

**T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

KOMPOZİT MOTORYAT TASARIMI

KAAN ERSUNAY

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
GEMİ İNŞAATI VE GEMİ MAKİNELERİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**DANIŞMAN
YRD. DOÇ. DR. İSMAİL BAYER**

İSTANBUL, 2011

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KOMPOZİT MOTORYAT TASARIMI

Kaan ERSUNAY tarafından hazırlanan tez çalışması 15.06.2011 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gemi İnşaatı ve Gemi Makineleri Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Yrd. Doç. Dr. İsmail BAYER

Yıldız Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Yrd. Doç. Dr. İsmail BAYER

Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Aydoğan ÖZDAMAR

Yıldız Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Zafer KÜTÜĞ

Yıldız Teknik Üniversitesi

ÖNSÖZ

Bu çalışmada, önceden tasarlanmış 30 knot hızında ve 31 metre boyundaki bir kompozit motoryat modeli için mühendislik ve dayanım parametreleri optimize edilerek, en ideal kompozit malzeme seçimi yapılmış, yani, motoryatın her bir bölümü için laminasyon planı oluşturulmuştur. Bu çalışmayı hazırlamam sırasında benden yardımlarını esirgemeyen değerli hocalarımız, Yrd. Doç. Dr. İsmail BAYER'e, Prof. Dr. Aydoğan ÖZDAMAR'a ve Doç. Dr. Zafer KÜTÜĞ'e teşekkür ederim.

Haziran, 2011

Kaan ERSUNAY

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ	viii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xii
ÇİZELGE LİSTESİ	xiii
ÖZET	xiv
ABSTRACT	xvi
BÖLÜM 1	
GİRİŞ	1
1.1 Literatür Özeti	3
1.2 Tezin Amacı	3
1.3 Bulgular	3
BÖLÜM 2	
BASINÇ HESAPLARI.....	5
2.1 Tekne Kabuğuna Etki Eden Hidrodinamik Dalga Basınç Hesabı	5
2.2 Tekne Kabuğuna Etki Eden Hidrostatik Basınç Hesabı.....	7
2.3 Açık ve Kapalı Güverteye Etki Eden Basınç Hesabı	8
2.4 Deplasman Konumunda Oluşacak Çarpışma Basınç Hesabı	9
2.5 Kayma Konumunda Oluşacak Çarpışma Basınç Hesabı	10
2.6 Bordada Oluşacak Çarpışma Basınç Hesabı	11
2.7 Deplasman Konumunda Oluşacak Baş Kısım Çarpışma Basınç Hesabı.....	11
2.8 Kayma Konumunda Oluşacak Baş Kısım Çarpışma Basınç Hesabı	12
2.9 Çarpışma Basınç Hesabı	12
2.10 Ana Üst Güverte Yapısı, Ana Güverte Yaşam Mahalleri ve Ana Güverte Üstü Yerleşimler Basınç Hesabı.....	13
2.11 Su Geçirmez Perdeler ve Dip Tank Perdeleri Basınç Hesabı	14
2.12 Tank Basınç Hesapları	15

BÖLÜM 3

KAYMA KONUMUNDA DENİZ ARAÇLARININ DİZAYN BASINÇ HESABI.....	16
3.1 Dip Kaplama Basınç Hesabı.....	16
3.2 Bileşenler	19
3.2.1 Açık Güverte Basınç Hesabı.....	19
3.2.2 Yeke Dairesi Tavan Basınç Hesabı	20
3.2.3 Kapalı Güverte Basınç Hesabı.....	20
3.2.4 Ana Güverte Üst Bina, Ana Güverte Yaşam Mahalleri ve Ana Güverte Üstü Yerleşimler Basınç Hesabı	21
3.2.5 İç Dip Basınç Hesabı.....	24

BÖLÜM 4

EĞİLME MOMENTİ HESAPLARI	26
4.1 Düşey Dalga Eğilme Moment Hesabı.....	26
4.1.2 Dalga Çukuru Konumu Eğilme Momenti Hesabı.....	27
4.1.3 Dalga Tepesi Konumu Eğilme Momenti Hesabı	28

BÖLÜM 5

KESME KUVVETİ HESAPLARI	29
5.1 Pozitif Dalga Kesme Kuvveti Hesabı.....	29
5.2 Negatif Dalga Kesme Kuvveti Hesabı	30

BÖLÜM 6

DİNAMİK HALDEKİ KESME KUVVETLERİ ETKİSİNDEKİ EĞİLME MOMENTİ HESABI	32
--	----

BÖLÜM 7

DİNAMİK HALDEKİ KESME KUVVETİ HESABI	35
--	----

BÖLÜM 8

MAXSURF YAZILIMI İLE BOYUNA MUKAVEMET ANALİZİ	37
8.1 Tam Yüklü Durum	37
8.1.1 Sinüoidal Dalga Konumu.....	38
8.1.2 Trokoidal Dalga Konumu	39
8.1.3 Mastorideki Dalga Konumu.....	40

BÖLÜM 9

LAMİNASYON PLANLARI	42
9.1 Gövde Kaplaması Laminasyon Planları Hesabı	43
9.1.1 Dip Kaplama Laminasyon Planlarının Belirlenmesi	44
9.1.1.1 ANSYS Yazılımı İle Dip Kaplaması Hesaplama Sonuçları.....	47
9.1.2 Borda Kaplaması Laminasyon Planlarının Belirlenmesi	49
9.1.2.1 Dış Katman Laminasyon Planlarının Belirlenmesi	51

