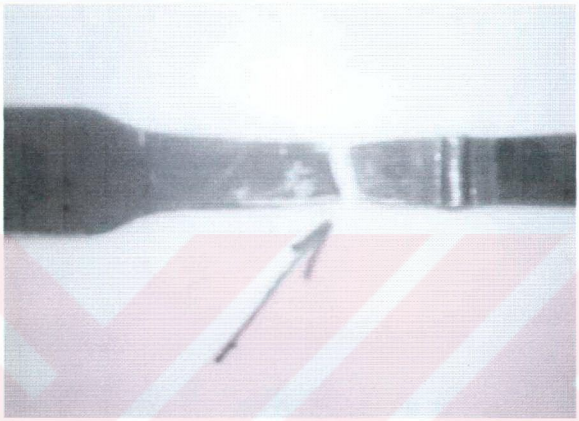
  Numune ölçüsü : 2,1x11,7x30

Tablo 6.4. Kaynak ana malzeme test sonucu

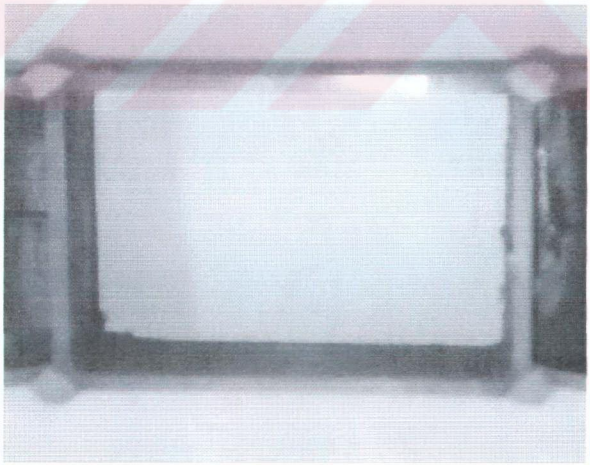
Sonuclar	Akma Sınırı R p0.2 N/mm²	Çekme Dayanımı R m N/mm²	Uzama %
İstenilen	275	430 - 540	21
Elde edilen -1	361	468	37

Sonuç olarak kaynak dikişleri taşlanmış numune de elde edilen sonuçlar St 44-2 NBK özelliklerini sağlıyor.

Çekme deneyi sonucu numunede kaynak dikişi sağlam kalıp, malzemenin kesitinde kopma olmuştur (Şekil 6.5.a). Kaynak nüfuziyeti bakımından da uygundur (Şekil 6.5.b).



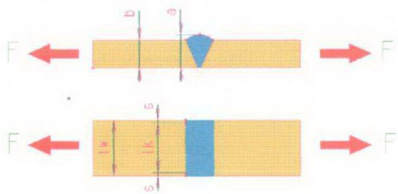
(a)



(b)

Şekil 6.5. Deney sonrası numune parçalar

- **Kaynak işlemi analizi :** İki adet St 44-2 çelik profili, SG II kaynak teli ile birbirlerine alın kaynağı ile kaynatılmıştır (Şekil 6.6) Bu durumda yapılan kaynağın yük taşıma kapasitesini analiz edilirse;



Şekil 6.6. Alın kaynağı birleştirmesi

Kaynak şartları:

- Sistemde statik yük , ufak ve zayıf darbe vardır
- I. Kalite kaynak uygulanacak

Veriler:

b = 3 mm , l_w = 20 mm

- **V Katsayısı [43]**

v_1= Kaynak dikiş faktörü (Statik yükleme için v_1=1)

v_2= Kaynak kalitesi (I. Kalite kaynak için v_2=1)

v_3= Darbe faktörü (Ufak ve zayıf darbe için v_3= 1)

Toplam kaynak faktörünü bulmak için yukarıdaki değerleri 6.1 numaralı formulüne yerleştirilirse

$$v_T = v_1 \times v_2 \times v_3 \qquad 6.1$$

v_T=1 x 1 x 1 = 1

- **Kaynak Yüksekliği [43]**

$$a = b \times 0{,}707 \qquad 6.2$$

a= 3 x 0,707

a= 2,121 mm

- **Kaynak Kesit Slanı [43]**

$A_k=\Sigma$ (a x l_w) 6.3

A_k= (2,121 mm x 20 mm)

A_k=42,42 mm^2

- **Meydana Gelen Gerilimler [43]**

Bu bölgede oluşan gerilimler aşağıdaki gibidir;

1. Normal gerilim (σ)
2. Kesme gerilimi (τ)

- **Normal Gerilim (σ) [43]**

$\sigma = F / A_k \leq \sigma_{em}$ 6.4

$\sigma_{em\ St\ 44\text{-}2}$ =430 – 580 N/ mm^2

$\sigma_{em}= V_T$ x σ_{em} 6.5

σ_{em} = 1 x 430 N/mm^2 = 430 N/mm^2

Formül 6.4'den F değerini çekip, St 44-2 çeliğinin σ_{em} değeri yerleştirilirse, kaynak kesit alanında akma sınırındaki kuvveti verecektir.

$F = A_k$ x σ_{em} 6.6

$F = F_{yp}$ olarak kabul edersek

$F_{yp} = A_k$ x σ_{em}

F_{yp} = 42.42 x 430 = 18240.6 N

Emniyet faktörü (f_s) 3 olarak düşünülen bir sistemde ve bu emniyet değeri içinde normal gerilime neden olabilecek olan uygulanması gereken kuvvet (F_{all})

$F_{all} = F_{yp} / f_s$ 6.7

F_{all} = 18240.6 / 3

F_{all} = 6080.2 N

Formül 6.4'de F_{all} değeri yerine konursa normal gerilim aşağıdaki gibi olur.

$\sigma = F / A_k \leq \sigma_{em}$, $F = F_{all}$

σ = 6080.2 / 42.42 = 143 N/ mm^2 $\leq \sigma_{em\ St\ 44\text{-}2}$ =430 N/ mm^2

- **Kesme Gerilimi (τ) [43]**

$\tau_{em\ St\ 44\text{-}2} = 275 \quad N/mm^2$ [44]

$\tau_{k\ em} = V_T \times \tau_{em}$ 6.9

$\tau_{k\ em} = 1 \times 275\ N/mm^2 = 275\ N/mm^2$

Formül 6.8'den F değerini çekip, St 44-2 çeliğinin τ_{em} değerini yerleştirirsek, kaynak kesit alanında akma sınırındaki kesme kuvvetini verecektir.

$F = A_k \times \tau_{em}$ 6.10

$F = F_{yp}$ olrak kabul edilirse

$F_{yp} = A_k \times \tau_{em}$

$F_{yp} = 42.42 \times 275 = 11665.5\ N$

Emniyet faktörü (f_s) 3 olarak düşünülen bir sistemde ve bu emniyet değeri içinde kesme gerilimine neden olabilecek olan uygulanması gereken kuvvet (F_{all})

$F_{all} = F_{yp} / f_s$ 6.11

$F_{all} = 11665.5 / 3 = 3888.5\ N$

Bu değeri formül 6.7'de uygulanırsa sistemde kabul edilen emniyet değeri içinde sahip olacak kesme gerilim bulunur.

$\tau = F / A_k \leq \sigma_{em} \qquad F = F_{all}$

$\tau = 3888.5 / 42.42 = 91.666\ N/mm^2 \leq \tau_{em\ St\ 44\text{-}2} = 275\ N/mm^2$

- **Kaynakta Uzama Miktarı [43]**

$L_o = 5 \times d$ 6.12

$L_o = 5 \times 1 = 5$

Uzama Yüzdeliği $= 100 \times (L_B - L_o) / L_o$ 6.13

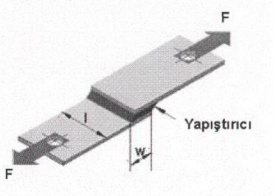
$0.30 = 100 \times (L_B - 5) / 5$ ise $L_B = 5.015$

$\Delta L = L_B - L_o = 5.015$ Kaynak ta uzama miktarı 0.015 6.14

Sonuç olarak, test edilen numune de maksimum F = 3888.5 N'luk bir kuvvet uygulandığı zaman emniyetli olduğu görülmektedir. Bu kuvvet'den fazla uygulanan kuvvet şekil 6.4.a'da görüldüğü gibi ana malzemeden kopması beklenir. Uygulanan ''F'' kuvvetinin kaynak kesit alanına yaptığı zorlamadan dolayı kaynakta uzama miktarı 0.015 mm'dir.

6.3. Yapıştırma Alanının Tespit Edilmesi

Bu bölümde, daha önce analiz edilen kaynakla birleştirme işlemini, yapıştırma işlemiyle yapılsaydı, yapıştırılacak yüzey alanı ne olmalıdır ki (Şekil 6.7) kaynak işlemi sonucu elde edilen mukavemet ile aynı olsun.



Şekil 6.7. Yapıştırma alanının tespit edilmesi

$$W \cdot L_y = (F / \tau_B) \cdot S \quad (6.15)$$

$$W_a \times L_a = [(S / (\tau_B \times f_T)] \times [(F_{statik} / f_t) + (F_{dinamik} / f_Z) \quad (6.16)$$

$$S \geq 1.5 - 3 \quad (6.17)$$

- **Kesme Gerilimi (τ)**

$w \times l = [(S / (\tau_B \times f_T)] \times [(F_{statik} / f_t) + (F_{dinamik} / f_Z)]$

$l = 20$ mm

$S \geq 3$

$\tau_B = 4$ N/mm^2 [34]

$f_T = 0,6$ maksimum 55 °C'de (Şekil 5.4)

$F_{statik} = 3888.5$ N & $F_{statik} = 3888.5$ N / 9.81 m / s^2 $= 396.381$ kg

$f_t = 0,06$ (Şekil 5.3)

$F_{dinamik} = F_{statik} \times M_a \times g$

$F_{dinamik} = 396.381 \times 2 \times 9.81$

$F_{dinamik} = 7777$ N

$f_Z = 0.08$ (Şekil 5.2)

$w \times l = [(3 / (4 \times 0,6)] \times [(3888.5 / 0,06) + (7777 / 0 .08)]$

$w \times l = (1,25 \times 162020.833)$

$w \times l = 10126.302$ mm^2 olarak buluruz

Yapıştırılacak malzemenin yapışma alanını 10126.302 mm^2 olarak bulunur, bu sonuç olarak, yapıştırma işlemi ancak geniş yüzey sahip parçaların birleştirmesinde kullanılacağını gösterir. Teorik yapıştırma alanından yapıştırma boyunu

$A_{yT} = w \times l$

$10126.302 = 20 \times l$, $l = 506.315$ mm olarak bulunur.

- **Normal Gerilim (σ)**

$\sigma = F / A_k \leq \sigma_{em}$

$\sigma_{em\ Sika\ 254} = 2.5\ N/mm^2$ [34]

Bu formül'den F değerini çekip, Sika 254+booster yapıştırıcısının σ_{em}=4 N/mm^2 değeri yerleştirilirse, yapıştırma yüzeyinin alanında normal çekme gerilme kuvvetini verecektir.

$F = A_k \times \sigma_{em}$ $F = F_{yp}$

$F_{yp} = A_k \times \sigma_{em}$

$F_{yp} = 10126.302 \times 4 = 40505.208$ N

Emniyet faktörü (f_s) 3 olarak düşünülen bir sistemde ve bu emniyet değeri içinde normal gerilime neden olabilecek olan uygulanması gereken kuvvet (F_{all})

$F_{all} = F_{yp} / f_s$

$F_{all} = 40505.208 / 3 = F_{all} = 13501.736$ N'dur

$\sigma = F / A_k \leq \sigma_{em}$, $F = F_{all}$

$\sigma = 13501.736 / 10126.302 = 1{,}333\ N/mm^2 \leq \sigma_{em\ Sika\ 254} = 4\ N/mm^2$

Bu projede tasarlanan araçta kullanılan alüminyum profilleri, çelik profillere birleştirmek için kullandığımız ara parçalar 3 x 100 x 120 mm alüminyum saç plaka'dan bükülerek çelik profillerin yüzeylerine kaplanacak şekilde bir kılıf yapılacağına göre, bu kılıfın alanı

$A_a = 120 \times 100$

$A_a = 12000\ mm^2$ olarak buluruz

Yapıştırma kesit alanının emniyeti bakımından bu değeri teorik yapıştırma alanına bölünürse

$S = 12000 / 10126.302$

S = 1,185 kat daha fazla emniyetli olduğu görülür

- **Yapıştırma Yüzeyinde Uzama Miktarı**

Uzama Yüzdeliği $= 100 \times (L_B - L_o) / L_o$ 6.18

$0.25 = 100 \times (L_B - 120) / 120$

$L_B = 120.03$

$\Delta L = L_B - L_o = 0.0.3$ Yapıstırıcı uzama miktarı 0.03 mm'dir.

Kaynak işleminde, uzama miktarı 0.015 mm olduğu göz önüne alınırsa, yapıştırıcı işleminin biraz daha esnek olduğu görülmektedir

6.4. Kaynak ve Yapıştırma İşlemlerinin Kıyaslanması

Yapılan deneyler sonrası kaynak işleminde kullanılan parametreler ile yapıştırıcı işleminde kullanılan parametreler bakımından fark vardır. Bu farklar şöyle sıralanabilir; Kaynak işleminde ana metal'in kimyasal yapısına göre kaynak teli seçilir, Kaynak akımı ana malzemenin kalınlığına göre değişir, kaynağı yaparken dış etkenlerden korumak için koruyucu gaz kullanılır. Kaynak yapılan malzemenin maruz kaldığı kuvvetleri analiz ederek kaynağın çalışma ortamı tespit edilir. Kaynak işlemi sonucu ana malzeme yüksek ısı nedeniyle meydana gelen gerilimler sonucu çarpılmaya neden olur ve bu yüzden çarpıklığı almak için ekstra bir işlem uygulanarak tavlama yapılır. Kaynak işlemi aynı kimyasal kompozisyona sahip malzemeler arasında yapılır.

Yapıştırma işlemi ise yapıştırılacak malzemenin maruz kaldığı kuvvetler ve çalışma şartları analiz edilerek yapıştırıcı tipi ve yapışma alanı tespit edilir. Yapışmayı kuvvetlendirmek için yüzey pürüzlülüğü oluşturulur, bu işlemin amacı yüzeyde çeşitli derinlikte pürüzlülük oluşturarak yapıştırılacak parçaların ana ölçüleri değişmeden yapışma alanını arttırmaktır ve bu pürüzlülüğe nüfuz eden yapıştırıcının adhezyon kuvvetini yüzeyin her yerine yayarak yapışma direncini arttırmaktır. Yapıştırıcının yapışma kuvvetini arttırmak için yüzey temizliğinin yapılması dabir başka önemli faktördür. Aktivatör ve primer astar boya uygulaması, yapışma kuvvetini arttıran diğer bir faktördür. Yapılan hesaplar sonucu yapıştırma işlemini geniş yüzeyli parçaların birleştirilmesinde uygulanmalıdır.

6.5. Alın Kaynağında Kaynak Kesit Alanı ile Yapışma Yüzeyi Alanı Arasındaki Matematiksel İlişki

Kalınlığı bilinen iki malzemenin alın kaynağı ile birleştirilmesi sonucu elde edilen kaynak yüksekliği teorik olarak malzeme kalınlığının 0,7 katıdır. Bu kesit alanının sağladığı mukavemete eşdeğer yapıştırma işlemindeki yapışma yüzey alanı ne olmalıdır?