9.1.2.2	İç Katman Laminasyon Planlarının Belirlenmesi.....	52
9.1.2.3	Balsa Hattında Boyuna Gerilme Kontrolü.....	53
9.1.3	Küpeşte Takviye Laminasyon Planlarının Belirlenmesi	54
9.1.4	Omurga Bölgesi Laminasyon Planlarının Belirlenmesi.....	55
9.2	Gövde Kabuk Elemanlarının Laminasyon Planlarının Hesabı	56
9.2.1	Borda Üst Stringer Laminasyon Planlarının Belirlenmesi.....	56
9.2.1.1	Borda Üst Stringer Limit Çökme Değerleri Hesabı	59
9.2.2	Borda Alt Stringer Laminasyon Planlarının Belirlenmesi	59
9.2.2.1	Borda Alt Stringer Laminasyon Takviyeleri Planlarının Belirlenmesi.....	60
9.2.3	Stringer 3 Laminasyon Planlarının Belirlenmesi.....	60
9.2.3.1	Stringer 3 Laminasyon Takviyeleri Planlarının Belirlenmesi.....	60
9.2.4	Stringer 2 Laminasyon Planlarının Belirlenmesi.....	60
9.2.5	Stringer 1 Laminasyon Planlarının Belirlenmesi.....	61
9.2.5.1	Stringer 1 Laminasyon Takviyeleri Planlarının Belirlenmesi.....	61
9.2.6	Dip Kaplama Stringer Limit Çökme Değerleri Hesabı.....	61
9.3	ANSYS Yazılımı İle Borda ve Stringer Kaplaması Hesaplama Sonuçları.....	64
9.4	Gövde Yapısal Elemanların Laminasyon Planlarının Hesabı	66
9.4.1	Gövde Ana Boyuna Girder Laminasyon Planlarının Belirlenmesi	66
9.4.1.1	Gövde Ana Boyuna Girder Limit Çökme Değerleri Hesabı	67
9.4.2	Dip Kaplama Enine Postaların Laminasyon Planlarının Belirlenmesi.....	69
9.4.2.1	Dip Postalarda Kayma Gerilmesi Kontrolü	70
9.4.3	Borda Kaplaması Enine Postaların Laminasyon Planlarının Belirlenmesi	70
9.4.3.1	Enine Postaların Bağlantı Laminasyon Planlarının Belirlenmesi ..	71
9.5	Tankların Laminasyon Planlarının Hesabı	72
9.5.1	Yakıt Tankı ve Su Tankı Laminasyon Planlarının Belirlenmesi.....	73
9.5.1.1	Yakıt Tankı ve Su Tankı Yan Yüzünün Laminasyon Planlarının Belirlenmesi.....	73
9.5.1.2	Yakıt Tankı ve Su Tankı Ön Yüz Laminasyon Planlarının Belirlenmesi.....	74
9.5.1.3	Yakıt ve Su Tankı Limit Çökme Değerleri Hesabı	75
9.5.1.4	Pis Su ve Gri Su Tankları Laminasyon Planlarının Belirlenmesi ...	76
9.5.2	ANSYS Yazılımı İle Yakıt ve Su Tankı Hesaplama Sonuçları	77
9.6	Perdelerin Laminasyon Planlarının Hesabı	78
9.6.1	Enine Perdelerin Laminasyon Planlarının Belirlenmesi.....	78
9.6.1.1	Enine Perdeler Limit Çökme Değerleri Hesabı	79
9.6.2	Boyuna Perdeler Laminasyon Planlarının Belirlenmesi	80
9.6.3	ANSYS Yazılımı İle Enine Perde Hesaplama Sonuçları.....	82
9.7	Güverte Kaplaması Laminasyon Planları Hesabı.....	84
9.7.1	Açık Güverte Kaplaması Laminasyon Planlarının Belirlenmesi	84
9.7.1.1	Dış Katman Laminasyon Planlarının Belirlenmesi	85
9.7.1.2	İç Katman Laminasyon Planlarının Belirlenmesi.....	85
9.7.1.3	ANSYS Yazılımı İle Açık Güverte Kaplaması Hesaplama Sonuçları ..	87
9.7.2	Kapalı Güverte Kaplaması Laminasyon Planlarının Belirlenmesi.....	88
9.7.2.1	Dış Katman Laminasyon Planlarının Belirlenmesi	90