Birleştirme sınır şartları olarak; Kaynak ve yapıştırma işlemleri uygulanan bir birleştirmede eşit değerde statik yük olduğu, emniyet katsayısı ve birleştirilecek malzemelerin boyutlarının eşit olduğu kabul edilirse.

- **Kaynak icin kesme kuvveti:**

Formül 6.4 olan $\tau_{k\,em} = V_T \times \tau_{em}$ ile formül 6.6 olan $F = A_k \times \tau_{k\,em} \times S$ birleştirirsek

$F_k = A_k \times \tau_{k\,em} / S$

$F_k = A_k \times (V_T \times \tau_{em}) / S$ elde edilir. Bu formüle, formül 6.3 olan $A_k = \Sigma (a \times l_w)$ eklenirse

$F_k = (a \times l_w) \times (V_T \times \tau_{em}) / S$ elde edilir. Burada $a = b \times 0{,}7$'dir

$$F_k = (b \times 0{,}7 \times l_w) \times (V_T \times \tau_{em}) / S \qquad 6.19$$

elde edilir.

- **Yapıştırma icin kesme kuvveti:**

Sistemde dinamik yük olmadığı için $F_{dinamik}$, f_Z değerleri 0'dır. Bu yüzden sadece statik yük olduğundan F_{statik} değerini formül 4.2'den çekilirse

$w \times l = [(S / (\tau_B \times f_T)] \times [(F_{statik} / f_t) + (F_{dinamik} / f_Z)$

$$F_{statik} = (w \times l \times \tau_B \times f_T \times f_t) / S \qquad 6.20$$

Kaynak kesit alana etkiyen ''F'' kuvveti ile yapıştırma yüzey alana etkiyen ''F'' kuvveti aynı olduğuna göre kaynak kesit alanı ile yapıştırma yüzey alanı arasında bir ilişki kurulursa;

Sistemdeki F_k ve F_{statik} yükleri bir birlerine eşittir.

$$F_k = F_{statik}$$

$$(b \times 0{,}7 \times l_w) \times (V_T \times \tau_{em}) / S = (w \times l \times \tau_B \times f_T \times f_t) / S$$

her iki taraftan da S'ler sadeleştirilirse

$$w \times l = ((b \times 0{,}7 \times l_w) \times (V_T \times \tau_{em\ St\ 44\text{-}2})) / (\tau_{B\ Yapıştırıcı} \times f_T \times f_t) \qquad 6.21$$

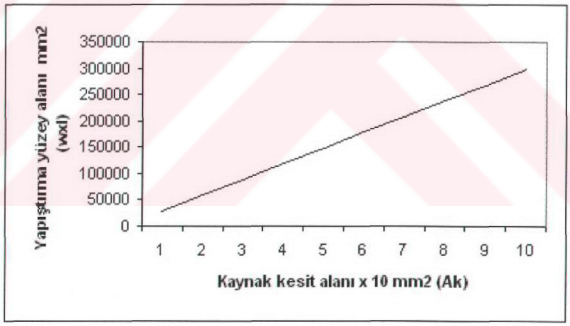
6.21 formülü elde edilir. Bu formülde değerleri girilirse Tablo 6.5 elde edilir ve sonuç olarak kaynakta elde ettiğimiz kesit alanı, yapıştırma işleminde kullanılması gereken yüzey alanı doğru orantıda olduğu görülür. Kaynak kesit alanı arttıkça, yapıştırma yüzeyi artar, ayrıca yapıştırma yüzey alanı, kaynaklı birleştirmede elde edilen kesit alanı oranla çok daha büyük bir değer olduğu görülür bu da bize yapıştırma işleminin geniş yüzeyli parçalarda kullanılması gerektiğini gösterir.

$$w \times l = (430 \times A_k \times 1) / (4 \times 0.6 \times 0.06)$$

$$w \times l = 2986.111 \times A_k \qquad 6.22$$

Tablo 6.5. Kaynak kesit alanı ve yapıştırma yüzey alanı arasındaki ilişki

W x l (mm²)	A_k (mm²)
29861,11	10
59722,22	20
89583,33	30
119444,4	40
149305,6	50
179166,7	60
209027,8	70
238888,9	80
268750	90
298611,1	100



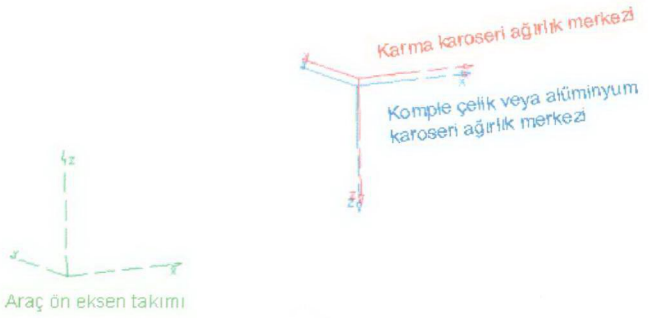
BÖLÜM 7. AĞIRLIK MERKEZLERİNİN İNCELENMESİ

Bu bölümde, çelik profillerle imal edilmiş mevcut gövdemizin ağırlık merkezi ile alüminyum ve çelik profiller kullanarak tasarladığımız karma gövdenin ağırlık merkezlerini Catia V4 programı ile komputürde araştırılacaktır.

Alüminyum ve çelik profiller kullanarak tasarladığımız karma yapımızın ağırlık merkezini üç gruba ayırarak incelenecektir.

1. Grup:Alüminyum profiller ile çelik profillerin birleştirilmesinde kullanılacak ara parçaların oluşturduğu ağırlık merkezinin bilgisayar raporunu tablo 7.1'de görülmektedir.
2. Grup:karma yapıda mevcut toplam alüminyum profillerin oluşturduğu ağırlık merkezinin bilgisayar raporunu Tablo 7.2'de görülmektedir.
3. Grup: karma yapıda mevcut toplam çelik profillerin oluşturduğu ağırlık merkezinin bilgisayar raporunu Tablo 7.3'de görülmektedir

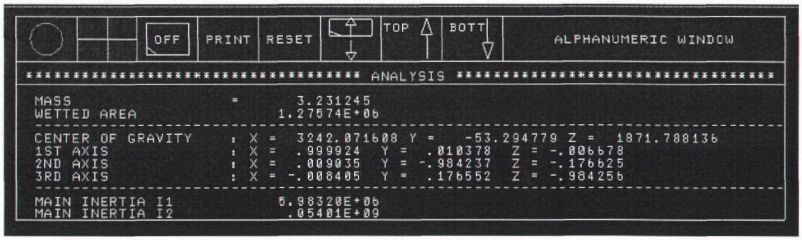
Çelik ve alüminyum profillerden imal edilmiş yapıların ağırlık merkezi tablo 7.4'deki bilgisayar raporunda görülmektedir. Karma yapının toplam ağırlık merkezi ise tablo 7.5'de görülmektedir.



Şekil 7.1. Üç farklı yapının ağırlık merkezlerinin araç eksenine göre konumları

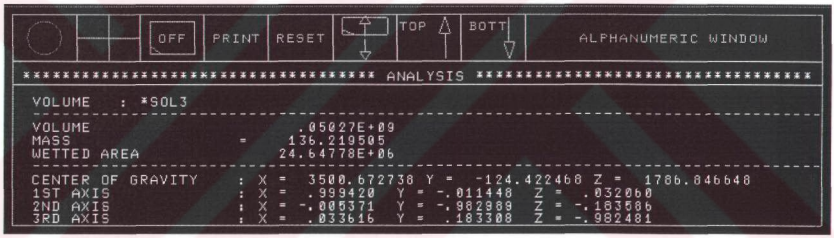
7.1. Alüminyum Ara Parąalarının Ağırlık Merkezinin Tespit Edilmesi

Tablo 7.1. Alüminyum ara parçaların bilgisayar yardımıyla ağılık merkezinin raporlanması



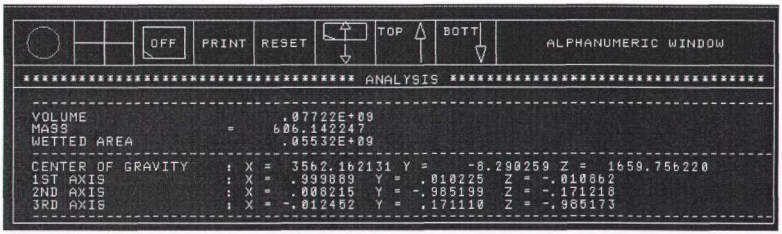
7.2. Alüminyum Profillerin Ağırlık Merkezinin Tespit Edilmesi

Tablo 7.2. Alüminyum ara parçaların bilgisayar yardımıyla ağılık merkezinin raporlanması



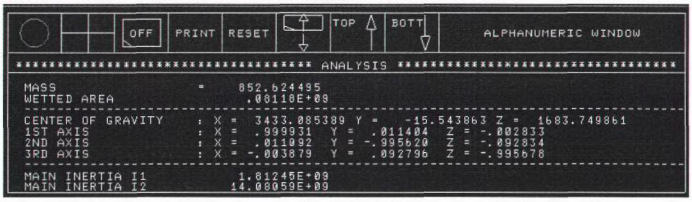
7.3. Çelik Profillerin Ağırlık Merkezinin Tespit Edilmesi

Tablo 7.3. Çelik bilgisayar yardımıyla ağılık merkezinin raporlanması



7.4. Komple Çelik ve Alüminyum Profil Kullanılan Gövdenin Ağırlık Merkezinin Tespit edilmesi

Tablo 7.4. Çelik veya alüminyum profilden imal edilmiş yapının bilgisayar yardımıyla ağırlık merkezinin raporlanması



7.5. Alüminyum ve Çelik Profillerden Tasarlanmış Karma Yapının Ağırlık Merkezinin Tespit Edilmesi

Karma yapı bilgisayar yardımıyla grup grup ağırlık merkezlerini bulduktan sonra bu değerleri aşağıdaki formüle yerleştirip aritmetik ortalamasını aldıktan sonra tasarladığımız karma yapımızın yeni ağırlık merkezini bulabiliriz.

$G=[(X_1+ X_2+ X_3)/3] , [(Y_1+ Y_2+ Y_3)/3] , [(Z_1+Z_2+ Z_3)/3]$ 7.1

Şimdi değerlerimizi yukarıdaki formüle uygularsak,

G=[(3242,071 + 3500,672 + 3562,162) / 3] , [(-53,294 - 124,422 - 8,290) / 3] ,

[(1871,788 + 1786,846 + 1659,756) / 3]

G=(3434,968 ; -62,002 ; 1683,749)

olarak karma gövdemizin yeni ağırlık merkezi koordinatlarını elde etmiş oluruz.

Tablo 7.5. Ağırlık merkezlerinin toplu olarak gösterilmesi

Eksen	Alüminyum araparçalar (mm)	Alüminyum profiller (mm)	Çelik profiller (mm)	Karma yapı (mm)	Komple çelik & Al yapı (mm)
X	3242,071	3500,672	3562,162	3434,968	3433,085
Y	-53,294	-124,422	-8,29	-62,002	-15,543
Z	1871,788	1786,846	1659,756	1772,796	1683,749

BÖLÜM 8. ARAÇLARIN DİNAMİK ANALİZLERİ

Kullanılan malzemelere göre 3 tip karoser elde edilmiştir.

1. Tamamen çelik profillerden imal edilen karoser
2. Alümintum ve çelik profillerden imal edilen karma karoser
3. Tamamen alüminyum profillerden imal edilen karoser

8.1. Farklı Ağırlıktaki Aracların Karoseri Ağırlıkları

1. Karoserideki bütün profillerin St 44-2 malzemeden oluşan yapının toplam arac ağırlığı

M_1=Araç toplam ağırlığı 18.000 kg olarak kabul edilirse [44]. Bu ağırlıktan

$$M_{Sabit} = M_1 - (M_{St\ 44\text{-}2}) \quad 8.1$$

$M_{Sabit} = 18000 - (965.049)$

M_{Sabit} = 17034.951 kg çıkarılırsa, bütün tiplerde ağırlıklarını inceleceğimiz araçlarda sabit bir ağırlık olarak bu ağırlığı alacağız

Bu ağırlık üzerine aracın değişik yerlerinde yapılan hafifletme çalışmalarını ekleyerek, diğer tipteki araçların ağırlıkları hesaplanacaktır.

2. Karoserideki bütün profillerin St 44-2 ve 6082 alüminyum alaşımdan oluşan yapının toplam arac ağırlığı

$$M_{Toplam} = M_{Sabit} + (M_{6082\ +\ st\ 44\text{-}2}) \quad 8.2$$

$M_{Toplam} = 17034.951 + 799{,}182$

$M_{Toplam2} = 178341.133$ kg

3. Karoserideki bütün profillerin 6082 alüminyum alaşımdan oluşan yapının toplam arac ağırlığı

$$M_{Toplam} = M_{Sabit} + (M_{6082}) \quad 8.3$$

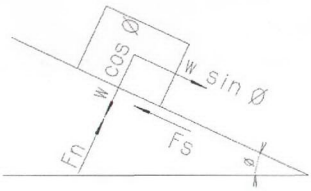
$M_{Toplam} = 17034.951 + 437.440$

$M_{Toplam3} = 17472.391$kg

M_1 =18.000> $M_{Toplam2}$=17834.133 > $M_{Toplam3}$=.17472.391 olduğu görülür

8.2. Frenleme Gücü

Eğer otobüs tek noktadan yola temas ettiği düşünülürse, kuvvet dağılımı Newton'un II. kanununa göre şöyle oluşur (Şekil 8.1) [45]



Şekil 8.1. Newton II kanunu

$\Sigma F_y=0$

$-w.\cos Ø + F_n = 0$ 8.4

$F_n = w.\cos Ø$ 8.5

$Ø=5°$ ve $w=m.g= 18000 . 9.81=176580$ N olduğu kabul edilirse

$F_n = 176580.\cos 5$

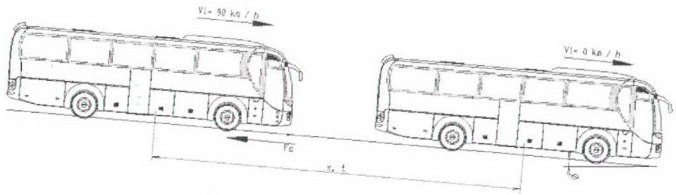
$F_n = 175908.059$ N

$F_s=\mu_k.F_n$ 8.6

$\mu_k=0.5$ [ ]

$F_s= 0,5 \times 175908.059$ 8.7

$F_s= 87954.029$ N



Şekil 8.2. Aracın frenleme mesafesi ve zamanı [44]

Elde edilen karoserlerden oluşmuş otobüsleri yukarıdaki gibi bir pozisyonda frenleme güçleri incelenecektir [46].