9.7.2.2	İç Katman Laminasyon Planlarının Belirlenmesi.....	90
9.7.2.3	ANSYS Yazılımı İle Kapalı Güverte Kaplaması Hesaplama Tablosu	92
9.7.3	Flybridge Ön ve Yan Kısımlar Laminasyon Planlarının Belirlenmesi ..	93
9.7.3.1	Dış Katman Laminasyon Planlarının Belirlenmesi	94
9.7.3.2	İç Katman Laminasyon Planının Belirlenmesi.....	95
9.7.3.3	ANSYS Yazılımı İle Flybridge Kaplaması Hesaplama Sonuçları	96
9.7.4	Ana Güverte – Üst Bina – Flybridge Arka Kısımlar Laminasyon Planlarının Belirlenmesi.....	98
9.7.4.1	Dış Katman Laminasyon Planının Belirlenmesi.....	99
9.7.4.2	İç Katman Laminasyon Planının Belirlenmesi.....	99
9.7.4.3	ANSYS Yazılımı İle Üst Bina Kaplaması Hesaplama Sonuçları	101
9.7.5	Irgat Güvertesi Laminasyon Planlarının Belirlenmesi	103
9.8	Güverte Yapısal Elemanlarının Laminasyon Planlarının Hesabı.....	104
9.8.1	Açık Güverte Stringer Laminasyon Planlarının Belirlenmesi.....	104
9.8.1.1	Açık Güverte Stringer Limit Çökme Değerleri Hesabı	106
9.8.2	Kapalı Güverte Stringer Laminasyon Planlarının Belirlenmesi.....	106
9.8.2.1	Kapalı Güverte Stringer Limit Çökme Değerleri Hesabı.....	107
9.8.3	Kapalı Güverte Enine Derin Posta Laminasyon Planlarının Belirlenmesi	108
9.8.3.1	Kapalı Güverte Derin Posta Limit Çökme Değeri Hesabı	109
9.8.4	Flybridge Açık Güverte Stringer Laminasyon Planlarının Belirlenmesi	110
9.8.4.1	Flybridge Açık Güverte Stringer Limit Çökme Değerleri Hesabı	111
9.8.5	Flybridge Enine Derin Postaların Laminasyon Planlarının Belirlenmesi	111
9.8.5.1	Flybridge Enine Derin Posta Limit Çökme Değerleri Hesabı.....	113
9.8.6	Irgat Güvertesi Enine Posta Laminasyon Planlarının Belirlenmesi ...	113
9.8.7	Irgat Güvertesi Boyuna Perde Laminasyon Planlarının Belirlenmesi	114
BÖLÜM 10		
31 METRE MOTOR YAT GENEL KOMPOZİT YAPI AĞIRLIK TABLOSU		116
BÖLÜM 11		
SONUÇ VE ÖNERİLER		119
KAYNAKLAR.....		121
ÖZGEÇMİŞ.....		124

SİMGE LİSTESİ

a_b	Baş kısımda oluşan düşey ivme, m/s^2
a_s	Kıç kısımda oluşan düşey ivme, m/s^2
a_v	Ağırlık merkezindeki düşey yöndeki ivme, m/s^2
a_x	Kıç dikeyden, incelenecek yerdeki mesafede su hattında oluşan düşey ivme, m/s^2
b	Desteklenmeyen panel genişliği, mm
B	Kalıp genişliği, m
b_i	Her bir katın genişliği, mm
B_w	Su hattındaki ağırlık merkezi boyuna konumundaki genişlik, m
c_b	Blok katsayısı
C_f	Tekne tipi faktörü
C_w	Dalga yüksekliği, m
D	Derinlik, m
D_f	Boyuna dağıtım faktörü
E_{ci}	Her bir katın basma yükü altındaki Young modülü, N/mm^2
E_{cp}	Levhanın basma yükü altındaki Young modülü, N/mm^2
E_{cps}	Kompozit lamine levhadaki basma yükü altındaki Young modülü, N/mm^2
E_F	Elyafların çekme yükü altındaki Young modülü, N/mm^2
e_f	Levhadaki eğilme gerilmesi, N/mm^2
E_{fp}	Levhadaki eğilme halindeki Young modülü, N/mm^2
E_i	E_{ti} veya E_{ci} olarak her bir katın tarafsız eksenin üstü veya altı konumunda ki değeri, N/mm^2
E_R	Reçinenin çekme yükü altındaki Young modülü, N/mm^2
E_{ti}	Her bir katın çekme yükü altındaki Young modülü, N/mm^2
E_{tp}	Levhadaki çekme yükü altındaki Young modülü, N/mm^2
E_{tps}	Kompozit lamine paneldeki çekme yükü altındaki Young modülü, N/mm^2
f_{ci}	Her bir kattaki kütlece elyaf yüzdesi
f_d	Gövde formu basınç faktörü
f_f	Baş kısım çarpışma – dövünme basıncı faktörü
f_L	Açık güvertelerdeki konum faktörü
f_z	Düşey dağıtım faktörü

G	Kompozit yapıdaki çekirdek malzemenin kayma modülü, N/mm^2
G_A	Su hattından incelenen yere olan minimum düşey uzaklık, m
G_f	Servis alanı faktörü
G_0	Ağırlık merkezi boyuna konumdaki gövde çeneleri arası uzaklık, m
h_b	Yüklemeden veya yükten kaynaklanan seviye düşey uzaklığı, m
H_f	Gövde tipi faktörü
H_{O3}	Güvenlik dahilinde ki dalga yüksekliği, m
H_{rm}	Düşey hareket bağıntısı, m
$H_{1/3}$	Dalga yüksekliği, m
I_i	Her bir katın 1 cm uzunluğundaki kesitinin ikinci alan momenti, cm^4
I_p	Panelin 1 cm uzunluğundaki kesitinin ikinci alan momenti, cm^4
k_A	$85/\sigma_u$
K_{pc}	Boyuna dağıtım faktörü
k_r	Dalga basıncı gövde formu faktörü
k_s	Kompozit lamine panel düzeltme oranı faktörü
l_e	Stifner desteksiz efektif boyu, m
L_R	Tam boy, m
L_R	Kural boyu, m
L_{wl}	Su hattı boyu, m
M	Eğilme momenti, Nm
M_{DW}	Mastorideki dövünmeden dolayı oluşan dinamik eğilme momenti, Nm
m_{Fi}	Her bir kattaki metrekare olarak elyaf ağırlığı, gr/m^2
M_w	Düşey dalga eğilme momenti, Nm
p	Dizayn basıncı, kN/m^2
P_{bh}	Dip tank perdelerine ve su geçirmez perdelere etki eden dizayn basıncı, kN/m^2
P_{BF}	Dip stifnerlerdeki dizayn basıncı, kN/m^2
P_{BP}	Dip kaplamadaki dizayn basıncı, kN/m^2
P_{CRF}	Yeke dairesi tavan stifner dizayn basıncı, kN/m^2
P_{CRP}	Yeke dairesi tavan dizayn basıncı, kN/m^2
P_d	Açık güvertelerdeki dizayn basıncı, kN/m^2
P_{dh}	Dip yaralanma basıncı, kN/m^2
P_{DHF}	Üst güverte yapısı ve diğer güverte bileşenleri stifner dizayn basıncı, kN/m^2
P_{dhp}	Üst güverte yapısı ve diğer güverte bileşenleri dizayn basıncı, kN/m^2
P_{DHP}	Üst güverte yapısı ve diğer güverte bileşenleri dizayn basıncı, kN/m^2
P_{dlb}	Dövünme hareketinden oluşan dip çarpışma basıncı, kN/m^2
P_{dls}	Borda kaplaması yaralanma basıncı, kN/m^2
P_f	Baş kısım çarpışma – dövünme basıncı, kN/m^2
P_h	Su hattına kadarki hidrostatik basınç dağılımı, kN/m^2
P_{IDF}	Kapalı güverte stifner dizayn basıncı, kN/m^2
P_{IDP}	Kapalı güverte dizayn basıncı, kN/m^2
P_{IBF}	İç dip stifner dizayn basıncı, kN/m^2
P_{IBP}	İç dip kaplama basıncı, kN/m^2
P_m	Su hattına kadarki hidrodinamik basınç dağılımı, kN/m^2

P_p	Su hattına kadarki hidrodinamik basınç dağılımı, kN/m^2
P_{pc}	Çarpışma basıncı, kN/m^2
P_S	Hidrodinamik ve hidrostatik etkilerin bir arada kaplama üzerine yaptığı basınç, kN/m^2
P_{SF}	Borda kaplaması stifner dizayn basıncı, kN/m^2
P_{SP}	Borda kaplaması dizayn basıncı, kN/m^2
P_t	Mastorideki dip kaplama üzerinde oluşacak ek efektif basınç, kN/m^2
P_w	Hidrodinamik dalga basıncı, kN/m^2
P_{WDF}	Açık güverte stifner dizayn basıncı, kN/m^2
P_{WDP}	Açık güverte dizayn basıncı, kN/m^2
P_{wh}	Açık ve kapalı güvertelerdeki basınç dağılımı, kN/m^2
P_{wl}	Açık ve kapalı güvertelerdeki basınç dağılımı, kN/m^2
P_{wl}	Açık ve kapalı güvertelerdeki dizayn basıncı, kN/m^2
Q_{DW}	Dinamik haldeki kesme kuvveti, N
Q_W	Dalga kesme kuvveti, N
s	Stifnerler arasındaki mesafe, m
S_f	Servis tipi faktörü
T	Su çekimi, m
t_c	Çekirdek malzeme kalınlığı, mm
t_i	Her bir katın kalınlığı, mm
t_p	Panel kalınlığı, mm
t_s	Ortalama yüzey kalınlığı, mm
T_x	Mastorideki kaide hattından dizayn su hattı arasındaki düşey uzaklık, m
V	Servis hızı, m/s
V_{Fi}	Her bir kattaki hacimce elyaf oranı
V_R	Çarpışma durumundaki düşey hız, m/s
W_{Fi}	Her bir kattaki elyafın yüzdece kütle oranı
x_a	Kıç dikeyden incelenecek bölgedeki su hattı üzerindeki yatay uzaklık, m
x_i	Her bir katın merkezinin levha veya kompozit levha yüzeyinden olan uzaklığı, mm
x_L	Tarafsız eksenin levha veya kompozit levha yüzeyinden olan uzaklığı, mm
x_{LCG}	Su hattı bitişindeki kıç dikeyden ağırlık merkezine olan yatay uzaklık, m
x_S	Tarafsız eksenin levha veya kompozit levha dış yüzeyinden olan uzaklığı, mm
x_{wl}	Su hattı kıç kısımdan ağırlık merkezine olan yatay uzaklık, m
y_i	Her bir katın en dış yüzeyinden tarafsız eksene olan mesafe, mm
z	Baseline hattından ağırlık merkezine olan düşey uzaklık, m
z_k	Omurga dip hattından kaide hattına düşey uzaklık, m
θ_B	Dip kaplamadaki kısımlarda yaralanmadan oluşacak ortalama yalpa açısı
θ_B	Trim açısı
θ_D	Ağırlık merkezinde yaralanmadan oluşacak ortalama yalpa açısı
θ_S	Borda kaplamadaki kısımlarda yaralanmadan oluşacak ortalama yalpa açısı
Δ	Deplasman, ton
∇_{pc}	Güverte çarpışma faktörü
∂_f	Stifner tipi faktörü
σ_{ci}	Her bir katta oluşan maksimum basma gerilmesi, N/mm^2

σ_{ti}	Her bir katta oluşan maksimum çekme gerilmesi, N/mm ²
σ_u	Panelin maksimum çekme dayanımı, N/mm ²
ζ_{Fi}	Her bir kattaki elyafın öz kütlesi, gr
ζ_{Ri}	Her bir kattaki reçinenin öz kütlesi, gr
Γ	Taylor bölümü
ν_F	Elyafın Poisson oranı
ν_R	Reçinenin Poisson oranı