Pozisyon 1

V_1= 90 km / h = 25 m / s

$T_1 = (1/2) \times m \times v_1^2$ 8.8

M_1 = 18.000 kg için

$T_1 = (1/2) \times M_1 \times v_1^2$

T_1= (1/2) x 18000 kg x (25 m / s)²

T_1= 5625000 J

$M_{Toplam2}$ =17834.133 kg için

$T_2 = (1/2) \times M_{Toplam2} \times v_1^2$

T_2= (1/2) x 17834.133 kg x (25 m / s)²

T_2= 5573166.563 J

$M_{Toplam3}$ = 17472.391 kg için

$T_3 = (1/2) \times M_{Toplam3} \times v_1^2$

T_3= (1/2) x 17472.391 kg x (25 m / s)²

T_3= 5460122.188 J

Pozisyon 2

$V_2 = 0 \rightarrow T_2 = 0$

$W = m \times g$ 8.9

$W_1 = M_1 \times g \rightarrow W_1$= 18000 kg x 9.81 m/s = 176580 N

$W_2 = M_{Toplam2} \times g \rightarrow W_2$= 17834.133 kg x 9.81 m/s = 174952.844 N

$W_3 = M_{Toplam3} \times g \rightarrow W_3$= 17472.391 kg x 9.81 m/s = 171404.155 N

$U1_{p1 \rightarrow p2}$ = - (87954.029 N) x + ((176580 N) sin 5°) x = - 72564.067x

$U2_{p1 \rightarrow p2}$ = - (87954.029 N) x + ((174952.844 N) sin 5°) x = -72705.883 x

$U3_{p1 \rightarrow p2}$ = - (87954.029 N) x + ((171404.155 N) sin 5°) x = -73015.172x

İş ve Enerji prensibine göre:

$T_1 + U_{p1 \rightarrow p2} = T_2$ 8.10

A. Farklı ağırlıktaki araclarların durma mesafesi

1. Karoserideki bütün profillerin St 44-2 malzemeden oluşan yapının durma mesafesi

5625000 J - 72564.067N $x = 0 \quad \rightarrow \quad x =$ 77.517 m

2. Karoserideki bütün profillerin St 44-2 ve 6082 alüminyum alaşımdan oluşan yapının durma mesafesi

5573166.563 J - 22943.125 N $x = 0 \rightarrow x =$ 76.653 m

3. Karoserideki bütün profillerin 6082 alüminyum alaşımdan oluşan yapının durma mesafesi

5460122.188 J - 73015.172 N $x = 0 \rightarrow x =$ 74.780 m

$m \times V_1 + \sum Imp_{p1 \rightarrow p2} = m \times V_2$ 8.11

$m \times V_1 + (W \sin 5°) \times t - F \times t = 0$ 8.12

$x_1 = 77.517 > x_2 = 76.653 > x_3 = 74.780$ metre

B. Farklı ağırlıktaki araclarların durma süresi

1. Karoserideki bütün profillerin St 44-2 malzemeden oluşan yapının durma süresi

(18000 kg)x (25 m/s) + [(176580 N) sin 5°]x t – (87954.029 N)x $t = 0 \rightarrow t_1 = 6.201$ s

2. Karoserideki bütün profillerin St 44-2 ve 6082 alüminyum alaşımdan oluşan yapının durma süresi

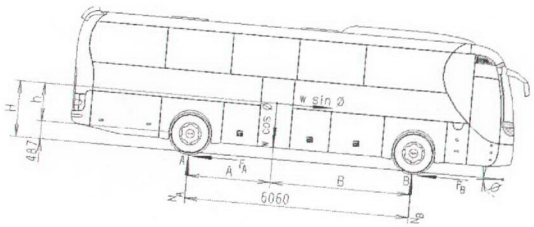
(17834.133 kg)x (25m/s)+[(174952.844)sin 5°]x t_2 – (87954.029 N) x $t_2 = 0 \rightarrow t_2 =$ 6.132 s

3. Karoserideki bütün profillerin St 44-2 ve 6082 alüminyum alaşımdan oluşan yapının durma süresi

(17472.391kg)x (25m/s)+[(171404.155 N) sin 5°]x t – (87954.029 N)x $t_3 = 0 \rightarrow t_3$ =5.982 s

$t_1 = 6.201 > t_2 = 6.132 > t_3 = 5.982$ saniye

8.3. Aracın Frenleme Sırasında Arac Ağırlığının Ön Aks ve Arka Dingile Düşen Yük Dağılımı



Şekil 8.3. Aracın frenleme sırasında araç ağırlığının ön aks ve arka dingile dağılımı [44]

Farklı ağırlıktaki araclarların yavaşlama ivme miktarı

Aracın fren yapmadan önceki hızı V_1= 25 m / s, fren yaptıktan sonra ''x'' durma mesafesi sonunda V_2= 0 m / s olarak duruyor.

$V_2 = (V_1)^2 + 2.a.x$ 8.13

$0 = (V_1)^2 + 2.a.x$

$a = -(V_1)^2/2.x$ 8.14

1. Karoserideki bütün profillerin St 44-2 malzemeden oluşan yapının durma ivmesi

x = 77.517 m

$a = -(25)^2/2.(77.517)$

$a = -4.031$ m / s²

2. Karoserideki bütün profillerin St 44-2 ve 6082 alüminyum alaşımdan oluşan yapının ivmesi

x = 76.653 m

$a = -(25)^2/2.(76.653)$

$a = -4.076$ m / s²

3. Karoserideki bütün profillerin 6082 alüminyum alaşımdan oluşan yapının durma ivmesi

x = 74.780 m

$a = -(25)^2/2.(74.780)$

$a = -4.178$ m / s²

$$a_1 = -4.031 > a_2 = -4.076 > a_3 = -4.178 \text{ m / s}^2$$

A. Farklı ağırlıklardaki aracların yol ile lastik arası sürtünme katsayıları

$\Sigma F_x = m.a$ 8.15

$w \times \sin Ø - F_B - F_A = m.a$ 8.16

$F_A = \mu_k \times N_A$ 8.17

$F_B = \mu_k \times N_B$ 8.18

8.17, 8.18 ve 8.9 denklemlerini 8.16 denklemine yerleştirilirse

$w \times \sin Ø - \mu_k \times (N_B + N_A) = (w / g) \times a$ 8.17

$\Sigma F_y = 0$ 8.18

$- w \times \cos Ø - N_B + N_A = 0$ 8.19

$w \times \cos Ø = N_B + N_A$ 8.20

8.20 denklemini 8.17 denklemine yerleştirilirse

$w \times \sin Ø - \mu_k \times (w \times \cos Ø) = (w / g) \times a$ 8.21

$\mu_k = (w . \cos Ø - (w / g) \times a) / w \times \sin Ø$

$\mu_k = (g \times \sin Ø - a) / g \times \cos Ø$ 8.22

1. Karoserideki bütün profillerin St 44-2 malzemeden oluşan yapının sürtünme katsayısı

$W_1 = 176580$ N

$a = - 4.031$ m / s²

$\mu_k = 0.499$

2. Karoserideki bütün profillerin St 44-2 ve 6082 alüminyum alaşımdan oluşan yapının sürtünme katsayısı

$W_2 = 171404.155$ N

$a = - 4.079$ m / s²

$\mu_k = 0.504$

3. Karoserideki bütün profillerin 6082 alüminyum alaşımdan oluşan yapının sürtünme katsayısı

$W_3 = 171404.155$ N

$a = - 4.178$ m / s²

$\mu_k = 0.514$

$$\mu_{k\,1} = 0{,}499 > \mu_{k\,2} = 0.504 > \mu_{k\,3} = 0{,}514$$

B. Farklı ağırlıklardaki aracların ön aksta oluşan normal kuvvetler

$\Sigma M_A = \Sigma(M_A)_{eff}$ 8.23

$-w \times \cos Ø \times (A) + N_B \times (A+B) = m \times (a) \times (h)$

$-w \times \cos Ø \times (A) + N_B \times (A+B) = (w / 9.81) \times (a) \times (h)$

$N_B = [(w / 9.81) \times (a) \times (h) + ((w \times \cos Ø) \times (A)] / (A + B)$ 8.24

1. Karoserideki bütün profillerin St 44-2 malzemeden oluşan yapının ön aksda oluşan normal kuvvet

$W_1 = 176580$ N

$a = -4..031$ m / s²

$H = 1683.749 + 487 = 2160.749$ mm

$B = 3433.085$

$A = 6060 - 3433.085 = 2626.915$

$N_B = 129264.532$ N

2. Karoserideki bütün profillerin St 44-2 ve 6082 alüminyum alaşımdan oluşan yapının ön aks da oluşan normal kuvvet

$W_2 = 174952.844$ N

$a = -4.079$ m / s²

$H = 1772.796 + 487 = 2259.796$

$B = 3434.968$

$A = 6060 - 3434 - 968 = 2625.032$

$N_B = 102623.602$ N

3. Karoserideki bütün profillerin 6082 alüminyum alaşımdan oluşan yapının ön aksta oluşan normal kuvvet

$W_3 = 171404.155$ N

$a = -4.178$ m / s²

$H = 1683.749 + 487 = 2170.749$

$B = 3433.085$

$A = 6060-3433.085=2626.915$

$N_B = 100167.437$ N

$$N_{B1} = 129264.532 > N_{B2} = 102623.602 > N_{B3} = 100167.437 \text{ N}$$

C. Farklı ağırlıklardaki aracların arka dingilde oluşan normal kuvvet

$w \times \cos Ø = N_B + N_A$

$N_A = w \times \cos Ø - N_B$

1. Karoserideki bütün profillerin St 44-2 malzemeden oluşan yapının arka dingilde oluşan normal kuvvet

$W_1 = 176580$ N

$N_B = 129264.532$ N

$N_A = 1765080 \times \cos 5 - 129264.532$

$N_A = 1629098.806$ N

2. Karoserideki bütün profillerin St 44-2 ve 6082 alüminyum alaşımdan oluşan yapının arka dingilde oluşan normal kuvvet

$W_2 = 174952.844$ N

$N_B = 1026523.602$ N

$N_A = 174952.844 \times \cos 5 - 1026523.602$

$N_A = 71663.493$ N

3. Karoserideki bütün profillerin 6082 alüminyum alaşımdan oluşan yapının arka dingilde oluşan normal kuvvet

$W_3 = 171404.155$ N

$N_B = 100167.437$ N

$N_A = 171404.155 \times \cos 5 - 100167.437$

$N_A = 70584.473$ N

$$N_{A1} = 1629098.806 > N_{A2} = 71663.493 > N_{A3} = 70584.473 \text{ N}$$

D. Farklı ağırlıklardaki aracların ön aks ve arka dingilde oluşan sürtünme kuvvetleri

$F_A=\mu_k \times N_A$

$F_B=\mu_k \times N_B$

1. Karoserideki bütün profillerin St 44-2 malzemeden oluşan yapının ön aks ve arka dingil de oluşan sürtünme kuvveti

$N_B = 129264.532$ N

$N_A= 1629098.806$ N

$\mu_k= 0.499$

$F_{A1}= 0.499 \times 1629098.806$

$F_{A1}=812920.304$ N

$F_{B1}= 0.499 \times 129264.532$

$F_{B1}=64503.001$ N

2. Karoserideki bütün profillerin St 44-2 ve 6082 alüminyum alaşımdan oluşan yapının ön aks ve arka dingil oluşan sürtünme kuvveti

$N_B = 102623.602$ N

$N_A= 71663.493$ N

$\mu_k= 0.504$

$F_{A2}= 0.504 \times 71663.493$

$F_{A2}=36118.400$ N

$F_{B2}= 0.504 \times 102623.602$

$F_{B2}=51722.295$ N

3. Karoserideki bütün profillerin 6082 alüminyum alaşımdan oluşan yapının ön aks ve arka dingilde oluşan sürtünme kuvveti

$N_B = 100167.437$ N

$N_A= 70584.473$ N

$\mu_k= 0.514$

$F_{A3}= 0.514 \times 70584.473$

$F_{A3}=36280.419$ N

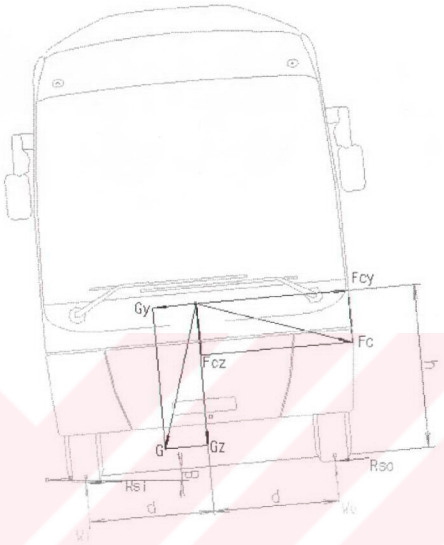
$F_{B3}= 0.514 \times 100167.437$

$F_{B3}=51486.062$ N

$$F_{A1}= 812920.304 > F_{A2}= 36118.400 > F_{A3}= 36280.419 \text{ N}$$

$$F_{B1}= 812920.304 > F_{B2}= 36118.400 > F_{B3}= 36280.419 \text{ N}$$

8.4. Viraj Alma Kabiliyeti



Şekil 8.4. Aracın viraj alma kabiliyeti

Virajda yana kayma

$\mu_y (G \cos \beta + F_{cz}) = F_{cy} \pm G \sin \beta$ 8.25

$F_{cz}=F_c \sin \beta$ 8.26

$F_{cy}=F_c \cos \beta$ 8.27

8.26 ve 8.27 denklemlerini 8.25 denklemine yerleştirirsek

$\mu_y (G \cos \beta + F_c \sin \beta) = F_c \cos \beta \pm G \sin \beta$ 8.28

elde edilir.

Buna göre, santrifüj kuvvet, tutucu kuvvetlerden daha fazla olduğunda; taşıt, yanal olarak virajın dışına doğru kayacaktır. Diğer taraftan, taşıt ağırlığının viraj merkezine doğru olan bileşeni tutucu kuvvetlerden büyük olduğunda ise, taşıt viraj merkezi yönünde içe doğru kayar [47]. Taşıtın, viraj dışına kaymaması için 8.4 denkleminin sol tarafı sağ tarafından büyük olmalıdır [47].

$\mu_y \times (G \times \text{Cos}\,\beta + F_c \times \text{Sin}\,\beta) > F_c \times \text{Cos}\,\beta - G \times \text{Sin}\,\beta$ 8.28

$F_c = m \times a$ 8.29

$F_c = m \times v^2 / r_c$ 8.30

8.29 ve 8.30 denklemlerini 8.28 denklemine yerleştirirsek

$\mu_y \times (G \times \text{Cos}\,\beta + m \times (v^2 / r_c) \times \text{Sin}\,\beta) > m \times (v^2 / r_c) \times \text{Cos}\,\beta - G \times \text{Sin}\,\beta$

Eşitliğin her iki tarafını Cos β'ya bölüp, G=m.g alırsak, aracın viraj dışına kaymaması için gereken maksimum güvenli hızı buluruz

$V_{maks} = \sqrt{ [g \times r_c \times (\mu_y + \text{Tan}\,\beta) / (1 - \mu_y \times \text{Tan}\,\beta)]}$ 8.31

Taşıtın viraj merkezine kaymaması için, gerekli minimum güvenli hız

$\mu_y \times (G \times \text{Cos}\,\beta + F_c \times \text{Sin}\,\beta) + F_c \times \text{Cos}\,\beta = G \times \text{Sin}\,\beta$ 8.32

denkleminden faydalanarak

$V_{min} = \sqrt{ [g \times r_c \times (\text{Tan}\,\beta - \mu_y) / (1 + \mu_y \times \text{Tan}\,\beta)]}$ 8.33

A. Farklı ağırlıklardaki aracların Viraj dışına savrulmaması icin gereken maksimum hız

Eğim açısı 30 ve yarı çapı 150 m olan bir virajda aracın viraj dışına kaymaması için gereken maksimum hız

1. Karoserideki bütün profillerin St 44-2 malzemeden oluşan yapıda

$\mu_k = 0.499$

$r = 150$ m

$\beta = 30^0$

$V_{maks1} = \sqrt{[\ 9.81 \times 150 \times (0.499 + \tan 30\ ) / (\ 1 - 0.499 \times \tan 30\ )\ ]}$

$V_{maks1} = 35.059$ m / s

2. Karoserideki bütün profillerin St 44-2 ve 6082 alüminyum alaşımdan oluşan yapıda

$\mu_k = 0.504$

$r = 150$ m

$\beta = 30^0$

$V_{maks2} = \sqrt{[\ 9.81 \times 150 \times (0.504 + \tan 30\ ) / (\ 1 - 0.504 \times \tan 30\ )\ ]}$

$V_{maks2} = 35.104$ m / s

3. Karoserideki bütün profillerin 6082 alüminyum alaşımdan oluşan yapıda

$\mu_k = 0.514$

$r = 150$ m

$\beta = 30^0$

$V_{maks3} = \sqrt{[\ 9.81 \times 150 \times (0.514 + \tan 30\ ) / (\ 1 - 0.514 \times \tan 30\ )\ ]}$

$V_{maks3} = 35.187$ m / s

$$V_{maks1} = 35.059 > V_{maks2} = 35.104 > V_{maks3} = 35.187 \text{ m / s}$$

B. Farklı ağırlıklardaki aracların viraj merkezine kaymaması icin gereken minimum hız

Eğim acısı 30 ve yarı çapı 150 m olan bir virajda aracın viraja merkezine kayma reaksiyonu göstermemesi için yapılacak minimum hız

1. Karoserideki bütün profillerin St 44-2 malzemeden oluşan yapıda

$\mu_k = 0.499$

$r = 150$ m

$\beta = 30^0$

$V_{min1} = \sqrt{[\ 9.81 \times 150 \times (\tan 30 - 0.499) / (1 + 0.499 \times \tan 30)\ ]}$

$V_{min1} = 9.46$ m/s

2. Karoserideki bütün profillerin St 44-2 ve 6082 alüminyum alaşımdan oluşan yapıda

$\mu_k = 0.504$

$r = 150$ m

$\beta = 30^0$

$V_{min2} = \sqrt{[\ 9.81 \times 150 \times (\tan 30 - 0.504) / (1 + 0.504 \times \tan 30)\ ]}$

$V_{min2} = 9.12$ m/s

3. Karoserideki bütün profillerin 6082 alüminyum alaşımdan oluşan yapıda

$\mu_k = 0.514$

$r = 150$ m

$\beta = 30^0$

$V_{min3} = \sqrt{[\ 9.81 \times 150 \times (\tan 30 - 0.514) / (1 + 0.514 \times \tan 30)\ ]}$

$V_{min3} = 8.45$ m/s

$$V_{min1} = 35.059 > V_{min2} = 35.104 > V_{min3} = 35.187 \text{ m/s}$$

C. Virajda yana devrilme

Sol lastiğin zemine temas noktasına göre moment alınırsa.

$\Sigma M_i=0$

$W_o \times w = G \cos\beta (d) - G \sin\beta (h) + F_c \cos\beta (h) + F_c \sin\beta (d)$ 8.34

$F_c=m..a$ denklemine $m=G/g$ ve $a = v^2/ r_c$ temel denklemlerini yerleştirirsek 8.11 denklemine $F_c= G \times v^2/ g \times r_c$ yazılır ve w'ye bölünürse

$W_o = G ((½) \cos\beta - (h/g)\sin\beta + (v^2/ g \times r_c).h. \cos\beta + v^2/ g \times r_c \sin\beta)$ 8.35

Elde ederiz. Benzer olarak, o noktasına göre moment alındığında;

$W_o = G ((½) \cos\beta + (h/g)\sin\beta - (v^2/ g \times r_c).h. \cos\beta + v^2/ g \times r_c \sin\beta)$ 8.36

Yazabiliriz. Dışarıya doğru devrilmenin başlangıcında, taşıtın tüm ağırlığı dıştaki tekerleklere gelmektedir. Bu nedenle; dış tekerlekler için dinamik yanal dağılım faktörü 1, iç tekerlek için ise, 0 alınacaktır. Bu ikinci durumu uygulamak daha kolay olacağından;

$(½) \cos\beta + (h / d) \times \sin\beta - (v^2/ g .r_c.d) \times (h / d. \cos\beta - (1/2) \times \sin\beta)$ 8.37

Her iki taraf $\cos\beta$'ya bölünürse

$V_{max}=\sqrt{ [g \times r_c ((1/2) + (h/d) \tan\beta) / ((h/d) - (1/2) \times \tan\beta)]}$ 8.38

Olur.İçe devrilme için minimum hız da, dışa devrilmeye benzer şekilde, fakat dış tekerlek yükü $W_o = 0$'a eşitlenerek belirlenir [47].

$V_{min}=\sqrt{ [g. r_c ((h/d) \tan\beta - (1/2)) / ((h/d)-(1/2) \tan\beta))}$ 8.39

D. Farklı ağırlıklardaki aracların viraj dışına devrilmemesi icin gereken maksimum hız

Eğim açısı 30 ve yarı çapı 150 m olan bir virajda aracın viraj dışına devrilme reaksiyonu göstermesi için yapılacak maksimum hız

1. Karoserideki bütün profillerin St 44-2 malzemeden oluşan yapıda

r = 150 m

h = 2.170

d = 1.030

$\beta = 30^0$

$V_{maksi1}=\sqrt{}$ [9.18 x 150 x ((1 / 2) + (2.170 / 1.030) x tan30) / ((2.170 / 1.030)– (1 / 2)xtan30)]

V_{maksi1}=37.260 m/s

2. Karoserideki bütün profillerin St 44-2 ve 6082 alüminyum alaşımdan oluşan yapıda

r = 150 m

h = 2.26

d = 1.030

$\beta = 30^0$

$V_{maksi2}=\sqrt{}$ [9.18 x 150 ((1 / 2) + (2.26 / 1.030) x tan 30) / ((2.26 / 1.030) – (1 / 2) x tan 30)]

V_{maksi1}=36.922

3. Karoserideki bütün profillerin 6082 alüminyum alaşımdan oluşan yapıda

r = 150 m

h = 2.170

d = 1.030

$\beta = 30^0$

$V_{maksi3}=\sqrt{}$ [9.18 x 150 ((1/2) + (2.170 / 1.030) x tan 30) / ((2.170 / 1.030)– (1 / 2) x tan 30)]

V_{maksi3}=37.272

$$V_{maksi1}= 37.260 > V_{maksi2}= 36.922 > V_{maksi3}= 37.272 \text{ m / s}$$

E. Farklı ağırlıklardaki aracların viraj içine devrilmemesi icin gereken minimum hız:

Eğim acısı 30 ve yarı çapı 150 m olan bir virajda aracın virajda aracın içeri doğru devrilme reaksiyonu reaksiyonu göstermemesi için yapılacak minimum hız [47]:

1. Karoserideki bütün profillerin St 44-2 malzemeden oluşan yapıda

r = 150 m

h = 2.170

d = 1.030

$\beta = 30^0$

$V_{mini1}=\sqrt{[\ 9.81 x 150\ ((2.170 / 1.030) \times \tan 30 - (1/2)) / ((2.170 / 1.030) - (1/2) x \tan 30)\ )}$

$V_{mini1}=23.803$ m/s

2. Karoserideki bütün profillerin St 44-2 ve 6082 alüminyum alaşımdan oluşan yapıda

r = 150 m

h = 2.26

d = 1.030

$\beta = 30^0$

$V_{mini2}=\sqrt{[\ 9.81 x 150((2.26 / 1.030) x \tan 30 - (1 / 2)) / ((2.26 / 1.030) - (1 / 2) \times \tan 30)\ )}$

$V_{mini2}=24.318$ m/s

3. Karoserideki bütün profillerin 6082 alüminyum alaşımdan oluşan yapıda

r = 150 m

h = 2.170

d = 1.030

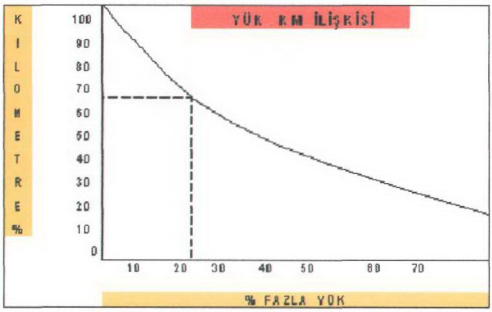
$\beta = 30^0$

$V_{mini3}=\sqrt{[\ 9.81 x 150 \times ((2.170 / 1.030) x \tan 30 - (1 / 2)) / ((2.170 / 1.030) - (1 / 2) x \tan 30)\ )}$

$V_{mini3}=23.803$ m/s

$$V_{mini1}= 23.803 > V_{mini2}= 24.318 > V_{mini3}= 23.803 \text{ m / s}$$

8.5. Yük / Kilometre İlişkisi



Şekil 8.5. Lastiğin fazla yükle kilometre arasındaki ilişki [48]

Aracın 47 kişilik olduğunu düşünürsek ve her bir insanın ortalama ağırlığı 75 kg, her yolcu için 20 kg bagaj ağırlığı ve araca yüklenecek avadanlık, akaryakıt v.b diğer ağırlıklar için100 kg olduğunu kabul edersek

Toplam yolcu sayısı (Şöfor ve Hostes dahil)= 47 x 75= 3525 kg

Toplam bagaj ağırlığı = 47 x 20= 940 kg

Diğer ağırlıklar = 100 kg

1. Karoserideki bütün profillerin St 44-2 malzemeden oluşan yapının yük/km ilişkisi

Toplam ağırlık =18000 + 3525 + 940 + 100 = 22565 kg

2. Karoserideki bütün profillerin St 44-2 ve 6082 alüminyum alaşımdan oluşan yapının yük/km ilişkisi

Toplam ağırlık =17834.133 + 3525 + 940 + 100 = 22399.133 kg

Bu araç %=22565 / 22399.133 = 1.0074 daha fazla yol yapar.

3. Karoserideki bütün profillerin St 44-2 ve 6082 alüminyum alaşımdan oluşan yapının yük/km ilişkisi

Toplam ağırlık == 17472.391 + 3525 + 940 + 100 = 22037.391 kg

Bu araç %=22565 / 22037.391 = 1.0239 1. ve 2.gruptaki araçlara göre daha fazla yük ve km. yapar. Sonuç olarak araç hafifledikçe, aynı yük miktarı ile alınacak yol daha fazla olduğu görülür.

BÖLÜM 9. İSKELET MONTAJ MALİYET ANALİZİ

9.1. Bütün İskelet Grupları Kapsayan Genel Veriler [51]

9.1.1. Bir metre SG II kaynak teli maliyeti

1 m. kaynak teli ile 72 mm. kaynak yapılabilmektedir, bunun sonucu 1 m. kaynak için 14 m. kaynak teli gereklidir. (1 m. kaynak için tel ağırlığı 0.112 kg). 1 kg kaynak teli fiyatı 1.65 Euro

15 kg kaynak teline ½ tüp koruyucu gaz harcanmaktadır. O halde, 1 m. kaynak için 0.004 tüp karışım gazı harcanmaktadır. 1 tüp gaz karışımı 12.80 m^3 olduğuna göre 0.004 tüp için 0.0512 m^3 gaz harcanır. 1 m^3 gazın fiyatı 1.9 Euro

1 kaynak makinası saatte 10 kw güç çekmektedir. Buna göre, 10.000/60 = 167 w/dk 1 m. kaynağı 1.7 dk.'da yapılmaktadır, o halde 1.7 dk x 167 w/dk =284 w / 1 m. kaynak olur. 1 w / dk. 0.00732 Euro

1 saat zaman zarfında 35.2 m. kaynak yapılmaktadır, buna göre 1m. kaynak 0.028 saatte yapılmaktadır. 1 kaynakçı'nın saat ücreti 10 Euro

Sonuç olarak 1 m. SG II kaynağının maliyeti için aşağıdaki değerler hesaplanmalıdır
Kaynak teli : 0.112 kg x 1.65 Euro / kg = 0.184 Euro
Kaynak tüpü : 0.0512 m^3 x 1.9 Euro / m^3 = 0.0972 Euro
Elektrik : 284 w x 0.00732 Euro / w = 2.078 Euro
İşçilik : 0.028 saat x 10 Euro/ saat= 0.28 Euro

1 m. kaynağın maliyeti toplam : 2.639 Euro olarak ifade edilir.

9.1.2. Bir metre MIG AlMg4.5 Mn kaynak teli maliyeti [51]

1 m. kaynak için 4 m. kaynak teli gereklidir. 1 makarada 7 kg veya 2290 m. kaynak teli olduğuna göre 1 m. kaynak yapabilmek için kullanılan 4 m kaynak telinin ağırlığı 0.012 kg'dır. 1 kg kaynak telinin fiyatı 7.88 Euro olduğuna göre,1 m alüminyum kaynak teli fiyatı 0.024 Euro'dur.

1 m kaynak için 0,0015 m^3 gaz gereklidir. 1 m^3 gazın fiyatı 1.9 Euro

1 kaynak makinası saatte 10 kw güç çekmektedir. Buna göre, 10.000/60 = 167 w/dk
1 m. kaynağı 1.7 dk.'da yapılmaktadır, o halde 1.7 dk x 167 w/dk =284 w / 1 m. kaynak olur. 1 w / dk. 0.00732 Euro

1m. kaynak 0.015 saatte yapılmaktadır. 1 kaynakçı'nın saat ücreti 10 Euro

Sonuç olarak 1 m. MIG AlMg4.5 Mn kaynağının maliyetini bulmak için aşağıdaki değerler hesaplanmalıdır :

Kaynak teli : 0.012 kg x 0.024 Euro / kg = 0.00028 Euro
Kaynak tüpü : 0.0015 m^3 x 1.9 Euro / m^3= 0.0028 Euro
Elektrik : 284 w x 0.00732 Euro / w = 2.078 Euro
İşçilik : 0.015 saat x 10 Euro / saat = 0.15 Euro

1 m. AlMg4.5 Mn kaynağının maliyeti : 2.231 Euro olarak ifade edilir.

9.1.3. Bir ara parcada kullanılan yapıştırıcı maliyeti [51]

Bir ara parçada kullanılan toplam yapıştırıcı miktarı (l): 0.060

- % 98 oranında Sika 254 yapıştırıcı (l): 0.0588
- % 2 oranında Booster (l): 0.0012
- Sika 205 aktivatör (l): 0.010

195 litre'lik varil hacmindeki Sika 254 yapıştırıcı fiyatı 9 Euro'dur. Buna göre 1 litre Sika 254 yapıştırıcının fiyatı 0.046 Euro'dur. 23 litre'lik varil hacmindeki Booster fiyatı 19.70 Euro'dur. Buna göre 1 litre Booster fiyatı 0.856 Euro'dur.

1 litre hacmindeki Sika 205 aktivatör fiyatı 8.76 Euro'dur.
1 ara parça'ya uygulanacak yüzey hazırlama ve yapıştırma işlemi 0.016 saat'dir ve bir işçinin saat ücreti 10 Euro

Sonuç olarak 3x100x120 mm boyutundaki 1ara parçada uygulanacak yapıştırıcının maliyetini bulmak için aşağıdaki değerler hesaplanmalıdır.

Sika 254 maliyeti : 0.0588 litre x 0.046 Euro / litre = 0.0027 Euro
Booster maliyeti : 0,0012 litre x 0.856 Euro / litre = 0.00102 Euro
Sika 205 aktivatör maliyeti : 0.010 x 8,75 Euro / litre= 0,0875 Euro
İşçilik : 0.016 saat x 10 Euro / saat= 0.16 Euro

1 ara parçada uygulanacak olan yapıştırıcının toplam maliyeti : 0.25 Euro olarak ifade edilir.