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 8. 1	Sinusoidal dalga konumundaki moment, kesme kuvveti ve yük diyagramı.	38
Şekil 8. 2	Trokoidal dalga konumundaki moment, kesme kuvveti ve yük diyagramı .	39
Şekil 8. 3	Mastorideki konumdaki moment, kesme kuvveti ve yük diyagramı.....	40
Şekil 9. 1	Tekne orta kesit elemanları tanıtımı.....	43
Şekil 9. 2	ANSYS dip kaplaması gerilme grafiği.....	47
Şekil 9. 3	ANSYS dip kaplaması gerilme görüntüsü	47
Şekil 9. 4	ANSYS dip kaplaması çökme görüntüsü.....	48
Şekil 9. 5	ANSYS borda kaplaması gerilme görüntüsü.....	64
Şekil 9. 6	ANSYS borda kaplaması çökme görüntüsü	65
Şekil 9. 7	ANSYS yakıt ve su tankı gerilme görüntüsü	77
Şekil 9. 8	ANSYS yakıt ve su tankı çökme görüntüsü	77
Şekil 9. 9	ANSYS enine perde gerilme grafiği	82
Şekil 9. 10	ANSYS enine perde gerilme görüntüsü.....	82
Şekil 9. 11	ANSYS enine perde çökme görüntüsü	83
Şekil 9. 12	ANSYS açık güverte gerilme grafiği	87
Şekil 9. 13	ANSYS açık güverte gerilme görüntüsü.....	87
Şekil 9. 14	ANSYS açık güverte çökme görüntüsü	88
Şekil 9. 15	ANSYS kapalı güverte gerilme grafiği	92
Şekil 9. 16	ANSYS kapalı güverte gerilme görüntüsü	92
Şekil 9. 17	ANSYS kapalı güverte çökme görüntüsü	93
Şekil 9. 18	ANSYS flybridge gerilme grafiği.....	96
Şekil 9. 19	ANSYS flybridge gerilme görüntüsü	97
Şekil 9. 20	ANSYS flybridge güverte çökme görüntüsü	97
Şekil 9. 21	ANSYS üst bina gerilme grafiği	101
Şekil 9. 22	ANSYS üst bina gerilme görüntüsü	101
Şekil 9. 23	ANSYS üst bina çökme görüntüsü	102

ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 9. 1	Dip kaplama laminasyon planı hesaplama tablosu 46
Çizelge 9. 2	Borda laminasyon planı hesaplama tablosu 52
Çizelge 9. 3	Küpeşte laminasyon planı hesaplama tablosu 54
Çizelge 9. 4	Üst küpeşte laminasyon planı hesaplama tablosu 55
Çizelge 9. 5	Lumboz ve çevresi laminasyon planı hesaplama tablosu 55
Çizelge 9. 6	Dip kaplama stringer laminasyon planı hesaplama tablosu 63
Çizelge 9. 7	Borda stringer laminasyon planı hesaplama tablosu 63
Çizelge 9. 8	Gövde ana girder laminasyon planı hesaplama tablosu 69
Çizelge 9. 9	Enine postaların laminasyon planı hesaplama tablosu 72
Çizelge 9. 10	Yakıt tankı ve su tankı laminasyon planı hesaplama tablosu 75
Çizelge 9. 11	Enine perdeler laminasyon planı hesaplama tablosu 80
Çizelge 9. 12	Boyuna perdeler laminasyon planı hesaplama tablosu 81
Çizelge 9. 13	Açık güverte laminasyon planı hesaplama tablosu 86
Çizelge 9. 14	Kapalı güverte laminasyon planı hesaplama tablosu 91
Çizelge 9. 15	Flybridge ön ve yan kısımlar laminasyon planı hesaplama tablosu 95
Çizelge 9. 16	Ana güverte, üst bina, flybridge arka kısımlar laminasyon planı hesaplama tablosu 100
Çizelge 9. 17	Açık güverte stringer laminasyon planı hesaplama tablosu 105
Çizelge 9. 18	Kapalı güverte stringer laminasyon planı hesaplama tablosu 107
Çizelge 9. 19	Kapalı güverte enine derin posta laminasyon planı hesaplama tablosu 109
Çizelge 9. 20	Flybridge açık güverte stringer laminasyon planı hesaplama tablosu .. 111
Çizelge 9. 21	Flybridge enine derin posta laminasyon planı hesaplama tablosu 113
Çizelge 10. 1	Gövde kaplaması ağırlık tablosu 117
Çizelge 10. 2	Yapısal elemanlar ağırlık tablosu 117
Çizelge 10. 3	Tank ve bağlantıları ağırlık tablosu 118
Çizelge 10. 4	Güverte kaplaması ve yapısal elemanlar ağırlık tablosu 118
Çizelge 10. 5	Kesme kuvveti ve eğilme momenti değerleri özet tablosu 119
Çizelge 10. 6	Gerilme ve çökme değerleri özet tablosu... 120

KOMPOZİT MOTORYAT TASARIMI

Kaan ERSUNAY

Gemi İnşaatı ve Gemi Makineleri Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. İsmail BAYER

Bu çalışmada 30 knot hızında ve 31 metre boyundaki bir kompozit motoryatın tasarımı, bilgisayar destekli modellemesi ve oluşturulan modele göre laminasyon planının oluşturulması için modele gerçekte seyir esnasında etki edecek olan yükler, yük bileşenleri, eğilme momentleri büyüklükleri belirlenmiştir. Her bir bölümde belirlenen nitelikler, bir sonraki aşamaya geçmeyi sağlamaktadır. Asıl amaç, bu modele uygun, modelin değişik bölgelerindeki yük dağılımlarına, gerilme ve eğilme momentlerine karşı her kısım için kompozit malzeme seçimi yapmaktır. Bir diğer aşamada da, bu kompozit malzeme seçimi yapılan bölgelerin simülasyonu açısından, sonlu elemanlar yöntemi kullanarak, üç boyutlu modellenen yapılar üzerinde, yapı malzemelerini de göz önünde bulundurarak hesaplama yapan, ANSYS yazılımı ile de teorik yaklaşım sonuçları ve simülasyon sonuçlarını karşılaştırmak amaçlanmıştır.