9.1.4. Alüminyum malzeme fiyatı

Bir kilogram alüminyum 2.5 Euro

9.1.5. Çelik malzeme fiyatı

Bir kilogram çelik 0,611 Euro

9.2. Ön İskelet Montaj Maliyet Analizi

- **St 44-2 Çelik ön iskelet montaj maliyet analizi**

Toplam çelik kaynak uzunluğu (SG II) (m) : 4.015
Çelik profil ağırlığı (kg) : 114.293
SG II kaynak maliyeti : 4.015 m x 2.639 Euro / m = 10.595 Euro
Çelik profil maliyeti: 114.293 kg x 0,611 Euro / kg = 69.833 Euro
Toplam maliyet : 80.428 Euro

- **St 44-2 Çelik ve 6082 alüminyum karma ön iskelet montaj maliyet analizi**

Toplam çelik kaynak uzunluğu (SG II) (m) : 4.015
Toplam alüminyum kaynak uzunluğu (AlMg4.5 Mn) (m) : 4.015
Kullanılan araparça miktarı (adet) : 20
Alüminyum profil ile yer değiştirecek çelik profil ağırlığı (kg) : 21.098
Çelik profil yerine geçecek alüminyum profil ağırlığı (kg) : 74.584
SG II kaynak maliyeti : 4.015 m x 2.639 Euro / m = 10.595 Euro
AlMg4.5 Mn kaynağının maliyeti : 4.015 m x 2.231 Euro / m = 8.957 Euro
Ara parça maliyeti : 20 adet x 0.25 Euro / adet = 5 Euro
Çelik profil maliyeti: 21.098 kg x 0,611 Euro / kg = 12.890 Euro
Alüminyum profil maliyeti: 74.584kg x 2.5 Euro / kg = 186.46 Euro
Toplam maliyet : 223.902 Euro

- **6082 T6 Alüminyum ön iskelet montaj maliyet analizi**

Toplam alüminyum kaynak uzunluğu (AlMg4.5 Mn) (m) : 4.015
Alüminyum profil ağırlığı (kg) : 61.278
AlMg4.5 Mn kaynağının maliyeti : 4.015 m x 2.231 Euro / m = 8.957 Euro
Alüminyum profil maliyeti: 61.278kg x 2.5 Euro / kg = 153.195 Euro
Toplam maliyet : 162.152 Euro

9.3.Tavan İskelet Montaj Maliyet Analizi

- **St 44-2 Çelik tavan iskelet montaj maliyet analizi**

Toplam çelik kaynak uzunluğu (SG II) (m) : 9.840
Çelik profil ağırlığı (kg) : 197.029
SG II kaynak maliyeti : 9.840 m x 2.639 Euro / m = 25.967 Euro
Çelik profil maliyeti: 197.029kg x 0,611 Euro / kg = 120.384 Euro
Toplam maliyet : 206.869 Euro

- **St 44-2 Çelik ve 6082 alüminyum karma tavan iskelet montaj maliyet analizi**

Toplam çelik kaynak uzunluğu (SG II) (m) : 9.840
Toplam alüminyum kaynak uzunluğu (AlMg4.5 Mn) (m) : 9.840
Kullanılan araparça miktarı (adet) : 46
Alüminyum profil ile yer değiştirecek çelik profil ağırlığı (kg) : 33.698
Çelik profil yerine geçecek alüminyum profil ağırlığı (kg) : 138.413
SG II kaynak maliyeti : 9.840 m x 2.639 Euro / m = 25.967 Euro
AlMg4.5 Mn kaynağının maliyeti : 9.840 m x 2.231 Euro / m = 21.953 Euro
Ara parça maliyeti : 46 adet x 0.25 Euro / adet = 11.5 Euro
Çelik profil maliyeti: 138.413kg x 0,611 Euro / kg = 84.570 Euro
Alüminyum profil maliyeti: 33.698 x 2.5 Euro / kg = 84.245 Euro
Toplam maliyet : 228.235 Euro

- **6082 T6 Alüminyum tavan iskelet montaj maliyet analizi**

Toplam alüminyum kaynak uzunluğu (AlMg4.5 Mn) (m) : 9.840
Alüminyum profil ağırlığı (kg) : 172.111
AlMg4.5 Mn kaynağının maliyeti : 9.840 m x 2.231 Euro / m = 21.953 Euro
Alüminyum profil maliyeti: 172.111kg x 2.5 Euro / kg = 430 Euro
Toplam maliyet : 451.953 Euro

9.4.Arka İskelet Montaj Maliyet Analizi

- **St 44-2 Çelik arka iskelet montaj maliyet analizi**

Toplam çelik kaynak uzunluğu (SG II) (m) : 2.800
Çelik profil ağırlığı (kg) : 109.050
SG II kaynak maliyeti : 2.800 m x 2.639 Euro / m = 7.389 Euro
Çelik profil maliyeti: 109.050 kg x 0,611 Euro / kg = 66.629 Euro
Toplam maliyet : 74.018 Euro

- **St 44-2 Çelik ve 6082 alüminyum karma arka iskelet montaj maliyet analizi**

Toplam çelik kaynak uzunluğu (SG II) (m) : 2.800
Toplam alüminyum kaynak uzunluğu (AlMg4.5 Mn) (m) : 2.800
Kullanılan araparça miktarı (adet) : 18
Alüminyum profil ile yer değiştirecek çelik profil ağırlığı (kg) : 8.123
Çelik profil yerine geçecek alüminyum profil ağırlığı (kg) : 78.837
SG II kaynak maliyeti : 2.800 m x 2.639 Euro / m = 7.389 Euro
AlMg4.5 Mn kaynağının maliyeti : 2.800 m x 2.231 Euro / m = 6.246 Euro
Ara parça maliyeti : 18 adet x 0.25 Euro / adet = 4.5 Euro
Çelik profil maliyeti: 78.837 kg x 0,611 Euro / kg = 48.169 Euro
Alüminyum profil maliyeti: 8.123 x 2.5 Euro / kg = 20.307 Euro
Toplam maliyet : 86.611 Euro

- **6082 T6 Alüminyum arka iskelet montaj maliyet analizi**

Toplam alüminyum kaynak uzunluğu (AlMg4.5 Mn) (m) : 2.800
Alüminyum profil ağırlığı (kg) : 35.718
AlMg4.5 Mn kaynağının maliyeti : 2.800m x 2.231 Euro / m = 6.246 Euro
Alüminyum profil maliyeti: 35.718 kg x 2.5 Euro / kg = 89.295 Euro
Toplam maliyet : 95.541 Euro

9.5.Sol Yanduvar İskelet Montaj Maliyet Analizi

- **St 44-2 Çelik sol yanduvar iskelet montaj maliyet analizi**

Toplam çelik kaynak uzunluğu (SG II) (m) : 8.900
Çelik profil ağırlığı (kg) : 264.615
SG II kaynak maliyeti : 8.900m x 2.639 Euro / m = 23.487 Euro
Çelik profil maliyeti: 264.615 kg x 0,611 Euro / kg = 161.679 Euro
Toplam maliyet : 185.166 Euro

- **St 44-2 Çelik ve 6082 alüminyum karma sol yanduvar iskelet montaj maliyet analizi**

Toplam çelik kaynak uzunluğu (SG II) (m) : 8.900
Toplam alüminyum kaynak uzunluğu (AlMg4.5 Mn) (m) : 8.900
Kullanılan araparça miktarı (adet) : 33
Alüminyum profil ile yer değiştirecek çelik profil ağırlığı (kg) : 44.651
Çelik profil yerine geçecek alüminyum profil ağırlığı (kg) : 166.535
SG II kaynak maliyeti : 8.900m x 2.639 Euro / m = 23.487 Euro
AlMg4.5 Mn kaynağının maliyeti : 8.900m x 2.231 Euro / m = 19.855 Euro
Ara parça maliyeti : 33 adet x 0.25 Euro / adet = 8.25 Euro
Çelik profil maliyeti: 166.535kg x 0,611 Euro / kg = 101.752 Euro
Alüminyum profil maliyeti: 44.651 kg x 2.5 Euro / kg = 111.627 Euro
Toplam maliyet : 164.971 Euro

- **6082 T6 Alüminyum sol yanduvar iskelet montaj maliyet analizi**

Toplam alüminyum kaynak uzunluğu (AlMg4.5 Mn) (m) : 8.900
Alüminyum profil ağırlığı (kg) : 144.436
AlMg4.5 Mn kaynağının maliyeti : 8.900 m x 2.231 Euro / m = 19.855 Euro
Alüminyum profil maliyeti: 144.436 kg x 2.5 Euro / kg = 361.090 Euro
Toplam maliyet : 380.945 Euro

9.6.Sağ Yanduvar İskelet Montaj Maliyet Analizi

- **St 44-2 Çelik sağ yanduvar iskelet montaj maliyet analizi**

Toplam çelik kaynak uzunluğu (SG II) (m) : 6.780
Çelik profil ağırlığı (kg) : 280.062
SG II kaynak maliyeti : 6.780 m x 2.639 Euro / m = 17.892 Euro
Çelik profil maliyeti: 280.062 kg x 0,611 Euro / kg = 171.117 Euro
Toplam maliyet : 189.009 Euro

- **St 44-2 Çelik ve 6082 alüminyum karma sağ yanduvar iskelet montaj maliyet analizi**

Toplam çelik kaynak uzunluğu (SG II) (m) : 6.780
Toplam alüminyum kaynak uzunluğu (AlMg4.5 Mn) (m) : 6.780
Kullanılan araparça miktarı (adet) : 31
Alüminyum profil ile yer değiştirecek çelik profil ağırlığı (kg) : 48.698
Çelik profil yerine geçecek alüminyum profil ağırlığı (kg) : 184.532
SG II kaynak maliyeti : 6.780 m x 2.639 Euro / m = 17.892 Euro
AlMg4.5 Mn kaynağının maliyeti : 6.780 m x 2.231 Euro / m = 15.126 Euro
Ara parça maliyeti : 31 adet x 0.25 Euro / adet = 7.75 Euro
Çelik profil maliyeti: 184.532 kg x 0,611 Euro / kg = 112.749 Euro
Alüminyum profil maliyeti: 48.698x 2.5 Euro / kg = 121.745 Euro
Toplam maliyet : 275.262 Euro

- **6082 T6 Alüminyum sağ yanduvar iskelet montaj maliyet analizi**

Toplam alüminyum kaynak uzunluğu (AlMg4.5 Mn) (m) : 6.780
Alüminyum profil ağırlığı (kg) : 93.010
AlMg4.5 Mn kaynağının maliyeti : 6.780 m x 2.231 Euro / m = 15.126 Euro
Alüminyum profil maliyeti: 93.010 kg x 2.5 Euro / kg = 232.525 Euro
Toplam maliyet : 247.651 Euro

9.7.Karoseri Maliyet Analizi

- **St 44-2 Çelik karoseri maliyet analizi**

Toplam çelik kaynak uzunluğu (SG II) (m) : 32.335
Çelik profil ağırlığı (kg) : 965.05
SG II kaynak maliyeti : 32.335 m x 2.639 Euro / m = 85.332 Euro
Çelik profil maliyeti: 965.05 kg x 0,611 Euro / kg = 589.923 Euro
Toplam maliyet : 675.255 Euro

- **St 44-2 Çelik ve 6082 alüminyum karma karoseri maliyet analizi**

Toplam çelik kaynak uzunluğu (SG II) (m) : 32.335
Toplam alüminyum kaynak uzunluğu (AlMg4.5 Mn) (m) : 32.335
Kullanılan araparça miktarı (adet) : 148
Alüminyum profil ile yer değiştirecek çelik profil ağırlığı (kg) : 156.268
Çelik profil yerine geçecek alüminyum profil ağırlığı (kg) : 642.901
SG II kaynak maliyeti : 32.335 m x 2.639 Euro / m = 85.332 Euro
AlMg4.5 Mn kaynağının maliyeti : 32.335 m x 2.231 Euro / m = 72.139 Euro
Ara parça maliyeti : 148 adet x 0.25 Euro / adet = 37 Euro
Çelik profil maliyeti: 642.901kg x 0,611 Euro / kg = 392.812 Euro
Alüminyum profil maliyeti: 156.268 KG x 2.5 Euro / kg = 390.670 Euro
Toplam maliyet : 977.953 Euro

- **6082 T6 Alüminyum karoseri maliyet analizi**

Toplam alüminyum kaynak uzunluğu (AlMg4.5 Mn) (m) : 32.335
Alüminyum profil ağırlığı (kg) : 573.30
AlMg4.5 Mn kaynağının maliyeti : 32.335 m x 2.231 Euro / m = 72.139 Euro
Alüminyum profil maliyeti: 573.30 kg x 2.5 Euro / kg = 1433.25 Euro
Toplam maliyet : 1505.389 Euro

BÖLÜM 10. SONUÇLAR

Bu çalışma sonucunda, farklı kimyasal ve fiziksel özellikleri olan çelik ve alüminyum alaşım profillerin birbirlerine, yapıştırıcı ile yapıştırılıp daha az ağırlığı olan bir otobüs karoserisi elde edilmeye çalışıldı. Bu çalışmada otobüs karoserisinde alüminyum alaşım kullanılması; 2.7 g/m^3 ile en düşük yoğunluğa sahip olduğu için hafif olmasından, korozyona karşı dirençli olmasından, piyasada, çok çeşitli alaşımlı alüminyumların gerek plaka gerekse profil olarak kolayca temin edilmesinden, alüminyum malzemenin kolayca işlenebilir olmasından ve her türlü birleştirme tekniğine yatkın olması gibi özelliklere sahip olmasından dolayı tercih edilmiştir.

Bir çelik profilin yerini tutacak alüminyum alaşımdan imal edilmiş bir profil mukavemet yönünden yerine kullanılan çelik profilin mukavemet özelliklerini göstermesi gerekmektedir, bu yüzden öncelikle tasarımcıların kulanılacak ve nasıl biri yük altında çalışacak alaşımı tespit etmek zorundadırlar, mukavemet yönünden çelik profillerin özellikleriyle kıyaslanması için alümiyum profillerin et kalınlıkları arttırılması bir yöntem olmakla birlikte kullanıldığı yerde bir profil yerine daha fazla miktarda alüminyum alaşımlı profilleri kullanmak da ayrı bir yöntem olduğunu görmekteyiz. Bu çalışmada kullanılan hem çelik hem de alüminyum profillerin önceden tespit edilmiş sınır şartları altında CATIA V5 programı ile mukavemet analizleri her nekadar et kalınlıkları arttırılmış alüminyum profil seçildiyse de mukavemet yönünden çelik profillerin altında kaldığı görülmüştür. Bu yüzden aracın karoseri dizaynında alümiyum alaşımlı profiller karoseriye mukavemet veren ana çelik profillerin yerinde kullanılmamıştır. Sadece ara bağlantılarda kullanılması tercih edilmiştir ve gerektiği takdirde alüminyum alaşımlı profillerin sayısı arttırılması sonucuna varılmıştır.

Bu çalışmada , iki farklı erime noktasına sahip malzemeler kullanıldığı için çelik profiller ile alüminyum profillerin birbirlerine kaynatılarak birleştirilmesi söz konusu

değildir. Bu yüzden aralarına alüminyum ara parçalar kullanılarak yapıştırma işlemi uygulanmıştır, önce alüminyum profiller uç taraflarından alüminyum profillere kaynatılmış, daha sonra bu plakalar çelik profillere yapıştırılmıştır. Bu işlemler, deneyler sonucu dikkat edilecek bazı temel unsurlar olduğunu göstermiştir. Bunların en başında kullanılan ara parçaların mekanik ve kimyasal ön işlemlerden geçirilmesi gerektiği görülmüştür. Mekanik ön işlemlerin başında yapıştırılacak yüzeylerin kir, çapak, pas'tan arındırmak için zımpara kağıdı, tel fırça veya ovalama bezi ile çok iyi bir şekilde temizlemesi gerekmektedir, hatta taşlama işleminden geçirilerek yapıştırıcı yüzeyinde pürüzlülük oluşturmak yapışma işleminin başarısı için faydalı olduğu görülmüştür. Yüzeyde oluşturulan pürüzlülük yapışma alanını arttırdığı gibi yapıştırıcının malzemeye yapışacağı adhezyon kuvvetlerini değişik yönlerde ve bu kuvvetleri sayıca fazlalaştırarak yapıştırılacak malzeme yüzeyine etki ettirmektedir. Kimyasal ön işlem olarak yapıştırıcının kimyasal özelliklerine göre yapışacak yüzeylere önceden temizleyici sıvı ile kir, yağ ve toz'dan temizlenmesi ve yapışacak yüzeylerin astarlanması yapıştırma işlemini kuvvetlendirmektedir.

Birleştirme işleminde, yapıştırıcı tekniğinin kullanılması bazı avantajlar sağlamaktadır: Bu avantajların en başında kaynak işleminde yüksek ısıdan meydana gelen malzeme çarpılmaları meydana getirmemesi ve sonradan tavlama işlemine tabi tutarak gerilim almak gibi fazladan bir işlem gerek duyulmamaktadır. Yapıştırma işleminin bir başka avantajı kaynak gibi belirli aralıklarla yapılmaması ve civata, perçin deliği gibi malzemede zayıflatıcı işlemler yapılmayıp, yapıştırılacak yüzeye boydan boya uygulanıp homojen bir gerilim dağılımı elde edilmektedir. Başka bir avantajı yapıştırma işlemi sisteme mukavemet verdiği kadar sızdırmazlık görevini de üstlenip, dış etkenlerden oluşan pisliklerin içeri girmesini önleyip malzemeler arası galvanik korozyona karşı korumasıdır. Bunun için yapıştırıcı uygulanırken yapışacak iki yüzey arasında hiçbir suretle açık ve boşluk kalmaması gerekmektedir. Bu özelliklerden başka darbe emici olması, malzemeler arasında yastıklama görevini yapıp titreşimi ve emdiği ve gürültüyü emmesinden dolayı ve fazladan izolasyon işleminin ortadan kalkması, yüksek miktarda darbe ve kesme kuvvetine karşı çok iyi bir şekilde mukavemet göstermesi, piyasada sıvı ve katı fazlarda kolayca temin edilmesi, tamir işleminin kolayca yapılması gibi avantajlarından dolayı diğer birleştirme tekniklerinden kendini üstün konuma getirdiği anlaşılmıştır.

Bu çalışma sonucu yapıştırma işlemini aynı özellikteki iki malzemeyi birbirine birleştirdiği gibi farklı özellikteki malzemelerin birleştirilmesinde de kullanılacağı görülmüştür, ayrıca, kaynak yüksekliği ile yapıştırıcı alanı arasında matematiksel bir ilişki kurulup, yüzeyi geniş olan malzemelerin yapıştırılmasının daha uygun olduğu tespit edilmiştir.

Kaynak işleminde; Kaynak teli çapı, koruyucu gaz, akım, voltaj,kaynak yüksekliği, malzeme kalınlığı gibi bazı parametrelere karşı yapıştırıcı işleminde de; yapışma alanı, yapıştırıcı kalınlığı, malzeme kalınlığı, kürleşme zamanı, çalışma sıcaklığı gibi bazı parametrelerin önem arz ettiği deneyler sonucu tespit edilmiştir.

Alümiyum alaşımlı profilleri ve çelik profilleri birbirlerine yapıştırıcı tekniği kullanılarak

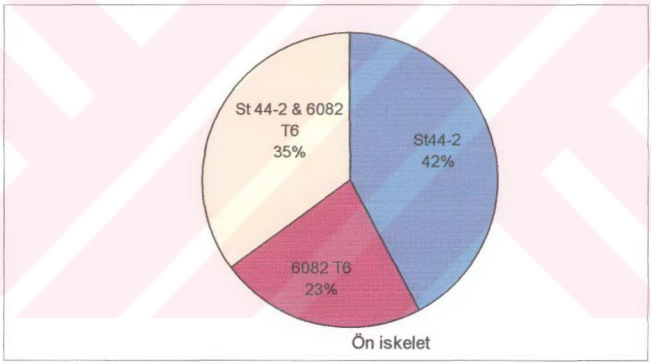
1. Ön iskelet
2. Tavan iskelet
3. Arka iskelet
4. Sol yanduvar iskeleti
5. Sağ yanduvar iskeleti

olarak beş temel yapı grubu tasarlanıp bir otobüs karoserisi elde edilmiştir. Eğer bu gruplar hepsi çelik profillerden veya hepsi alüminyum profillerden imal edilseydi aralarındaki ağırlık bakımından şu sonuçlar elde edilmiştir.

- **Ön iskelet grubu**

	St44-2	6082 T6	St 44-2 & 6082 T6
Ön iskelet (kg)	114,29	61,28	95,682

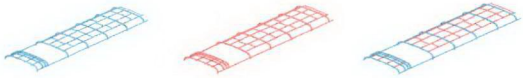
Şekil 10.1. Ön iskelet ağırlık karşılaştırması



Grafik 10.1. Ön iskelet ağırlık yüzdelik karşılaştırması

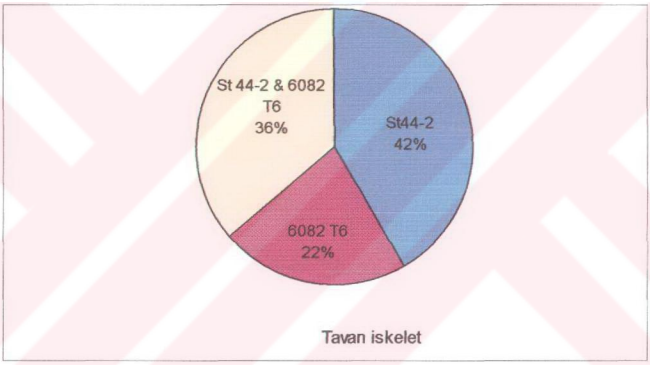
Ön iskelet konstrüksiyon grupları ağırlık bakımından incelenirse; Tamamen çelik (St 44-2) profillerdenden imal edilmiş bir yapıda 114.29 kg gelmektedir ve karoseride % 42 oranında ağırlık teşkil etmektedir. Tamamının alüminyum (6082) alaşımlı profillerden imal edilseydi 61.28 kg geldiğini ve karoseride % 23 oranında ağırlık teşkil etmektedir. Hem çelik (St 44-2), hem de alüminyum (6082) alaşımlı profiller kullanılarak elde edilen yapını ağılığı 95.682 kg geldiği ve karoseride % 35 oranında bir ağırlık teşkil ettiği görülmektedir (Şekil 10.1) (Grafik 10.1).

- **Tavan iskelet grubu**



	St44-2	6082 T6	St 44-2 & 6082 T6
Tavan iskeleti	197,03	102,998	172,111

Şekil 10.2. Tavan iskelet ağırlık karşılaştırması



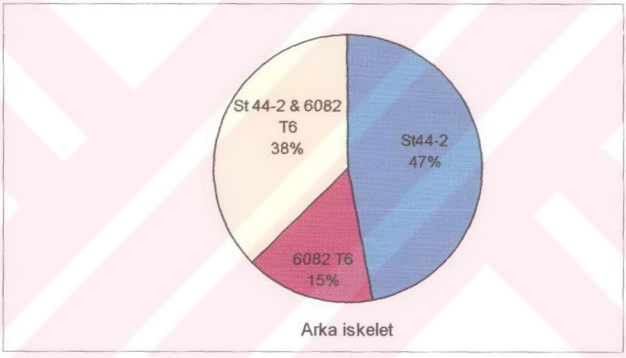
Grafik 10.2. Tavan iskelet ağırlık yüzdelik karşılaştırması

Tavan iskelet konstrüksiyon grupları ağırlık bakımından incelenirse; Tamamen çelik (St 44-2) profillerdenden imal edilmiş bir yapıda 197.03 kg gelmektedir ve karoseride % 42 oranında ağırlık teşkil etmektedir. Tamamının alüminyum (6082) alaşımlı profillerden imal edilseydi 102.998 kg geldiğini ve karoseride % 22 oranında ağırlık teşkil etmektedir. Hem çelik (St 44-2), hem de alüminyum (6082) alaşımlı profiller kullanılarak elde edilen yapını ağılığı 172.111 kg geldiği ve karoseride % 36 oranında bir ağırlık teşkil ettiği görülmektedir (Şekil 10.2) (Grafik 10.2).

- **Arka iskelet grubu**

	St44-2	6082 T6	St 44-2 & 6082 T6
Arka iskelet	109,05	35,72	86,96

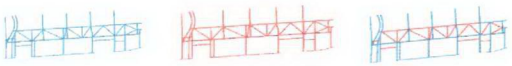
Şekil 10.3. Arka iskelet ağırlık karşılaştırması



Grafik 10.3. Arka iskelet ağırlık yüzdelik karşılaştırması

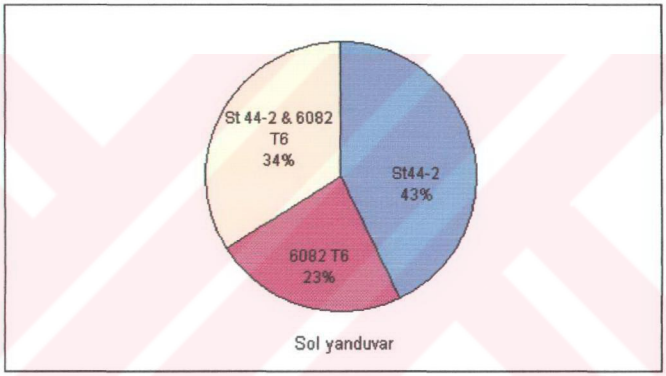
Arka iskelet konstrüksiyon grupları ağırlık bakımından incelenirse;Tamamen çelik (St44-2) profillerdenden imal edilmiş bir yapıda 109.05 kg gelmektedir ve karoseride % 47 oranında ağırlık teşkil etmektedir. Tamamının alüminyum (6082) alaşımlı profillerden imal edilseydi 35.72 kg geldiğini ve karoseride % 15 oranında ağırlık teşkil etmektedir. Hem çelik (St 44-2), hem de alüminyum (6082) alaşımlı profiller kullanılarak elde edilen yapını ağılığı 86.96 kg geldiği ve karoseride % 38 oranında bir ağırlık teşkil ettiği görülmektedir (Şekil 10.3) (Grafik 10.3).

- **Sol yan duvar iskelet grubu**



	St44-2	6082 T6	St 44-2 & 6082 T6
Sol yanduvar	264,62	144,436	211,186

Şekil 10.4. Sol yanduvar iskelet ağırlık karşılaştırması



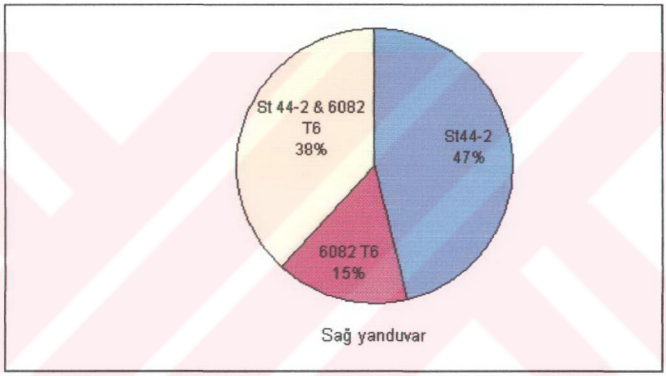
Grafik 10.4. Sol yanduvar iskelet ağırlık yüzdelik karşılaştırması

Sol yanduvar iskelet konstrüksiyon grupları ağırlık bakımından incelenirse; Tamamen çelik (St 44-2) profillerdenden imal edilmiş bir yapıda 264.62 kg gelmektedir ve karoseride % 43 oranında ağırlık teşkil etmektedir. Tamamının alüminyum (6082) alaşımlı profillerden imal edilseydi 144.436 kg geldiğini ve karoseride % 23 oranında ağırlık teşkil etmektedir. Hem çelik (St 44-2), hem de alüminyum (6082) alaşımlı profiller kullanılarak elde edilen yapını ağılığı 211.186 kg geldiği ve karoseride % 34 oranında bir ağırlık teşkil ettiği görülmektedir (Şekil 10.4) (Grafik 10.4).

- **Sağ yanduvar iskelet grubu**

	St44-2	6082 T6	St 44-2 & 6082 T6
Sağ yanduvar	280,06	93,01	233,23

Şekil 10.5. Sağ yanduvar iskelet ağırlık karşılaştırması



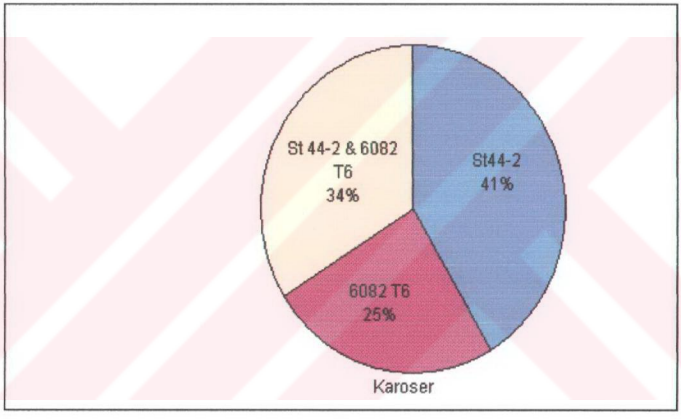
Grafik 10.5. Sağ yanduvar iskelet ağırlık yüzdelik karşılaştırması

Sağ yanduvar iskelet konstrüksiyon grupları ağırlık bakımından incelenirse; Tamamen çelik (St 44-2) profillerdenden imal edilmiş bir yapıda 280.06 kg gelmektedir ve karoseride % 47 oranında ağırlık teşkil etmektedir. Tamamının alüminyum (6082) alaşımlı profillerden imal edilseydi 93.01 kg geldiğini ve karoseride % 15 oranında ağırlık teşkil etmektedir. Hem çelik (St 44-2), hem de alüminyum (6082) alaşımlı profiller kullanılarak elde edilen yapını ağılığı 233.23 kg geldiği ve karoseride % 38 oranında bir ağırlık teşkil ettiği görülmektedir (Şekil 10.5) (Grafik 10.5).

- **Toplam karoseri olarak**

	St44-2	6082 T6	St 44-2 & 6082 T6
Karoser	965,05	573,3	799

Şekil 10.6. Komple karoser iskelet ağırlık karşılaştırması



Grafik 10.6. Komple karoser iskelet ağırlık yüzdelik karşılaştırması

Karoseriyi bir bütün olarak kabul edilip ağırlık bakımından incelenirse; Tamamen çelik (St 44-2) profillerdenden imal edilmiş bir yapıda 965.05 kg gelmektedir ve karoseride % 41 oranında ağırlık teşkil etmektedir. Tamamının alüminyum (6082) alaşımlı profillerden imal edilseydi 573.3 kg geldiğini ve karoseride % 25 oranında ağırlık teşkil etmektedir. Hem çelik (St 44-2), hem de alüminyum (6082) alaşımlı profiller kullanılarak elde edilen yapını ağılığı 799 kg geldiği ve karoseride % 34 oranında bir ağırlık teşkil ettiği görülmektedir (Şekil 10.6) (Grafik 10.6).