Ayrıca, bu çalışmada özellikleri belirtilen motoryat, Lloyd's Register, İngiliz Loydu kuralları gereği inşaa edilmek istenmiştir. Bu yüzden, mukavemet ilkeleri açısından bu loyd kuruluşu tarafından belirlenen kriterlere ve mukavemet ilkelerine göre yük boyutları, gerilme ve eğilme momenti büyüklükleri hesaplanmıştır. Ayrıca, yine bu çalışmada hesaplanan kuvvet, yük ve moment değerleri, karşılaştırma açısından herhangi bir yüzer yapı formunun, belirtilen kontrol noktaları ve spline teknikleri yardımı ile, bilgisayar ortamında modellenmesi için tasarlanmış bir yazılım olan MAXSURF paket programı içindeki HYDROMAX yazılımı kullanılarak da karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma sonucunda da görülmüştür ki, Lloyd's Register, İngiliz

Loydu'nun, hesap ve mukavemet değerlerindeki emniyet faktörü kat sayılarından kaynaklanan büyüklüklerin, bilgisayar ortamında yapılan analiz sonuçlarındaki büyüklüklerden fazla olması, yat üreticileri açısından göz ardı edilemeyecek bir gerçek olmuştur. Bir sonraki aşama olan kompozit malzeme planlarının belirlenmesi için Lloyd's Register, İngiliz Loydu'nun öngördüğü hesaplanan değerler kullanılacaktır.

Anahtar Kelimeler: Kompozit malzeme, laminasyon planı, model, loyd, mukavemet, simülasyon, motoryat, seyir, kuvvet, yük, gerilme, eğilme momenti, sonlu elemanlar yöntemi, spline, yazılım, paket program, yapı, emniyet faktörü.

COMPOSITE MOTOR YACHT MODELING

Kaan ERSUNAY

Department of Naval Architect and Marine Engineering

MSc. Thesis

Advisor: Assist. Prof. Dr. İsmail BAYER

In this study, loads, load components, bending moments that will affect the model during movement are determined for computer based modeling a 30 knots speed and 31m length of composite motor yacht and for constituting the lamination plan of the model. Qualifications identified in each segments, obtain a pass to the next phase. The main purpose is to choose the appropriate composite material for this model and for the load distributions, stress and bending moments, in each different section. In another stage, comparison of theoretical approach and simulation results for the strength of chosen composite material, by using ANSYS which uses finite element methods in its calculation on 3D structures, which include structural materials, software is aimed.

In this study also the motor yacht stated in this study has aimed to be constructed according to Lloyd's Register, English Lloyd's regulations. Regarding this aim, weight sizes, stresses and bending moments are calculated due to the strength principals of this Lloyd constitution. Also, in this study, calculated values of force, weight and moment are compared with HYDROMAX software within MAXSURF software pack which is created for floating structure form modelling with defined control points and spline technics. As a result of this comparison, it is seen that the safety factors of calculations and strength values that Lloyd's Register, English Lloyd had applied have become real facts for yacht manufacturers which cannot be ignored. In next phase

which is for definition composite material plans, Lloyd's Register, English Lloyd's predicted value calculations will be applied.

Keywords: Composite material, lamination plan, model, loyd, strength, simulation, motor yacht, movement, force, load, stress, bending moment, finite element method, spline, software, software pack, structure, safety factor.

1.1 Literatür Özeti

Daha önceden kompozit levhalar üzerine yapılan çalışmalara değinecek olursak; (Çetkin [31]) çalışmasında, farklı mesnetlenmiş izotropik dikdörtgensel serbest levhaların doğal titreşimlerini Diferansiyel Quadrature Eleman Metodu (QEM) ile Galerkin'in sonlu elemanlar kombinasyonu ile oluşturulan Hibrid Eleman Metodu (HEM) yardımı ile elde edilen çözümleri sunulmuştur. (Çetkin [31]) çalışmasında kesik mesnetli, nokta mesnetli ve çizgisel mesnetli dikdörtgensel levha yapılarında elde edilen çözümler, diğer araştırmacıların çözümleriyle ve sonlu elemanlar analizi ile çözüm yapan ANSYS yazılımı ile elde edilen değerler karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonuçlarında değerlerin uyumlu olduğu görülmüştür. Temel levha elemanının fiziksel büyüklüklerinin matris sistemine yerleştirilmesi, iç ve sınır bölgelerinde istenilen noktasal ve çizgisel mesnetleme koşullarının sağlanabilmesi, sonlu elemanlar analizi sistemlerine benzetilmesi ile daha kolay uygulama alanı bulmuştur. Çalışma sonucunda, Diferansiyel Quadrature metotlarında kaçınılan problemler, serbest kenar problemlerinde hibrid eleman metodunun daha iyi sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir.

Bir diğer kompozit çalışması olan (Özben [32]) çalışmasında, kompozit malzemeler ile ilgili olarak çekirdek bölümü çelik, yüzey örtüsü ise farklı kompozit levhalardan oluşan kompozit panelin düşey yük altındaki çökme miktarları hesaplanmıştır. Farklı levha boyut oranları ve farklı sınır şartlar için, kompozit levhanın çökme miktarları incelenmiştir. Böylelikle, farklı elastisite modülüne ve yüzey örtüsü kalınlıklarına sahip kompozit levhanın çökme miktarı analitik ve ANSYS yazılımı kullanılarak sonlu

elemanlar yöntemiyle elde edilmiş ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. (Özben [32]) çalışmasında kullanılan elastisite modülü, kalınlık ve Poisson oranı değerleri ve aralarındaki ilişki, bu tez çalışmasına yardımcı olmuştur. (Özben [32]) çalışması sonucunda kullanılan analitik yöntem ile ANSYS yazılımı kullanılarak yapılan sonlu elemanlar yöntemi ile bulunan çökme değerlerinin, uyumlu olduğu gözlemlenmiştir. Her iki mesnet durumunda çökme miktarlarının, yüzey örtüsü kalınlığına ve levha boyut oranına göre değişimi benzerdir. Ancak levha boyut oranı arttıkça, çökme miktarındaki artış değişiminin şiddeti de artmaktadır.

(Toma [33]) de bakılacak olunursa, üç adet kompozit levha 45 derece üçgen T bağlantısında basınç yükleri altında gerilme analizleri yapılmış ve bunların kendi arasındaki karşılaştırmalar yapılmıştır. Bu analizler yapılırken her bir kompozit malzemenin mekanik özelliklerinin tanımlanması, ANSYS yazılımına boyutların geometrik olarak tanımlanması, ANSYS yazılımı hesaplama sonuçlarındaki gerilme dağılımlarının incelenmesi ve karşılaştırmalarının yapılması bu tez çalışmasına yardımcı olmuştur.

(Çam ve Özdemir [34]) çalışmasında ise, kenarlarından basit mesnetlenmiş tabakalı kompozit levhalarda meydana gelebilen delaminasyonun burkulma yüküne etkileri incelenmiştir. Dört katmandan yani tabakadan oluşan fiber kompozit levhanın ANSYS yazılımında modellenmesi yapılmıştır. Modelleme esnasında kullanılan komutlar ve her bir katmanda bulunan malzemelerin mekanik özelliklerinin tanımlanması da bu tez çalışmasına öncülük etmiştir. Kullanılan levhalar arasında belirli delaminasyon bölgeleri mevcut olup, bu bölgelere değişik takviye açılarında burkulma yükleri hesaplanmıştır.

Son olarak, (Vatangül [35]) çalışmasında ise, bazı kompozit malzemelerin mekanik özelliklerinin mukavemet deneyleri ile tespit edilmesi çalışması yapılmıştır. Her bir elyaf dikiş yönündeki oryantasyon açısı değiştirilerek, malzemenin farklı oryantasyonlardaki davranışı ve dayanımı incelenmiştir. Daha sonra, tespit edilen bu mekanik değerler, ANSYS 10 yazılımına tanımlanarak malzemenin modellenmesi ve ısı gerilme analizi yapılmıştır. Bu aşamalarda ANSYS yazılımına tanımlanan yöntem, komut ve malzemelerin mekanik değerleri arasındaki ilişkiler ise bu tez çalışmasında kullanılmıştır. (Vatangül [35]) çalışması sonucunda, simetrik olarak tanımlanmış tabaka

boyunca gerilme dağılımının sabit olduğu görülmektedir. Kuvvetin değişimi, kalınlık boyunca olan gerilme değişimini aynı oranda etkilemektedir. Sıcaklığın, malzeme fiber dikişlerindeki oryantasyon açılarının karşısında gerilme değeri bakımından etkisiz olduğu, öte yandan anti simetrik fiber dikiş açısına sahip kompozit malzemelerde gerilmenin lineer olarak değiştiği de gözlemlenmiştir.

1.2 Tezin Amacı

Bu bölümde, 31 metre boyundaki motoryatın yapısal olarak tanımlanabilmesi için gereken motoryatın her bir bölgesine etki eden dizayn yük ve basınç değerleri Lloyd's Register (İngiliz Loydu) kuralları yardımı ile hesaplanmıştır. Ayrıca, boyuna eğilmeden oluşan eğilme moment ve kesme kuvveti değerleri, Lloyd's hesaplarından ampirik olarak elde edilmiştir. Karşılaştırma açısından, bilgisayar destekli tasarlanmış modeli elimizde bulunan motoryat, Maxsurf Hydromax yazılımının boyuna mukavemet modülü kullanılarak da analiz edilmiştir. Böylece, karşılaştırmalı olarak her durum göz önünde bulundurulmuştur. Daha sonra yapısal planlara geçilmiş ve Lloyds Register Guidance Notes For The Classification of Special Service Craft, Calculation Procedures For Composite Construction kural kitabı yardımıyla gerekli yapısal laminasyon planları belirlenmiştir. Yine motoryatın her bir kısmı için belirlenen laminasyon planlarını karşılaştırma açısından, ANSYS yazılımı kullanılarak belirlenen laminasyon planlarının analizi yapılmıştır. Böylece, Lloyd's hesaplamalarına göre elyaf katlarında oluşacak gerilme büyüklükleri ve dayanımlar karşılaştırılmıştır.