Yukarıdaki konstrüksiyon grupları ile elde edilmiş üç farklı karoserli araclara diğer olması gereken ağırlıklar, şase ağırlığı, yakıt ağırlığı, yolcu ve personel ağırlığı ve avadanlık ağırlıkları, eklenirse

M_1=Tamamen çelik profillerden imal edilmiş araç ağırlığı

M_2= Çelik ve alüminyum alaşımlı profillerden imal edilmiş araç ağırlığı

M_3= Tamamen alüminyum profillerden imal edilmiş araç ağırlığı

$$M_1=18.000 > M_2=17834.133 > M_3=17472.391 \text{ kg}$$

Sonuç olarak; alüminyum oranı ne kadar arttırılırsa, araçı oluşturan gruplarda ve toplam karoseride ağırlık bakımından daha hafif yapı elde edilmiş olduğu görülmektedir. Elde edilen üç farklı aracın dinamik analizleri sonucu aşağıdaki veriler elde edilir:

x_1=Tamamen çelik profillerden imal edilmiş araçın fren sonrası durma mesafesi

x_2= Çelik ve alüminyum alaşımlı profillerden imal edilmiş araçın fren sonrası durma mesafesi

x_3= Tamamen alüminyum profillerden imal edilmiş araçın fren sonrası durma mesafesi

$$x_1=77.517 > x_2=76.653 > x_3=74.780 \text{ metre}$$

Sonuç olarak; yapılan fren sonucu durma mesafesi araç hafifledikçe duruş mesafesi de kısalmaktadır (Şekil 8.2) .

t_1=Tamamen çelik profillerden imal edilmiş araçın fren sonrası durma zamanı

t_2= Çelik ve alüminyum alaşımlı profillerden imal edilmiş araçın fren sonrası durma zamanı

t_3= Tamamen alüminyum profillerden imal edilmiş araçın fren sonrası durma zamanı

$$t_1=6.201 > t_2=6.132 > t_3=5.982 \text{ saniye}$$

Sonuç olarak; araç ağırlığı düştükçe, fren yapıldıktan sonra süresi araç ağırlığı hafifleştikçe azaldığı görülmektedir (Şekil 8.2).

a_1=Tamamen çelik profillerden imal edilmiş araçın fren sonrası negatif ivmelenmesi
a_2= Çelik ve alüminyum alaşımlı profillerden imal edilmiş araçın fren sonrası negatif ivmelenmesi
a_3= Tamamen alüminyum profillerden imal edilmiş araçın fren sonrası negatif ivmelenmesi

$$a_1 = -4.031 > a_2 = -4.076 > a_3 = -4.178 \ m/s^2$$

Sonuç olarak; araç ağırlığı hafifileştikçe bir saniyede daha fazla hız kaybederek, durma kabiliyetinin araç ağırlığının hafifleşmesi oranda arttığını görülmektedir.

μ_{k1}=Tamamen çelik profillerden imal edilmiş araçın yol ile lastik arasındaki kinetik sürtünme katsayısı
μ_{k2}= Çelik ve alüminyum alaşımlı profillerden imal edilmiş araçın yol ile lastik arasındaki kinetik sürtünme katsayısı
μ_{k3}= Tamamen alüminyum profillerden imal edilmiş araçın yol ile lastik arasındaki kinetik sürtünme katsayısı

$$\mu_{k\,1} = 0{,}499 > \mu_{k\,2} = 0.504 > \mu_{k\,3} = 0{,}514$$

Sonuç olarak; araç ne kadar hafif ise o kadar fazla durma kabiliyeti vardır, ve bu yüzden durma ivmesi fazladır, bunun içinde kinetik sürtünme katsayısı fazla oldugu görülmektedir.

N_{B1}=Tamamen çelik profillerden imal edilmiş araçın ön aksında oluşan normal kuvvet
N_{B2}= Çelik ve alüminyum alaşımlı profillerden imal edilmiş araçın ön aksında oluşan normal kuvvet
N_{B3}= Tamamen alüminyum profillerden imal edilmiş araçın ön aksında oluşan normal kuvvet

$$N_{B1} = 129264.532 > N_{B2} = 102623.602 > N_{B3} = 100167.437 \ N$$

Sonuç olarak; araç ağırlıgı düştükçe, ön aksa düşen normal kuvvet azalmaktadır (Şekil 8.3).

N_{A1}=Tamamen çelik profillerden imal edilmiş araçın arka dingilde oluşan normal kuvvet

N_{A2}= Çelik ve alüminyum alaşımlı profillerden imal edilmiş araçın arka dingilde oluşan normal kuvvet

N_{A3}= Tamamen alüminyum profillerden imal edilmiş araçın arka dingilde oluşan normal kuvvet

$$N_{A1}= 1629098.806 > N_{A2}= 71663.493 > N_{A3}= 70584.473 \text{ N}$$

Sonuç olarak; araç ağırlığı azaldıkça arka dingile daha az yük düştüğü görülmektedir. Bu sonuç ticari araçlarda daha fazla yük taşıyabileceği anlamına gelmektedir (Şekil 8.3).

F_{A1}=Tamamen çelik profillerden imal edilmiş araçın ön aksta oluşan sürtünme kuvveti

F_{A2}= Çelik ve alüminyum alaşımlı profillerden imal edilmiş araçın ön aksta oluşan sürtünme kuvveti

F_{A3}= Tamamen alüminyum profillerden imal edilmiş araçın ön aksta oluşan sürtünme kuvveti

$$F_{A1}= 812920.304 > F_{A2}= 36118.400 > F_{A3}= 36280.419 \text{ N}$$

F_{B1}=Tamamen çelik profillerden imal edilmiş araçın arka dingilde oluşan sürtünme kuvveti

F_{B2}= Çelik ve alüminyum alaşımlı profillerden imal edilmiş araçın arka dingilde oluşan sürtünme kuvveti

F_{B3}= Tamamen alüminyum profillerden imal edilmiş araçın arka dingilde oluşan sürtünme kuvveti

$$F_{B1}= 812920.304 > F_{B2}= 36118.400 > F_{B3}= 36280.419 \text{ N}$$

Sonuç olarak araç ağırlığı azaldıkça ön aks ve arka dingil de oluşan sürtünme kuvveti azalmaktadır, bu yüzden lastık ömürleri araç hafifledikçe arttığı görülmektedir (Şekil 8.3) (Şekil 8.5).

V_{maks1}=Tamamen çelik profillerden imal edilmiş araçın arka viraj dışına savrulmaması için gereken maksimum hız

V_{maks2}= Çelik ve alüminyum alaşımlı profillerden imal edilmiş araçın arka viraj dışına savrulmaması için gereken maksimum hız

V_{maks3}= Tamamen alüminyum profillerden imal edilmiş araçın arka viraj dışına savrulmaması için gereken maksimum hız

$$V_{maks1} = 35.059 > V_{maks2} = 35.104 > V_{maks3} = 35.187 \text{ m / s}$$

Sonuç olarak; araç ağırlığı hafifleştikçe, viraj dışına kaymaması için gereken hızın arttığı görülmektedir. Araç hafifleştikçe daha hızlı ve emniyetli olarak viraja girebileceği sonucu çıkmaktadır (Şekil 8.4).

V_{min1}=Tamamen çelik profillerden imal edilmiş araçın viraj merkezine kaymaması için gereken minimum hız

V_{min2}= Çelik ve alüminyum alaşımlı profillerden imal edilmiş araçın viraj merkezine kaymaması için gereken minimum hız

V_{min3}= Tamamen alüminyum profillerden imal edilmiş araçın viraj merkezine kaymaması için gereken minimum hız

$$V_{min1} = 9.46 > V_{min2} = 9.12 > V_{min3} = 8.45 \text{ m / s}$$

Sonuç olarak, araç ağırlığı hafifleştikçe, viraj merkezine kayma reaksiyonu gösterecek hız azalmaktadır. Araç hafifleştikçe daha yavaş ve emniyetli olarak viraja girebileceği sonucu çıkmaktadır (Şekil 8.4).

V_{maksi1}=Tamamen çelik profillerden imal edilmiş araçın arka viraj dışına devrilmemesi için gereken maksimum hız

V_{maksi2}= Çelik ve alüminyum alaşımlı profillerden imal edilmiş araçın arka viraj dışına devrilmemesi için gereken maksimum hız

V_{maksi3}= Tamamen alüminyum profillerden imal edilmiş araçın arka viraj dışına devrilmemesi için gereken maksimum hız

$$V_{maksi1} = 37.260 > V_{maksi2} = 36.922 > V_{maksi3} = 37.272 \text{ m / s}$$

Sonuç olarak; araçın ağırlık merkezi z yönünde pozitif olarak arttığı zaman daha düşük hızda viraj dışına devrilme riski taşıdığı anlaşılmaktadır (Şekil 8.4) (Şekil 7.1).

V_{mini1}=Tamamen çelik profillerden imal edilmiş araçın viraj merkezine devrilmemesi için gereken minimum hız

V_{mini2}= Çelik ve alüminyum alaşımlı profillerden imal edilmiş araçın viraj merkezine devrilmemesi için gereken minimum hız

V_{mini3}= Tamamen alüminyum profillerden imal edilmiş araçın viraj merkezine devrilmemesi için gereken minimum hız

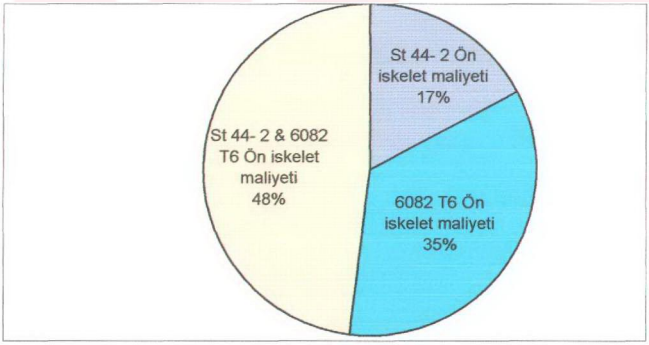
$$V_{mini1} = 23.803 > V_{mini2} = 24.318 > V_{mini3} = 23.803 \text{ m / s}$$

Sonuç olarak; araçın ağırlık merkezi z yönünde pozitif olarak arttığı zaman daha yüksek hızda viraj merkezine devrilme riski taşıdığı anlaşılmaktadır (Şekil 8.4) (Şekil 7.1).

Bu çalışmada kullanılan birbirinden farklı malzemeler ve birleştirme metodları kullanarak elde edilen üç farklı ağırlıktaki karoserlerin ve bu karoserleri meydana getiren konstrüksiyon gruplarınında oluşan maliyet analizleri aşağıda incelenmiştir.

Ön iskelet maliyeti

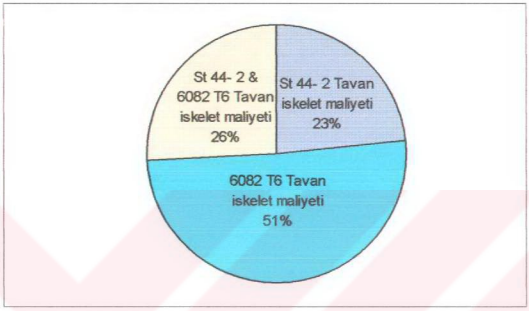
St 44-2 Çelik ön iskelet maliyeti	: 80.428 Euro
6082 Alüminyum ön iskelet maliyeti	: 162.152 Euro
St 44 – 2 Çelik & 6082 Alüminyum ön iskelet maliyeti	: 223.902 Euro



Grafik 10.7. Ön iskelet maliyet karşılaştırması

Tavan iskelet maliyeti

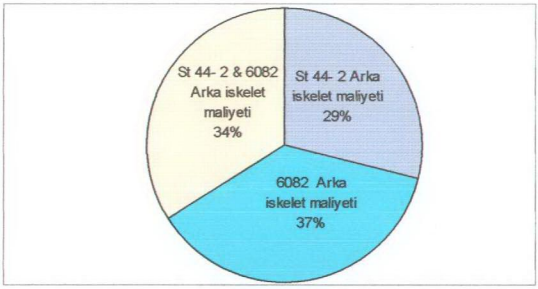
St 44-2 Çelik tavan iskelet maliyeti : 206.869 Euro
6082 Alüminyum tavan iskelet maliyeti : 451.953 Euro
St 44 – 2 Çelik & 6082 Alüminyum tavan iskelet maliyeti : 228.235 Euro



Grafik 10.8. Tavan iskeleti maliyet karşılaştırması

Arka iskelet maliyeti

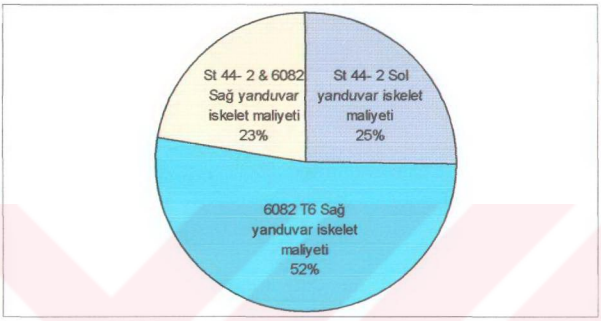
St 44-2 Çelik arka iskelet maliyeti : 74.018 Euro
6082 Alüminyum arka iskelet maliyeti : 95.541 Euro
St 44 – 2 Çelik & 6082 Alüminyum arka iskelet maliyeti : 86.611 Euro



Grafik 10.9. Arka iskelet maliyet karşılaştırması

Sol yanduvar iskelet maliyeti

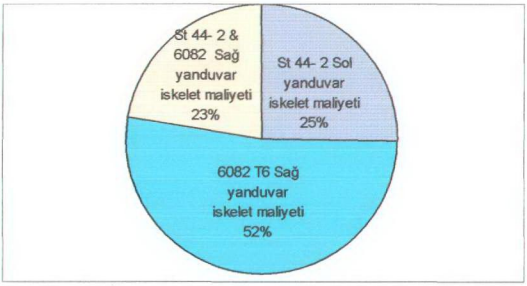
St 44-2 Çelik sol yanduvar iskelet maliyeti	: 185.166	Euro
6082 Alüminyum sol yanduvar iskelet maliyeti	: 380.945	Euro
St 44 – 2 Çelik & 6082 Alüminyum sol yanduvar isk.maliyeti	: 164.971	Euro



Grafik 10.10. Sol yanduvar iskelet maliyet karşılaştırması

Sağ yanduvar iskelet maliyeti

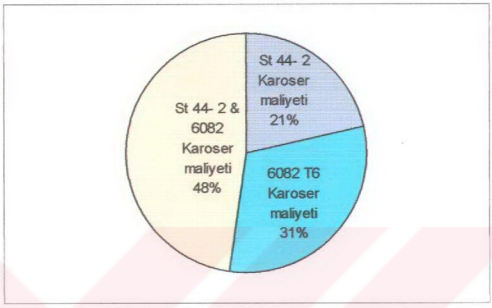
St 44-2 Çelik sağ yanduvar iskelet maliyeti	: 189.009	Euro
6082 Alüminyum sağ yanduvar iskelet maliyeti	: 247.651	Euro
St 44 – 2 Çelik & 6082 Alüminyum sağ yanduvar isk. maliyeti	: 275.262	Euro



Grafik 10.11. Sağ yanduvar maliyet karşılaştırması

Komple Karoser maliyeti

St 44-2 Çelik karoser iskelet maliyeti	: 675.255	Euro
6082 Alüminyum karoser iskelet maliyeti	: 1505.389	Euro
St 44 – 2 Çelik & 6082 Alüminyum karoser iskelet maliyeti	: 977.953	Euro



Grafik 10.12. Komple karoser iskelet maliyet karşılaştırması

Maliyet grafiklerinden de görüldüğü üzere, karma yapılı araç'ın maliyeti en fazla olanıdır, bunun sebebi hem çelik kaynağı, hem alüminyum malzeme kaynağı, hemde yapıştırıcı teknikleri kullanılarak birleştirme işlemi yapılmıştır, burada kaynak ve yapıştırıcı metodlarının kullanılması malzeme yanında işçilik fiyatıda artmaktadır, buna ek olarak bu yapı grubunda çelik malzeme yanında alüminyum alaşım malzeme de kullanıldığı için ve alüminyum malzemenin, çelik malzemeye nazaran daha pahalı olduğundan bu grup'un maliyeti artmıştır. İkinci olarak sadece alüminyum malzeme kullanılarak imal edilmiş grup'un maliyeti göze çarpmaktadır. Bunda da ana etken alüminyum malzemenin pahalı olmasından kaynaklandığı görülmektedir, ayrıca birleştirme metodu olarak sadece kaynak kullanıldığı için işçilik fiyatı daha düşüktür. Üçüncü ve en son sırada çelik malzeme'den imal edilmiş grubun maliyeti gelmektedir, bunda da sadece birleştirme tekniği olarak kaynak kullanılması ve malzeme olarak çelik seçilmesi fiyat olarak en düşük seviyede kalmasına neden olmuştur.

Bundan da anlaşılacağı üzere alüminyum malzem ve kombine bağlantı metodlarının kullanılması fiyatı arttırmaktadır, fakat başta da belirtildiği gibi, alüminyum

malzemenin hafif olmasından, korozyona karşı dirençli olmasından, piyasada, çok çeşitli olarak gerek plaka gerekse profil olarak kolayca temin edilmesinden, kolayca işlenebilir olmasından ve her türlü birleştirme tekniğine yatkın olması, hurda olarak bile ekonomik değerinin çelikten çok yüksek olması gibi özelliklerin ve bu özelliklerin ileri yıllarda kendini amorti edeceğinden dolayı alüminyum malzemenin kullanılmasını mümkün kılmaktadır.

BÖLÜM 11. TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında sadece aracın üst yapısı olan karoseri bölgesindeki profillerin aracın dinamiğini ve mukavemetini bozmadan mevcut St 44-2 çelik yerine alüminyum alaşım malzemeden ekstrüze edilmiş profiller kullanılarak belli bir oranda hafifleştirilmiş bir karoseri elde edilmiştir. Bu hafifleştirme işlemine ilave olarak aracın tamamında yapılacak hafifleştirme çalışmasına şu öneriler verilebilir; Karoserinin hem içinde hem de dışında yapılması gereken saclama işlemleri vardır. Bu işlemlerde kullanılan mevcut galvaniz çelik saclar yerine uygun olan bölgelerde alüminyum sac levhaların kullanılması arttırılabilinir, bunun yanında aracın dört bir yanını saran camların kalınlıkları optimum düzeyde kalacak şekilde et kalınlığı daha ince cam tabakaları kullanılabilinir, araçta minimum kullanılan tekerlek sayısı altı adet olduğu ve her bir tekerlek'de standard olarak çelik jant kullanıldığı düşünülürse, bu çelik jantların alüminyum jantlara dönüşmesi durumunda hafifleştirme işlemine katkısı olacağı gibi araçta daha da estetik bir görüntü sağlamakla birlikte aracın değerini arttırılabilinir.

Aracın alt bölgesi olan şase tarafında da belli bir oranda alüminyum parçaların kullanılması mümkündür, fakat yürür aksam olarak bu bölgede yapılacak hafifleştirme işlemi, mevcut kullanılan çelik profil malzemelerin daha mukavemetli fakat et kalınlıkları mevcut çelik profillerden daha ince çelik profiller kullanılarak daha hafif şase elde edilmesi önerilir.

Yukarıdaki açıklandığı gibi bir araçta uygulanabilecek hafifleştirme çalışmaları malzeme seçimi ve kullanımı yönünden kısacaiki grupta toplanabildiğini göstermektedir.

1. Farklı bileşimlerden fakat eşdeğer mukavemet özelliği sağlayan malzemeler kullanılarak elde edilen hafifleştirme çalışmaları.
2. Hemen hemen aynı özellikteki malzemelerin farklı bileşimli ve ısıl işlemli çeliklerden elde edilen daha yüksek mukavemet özelliğ olan çelik malzemelerde mevcut malzemeden daha ince et kalınlığı olan çelik malzemeleri kullanılarak elde edilen hafifleştirme çalışmaları.

Bu hafifleştirme işlemlerinde birde birleştirme metodları yönünden incelenmesi gerekmektedir. Gün geçtikçe kendini devamlı geliştirmekte olan yapıştırıcı sektörü; Kaynak ve lehim ile civata, somun, perçin v.b mekanik birleştiricilerin kullanımını azaltarak aracın toplamında belli bir ağırlık indirgemesi söz konusu olmaktadır.

Bu çalışma'da da, birleştirme metodu kaynak ve yapıştırıcı işlemi kullanılmıştır. Sonuçta kaynak işleminin sonucu ortaya çıkan yüksek derecedeki sıcaklığın sebebiyle malzemede oluşan çarpıklıklar (distortion) ve kaynak teli sarfiyatı en az seviyeye indirilmiş olup bunun yanında yapıştırıcı birleştirmeler için yapıştırılacak malzemelerin yüzeyi kesinlikle temiz olmalıdır, böylece yapıştırıcının adhezyon kuvveti arttırılmaktadır, ilave işçik olarak yapılan yüzey pürüzlülüğü ise yapıştırılacak malzemelerin boyutlarını değişmeden, yüzey alanını arttırdığı için yapışacak yüzeylere uygulanmalıdır. Yapılan bu yüzey hazırlıklarının neden olacağı işçilik belli bir oranda artması söz konusu olmasına rağmen, yapıştırıcı birleştirmenin üreticilere sağladığı farklı bileşimlerdeki malzemelerin kullanımı, yapıştırıcı kullanılarak yapılan birleştime ile çok iyi bir izolasyon sağlayarak hem korozyon gibi kötü dış etkenlerden koruyup hem de konfor sağlaması, malzemenin herhangi bir etkiden dolayı sahip olduğu kötü yüzeylerin birbirlerine birleştirilmesindeki kolaylıklar nedeniyle, tamirat kolaylığı gibi sebeplerden dolayı yapıştırıcı ek işçilik maliyetleri belli bir dönem sonucu araçta ekonomik değere ulaşmaktadır.

Bu açıklamalara ilaveten, farklı malzemelerin kullanılması bakımından alüminyum alaşımlarının otomotiv endüstrisinde bir çok firmanın kendi araçlarında kullanım oranlarını arttırmaya yönelik yenilikler yapılması gelecekte araçların daha hafif ve daha fonksiyonel olacağını göstermekte olup bilim adamlarının daha hafif, daha ergonomik ve daha ekonomik malzemelerin geliştirileceği anlaşılmaktadır.

KAYNAKLAR

[1] BIRCH S.,Aluminium spaceframe technology,Automotive Engineering 102(1)(1994) 8-12.

[2] WINTER E.F.M., SHARP M.L. G.E., NORDMARK, BANTHIA V.F., Design considerationsfor aluminium spaceframe automotive structures SAE Technical Series Report No: 905178 (1990),pp.465-471

[3] Aluminium Extruders Association, The Aluminium Car (Shapemakers, Al Extruders Assoc.) 29 (1995) 14.

[4] Alüminum in commercial vehicles, Pechiney Rhenalu, Tour Manhattan-6, place de l'Iris Paris La Defense 2-92400 Courbevoie-France

[5] SHROEDER K.J., Adhesives for Structural Bonding of Aluminium Vehicles, Proceedings of the International Conference on Body Engineering, Body Assembly and Manufacturing, vol. 10, Warren 1994, pp. 10-30.

[6] DINNIE L., STICKING P.G, with it, Engineering (Vehicle Eng. and Desing) 235 (10) (1995) 17-18.

[7] WHEERLER M..J., STICKING P.G., KEWBY D., Aluminum structured vehicle technology- comprehensive approach to vehicle desing and manufacturing in Al, SAE technival series, Report No. 870146 (1987)

[8] VASILASH G.S., The lotus elise La technological tour de force, Automotive Manufacturing and Production 109 (3) (1999) 40-43.

[9] KOMATSU Y., ARI T., ABE H., SATO M., NAKAZAWA Y., Appl. aluminium automotive body for Honda NSX, SAE technical series, Report No. 910548 (1991)

[10] RUSHFORTH M.W., BOWEN P., Mc ALPINE E., ZHOU X., THOMPSON G.E., The effect of sun face pre-treat. and moisture on the fatique performance of dhesively bonded aluminium J. Mater Process. Tech. 153-154 (2004) 359-365

[11] ROBINSON J.J., PAUHBY I.R., Joining techniques for aluminium components in design, JOM (2) (2003) 6-10.

[12] BARNES T.A., PASHBY I.R., Joining techniques for aluminium space framer used in automobiles Part II . Adhesive bonding and mechanical fastness, J.Mates. Process Technol. 99 (2000) 72-79

[13] GOURD L.M., Fundamentals of Welding-Principles of Welding Technology, ch. 7, 3rd ed. Arnold, 1995.

[14] ADDERLEY C.S., Adhesive bonding, Materials and Desing 9(5) (1988) 287-293

[15] YORKGITIWS E.M., MARHEVKA V.C., LAMON A., Bonding of aluminium structures with advanced 1K and 2K adhesives, SAE technical series, Report No. 95725 (1995)

[16] Mc. GRANTH G., Not sticking to tradition – a guide to adhesive bonding, Bulletin 3 (TWI) 32(3) (1991) 64-67

[17] KALPAKJIAN S., Manufacturing Engineering and Technology, ch. 30, 2nd rd. Addison – Wesley, New York, 1992.

[18] PITCHFORD N., The art of bonding.The Industrial Robot 16(3) (1989) 135 – 137

[19] WATSON G., Rover Group, Private communication, 1996.

[20] JONES T.B., The mechanism of weldbonding and the properties of weldbonding joints, Proceedings of the Materials for Lean Weight Vehicles Conference, Institute of Materials, pp. 101 - 113

[21] BISHOPP J.A., Ther Adhesively bonded Al joint: the effect of pre-treatment on durability, J.Adhesion 26(6) (1988) 237 – 263

[22] MEAKIN V., Rover Group, Private communication, 1995.

[23] PATRICK E.P., SHARP M.L., Joining methods for Al. car body structures, Proceedings of Automotive Technology International Conference, Sterling Publishing Group, 1993, pp. 61– 70.

[24] MUNNS I., GEORGIOU G.A., Non-destructive testing methods for adhesively bonded joint inspection-a review, Insight 37(12) (1995) 941-952.

[25] MUNNS I., Adhesive bonding inspection using non-destructive testing, Materials World 3(11) (1995) 527-529.

[26] MATTHEWS F.L., Joining Fibre-Reinforced Plastics, ch. 7, Elsevier, Amsterdam; 1987.

[27] SHAW S.J., TODD D.A., Adhesive bonding in severe environments, Materials World 2(10) (1994) 523 – 525.

[28] HILL H., Proceedings of the International Conference on Body Engineering, Body Assembly and Manufacture, vol. 8, Warren, 1994, pp. 1 – 9.

[29] SNOOK S., Joint ventures, Engıneering 237(9) (1997) 84.

[30] EMMELMANN C., Robotic laser welding in the automotive industry,Welding and Metal Fabrication 65(3) (1997) 7 – 8.

[31] WHEELER M.J., SHEASBY P.G., KEWLWY D., Aluminium structured vehicle techlogy-a comprehensive approach to vehicle design and manufacturing in aluminium, SAE Technical Paper series No 870146. 1987

[32] Alüminum semi-finished products, Pechiney Rhenalu, Tour Manhattan-6, place de l'Iris Paris La Defense 2-92400 Courbevoie-France

[33] Bus Fahrt, Die İnternationale Fachzeitschrift für Technik und Touristik,15.11.2004, K 2025, sayfa B9

[34] Sika, ürün tanıtım CD'si, SIKA Yapı Kimyasalları A.Ş. Çamlıçeşme Mah. Sanayi Cad. Kaynarca - Pendik 34899, İstanbul / Turkey

[35] Loctite Worldwide Design Hand Book, 2. Baskı, Loctite European Group Arabellastrasse 17 D-81925 Munich, Germany, sayfa 22-42,148-162

[36] MAN 262 Werknorm Tecsnise Lieferbedingungen

[37] DIN 50 017 Klimate und ihre technische Anwendung, Kondenswasser – Prüfklimate

[38] DIN 50021 Sprühnebelprüfungen mit verschiedenen Natriumchlorid– Lösungen

[39] Gex – Method, Mo 070E, ıssue 03, Code System for Adhesion Tests, seite 3

[40] Askaynak Ürün Kataloğu, 5.Baskı, Temmuz 2003

[41] DIN 50125:2004-01 Prüfung metallischer Werkstoffe-Zugprobe Form H, S. 10

[42] DIN 8559, Jul 1984 Schwıβzusätze für Schutzgasschweiβen

[43] GEDIKTAŞ M., Makina elemanları problemleri, 2. Baskı,1989, sayfa 13-20

[44] Borusan birleşik boru fabrikaları A.Ş, Kalite Kontrol Raporu, Rapor No: 7031301,15.03.2004

[44] MAN Lion's Top Coach katalog resimleri ve teknik değerleri

[45] SHAMES S, IRWING H, Statics abd Dynamics, 2nd. Edition, Prentence-Hall of Indıa 1980, P. 173

[46] BEER F. P., RUSSELL Johnston Jr E.,Vector Mechanics for Engineers, Dynamics, 2. SI. Metric Edition, sayfa 583,793

[47] ÇETİNKAYA S., Taşıt Mekaniği, Ankara 1999, 2.Baskı, sayfa 243 – 245

[48] Goodyear Technical Center – Louxemburg (GTC-L) Lasboratuvarı sonuçları, s.7,1997

[49] Hilger u. Kern / Dopag Dosiertechnik, Booster-Mix P200/250/160-P30 ürün kataloğu

[50] OĞUR A., ''Yapıştırılan ve nokta kaynağı yapılan yüksek mukavemetli çeliklerin kombine bağlantılarının çeşitli ortam şartlarındaki davranışları'', İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora tezi, kasım 1986

[51] Istanbul Fruehauf Treyler San. A.Ş, Mühendislik Departmanı, maliyet analiz verileri

ÖZGEÇMİŞ

Celalettin Baykara, 15 kasım 1965 yılında Konyada doğmuştur. İlk öğretimini İzmir ve orta öğrenimini Manisa'da tamamladıktan sonra 1987 yılında Dokuz Eylül Üniversitesi İzmir Meslek Yüksek Okulu, Makina Resim & Konstüksiyon bölümünü, 1995 yılında Doğu Akdeniz Üniversitesi Makine Mühendisliği bölümünü bitirdi, 1997 yılında Celal Bayar Üniversitesi Makine Mühendisliği bölümünde yüksek lisansını tamamladı.

Evli ve iki kız çoçuğu bulunan Celalettin Baykara şu an özel bir şirkette Tasarım Mühendisi olarak çalışmaktadır.