1.3 Bulgular

Bu çalışmada, İngiliz Loydu kurallarına göre inşa edilmek istenen kompozit motoryat modeli üzerinde, motoryatın her bir bölümü ve yapısal elemanı üzerine etki edecek Lloyd's ampirik formülleri yardımıyla hesaplanan basınç yüklerinin oluşturacağı kesme kuvveti ve eğilme momenti büyüklüklerinin, tekne inşasında yaygın olarak kullanılan bir bilgisayar yazılımı olan MAXSURF HYDROMAX yazılımının boyuna mukavemet analiz sonuçlarından elde edilen büyüklükler ile yakın olduğu saptanmıştır. Ancak, Lloyd's ampirik formüller yardımıyla hesaplanan kesme kuvveti ve eğilme momenti büyüklüklerinin daha büyük olmasının sebebinin, ampirik formüllerde kullanılan katsayı

değerlerinin, teknenin emniyeti açısından yüksek olmasından kaynaklandığı söylenebilir. Ayrıca, motoryatın her bir bölümü ve yapısal elemanı için, Lloyd's ampirik formülleri yardımıyla, basınç yükleri kullanılarak hesaplanan kalınlık değerlerine göre elyaf planları yani laminasyon planları tanımlanmıştır. Basınç yükleri altında, tanımlanmış olan bu laminasyon planlarında bulunan elyaf katmanlarında oluşacak gerilme ve çökme değerleri, Lloyd's ampirik formüller ve hesaplama tabloları kullanılarak belirlenmiştir. Belirlenen bu büyüklerin, sonlu elemanlar metodu kullanarak hesaplama yapan bir analiz programı olan ANSYS yazılımından elde edilen büyüklükler ile de yakın olduğu görülmüştür.

BÖLÜM 2

BASINÇ HESAPLARI

Bu bölümde, Lloyd's ampirik formülleri kullanılarak tekne gövdesine seyir esnasında etki edecek olan hidrodinamik dalga basıncı ve hidrostatik dalga basınç hesapları yapılacaktır. Ayrıca tekne gövdesine, teknenin manevra sırasında ve seyiri esnasında dövünmesinden dolayı oluşacak olan çarpışma basınç büyüklükleri de Lloyd's ampirik formülleri kullanılarak hesaplanacaktır. Teknenin diğer bölümlerinde, yani açık güvertelerde, kapalı güvertelerde, üst bina kaplamalarında, güverte elemanlarında, perde ve tank bölgelerinde, teknenin seyiri esnasında oluşacak basınç büyüklükleri de yine Lloyd's ampirik formüller yardımıyla bu bölümde hesaplanacaktır.

2.1 Tekne Kabuğuna Etki Eden Hidrodinamik Dalga Basınç Hesabı

Su hattına kadar olan hidrodinamik dalga basıncı, (2.1) eşitliği yardımıyla hesaplanır [2].

Burada,

f_z , düşey dağıtım faktörünü,

H_{rm} , düşey hareket bağıntısının metre olarak karşılığını simgeler.

$$P_m = 10 \times f_z \times H_{rm} \left(\frac{kN}{m^2} \right) \quad (2.1)$$

(2.2)'de düşey dağıtım faktörü hesabında,

z , kaide hattından ağırlık merkezine olan düşey mesafenin metre olarak karşılığını,

z_k , kaide hattından omurga hattına olan düşey mesafenin metre olarak karşılığını,

T_x , su çekiminin metre olarak karşılığını,

L_{wl} , su hattı boyunun metre olarak karşılığını simgeler.

$$f_z = k_z + (1 - k_z) x \left(\frac{z - z_k}{T_x} \right) \quad (2.2)$$

$$z_k = 0$$

$$z = 1,480 \text{ m}$$

$$T_x = 1,55 \text{ m}$$

$$k_z = e^{-u} \quad (2.3)$$

$$u = \left(\frac{2\pi T_x}{L_{wl}} \right)$$

$$L_{wl} = 26,05 \text{ m} ,$$

$$u = \left(\frac{2\pi 1,55}{26,05} \right), \quad u = 0,373$$

Değerler (2.3)'de yerine konulursa,

$$k_z = 2,718^{-0,373} = 0,688 \text{ bulunur.}$$

Yukarıda bulunan değerler yine (2.2)'de yerine konulursa düşey dağıtım faktörü aşağıdaki eşitlikten bulunur.

$$f_z = 0,688 + (1 - 0,688) x \left(\frac{1,480 - 0}{1,55} \right)$$

$$f_z = 0,985$$

(2.4)'de düşey hareket bağıntısı hesabında,

k_r , dalga basıncı gövde formu faktörünü,

c_w , dalga yüksekliğinin metre olarak karşılığını,

x_{wl} , kıç kısımda su hattının bittiği yerin metre olarak karşılığını simgeler.

$$H_{rm} = C_{wmin} \left(1 + \frac{k_r}{(0,2 + c_b)} \left(\frac{x_{wl}}{L_{wl}} - x_m \right)^2 \right) \quad (2.4)$$

$$k_r = 2,25, C_{wmin} = \frac{c_w}{k_m}, k_m = 1 + \frac{k_r (0,5 - x_m)^2}{(c_b + 0,2)} \quad (2.5)$$

$$x_m = 0,2 \text{ (min)}, c_b = 0,363 \text{ (blok katsayısı)}$$

$$k_m = 1 + \frac{2,25 (0,5 - 0,2)^2}{(0,363 + 0,2)} = 1 + \frac{0,2025}{0,563} = 1,36 \quad (2.6)$$

$$c_w = 0,0771 \times L_{wl} \times (c_b + 0,2)^{0,3} \times e^{(-0,0044 L_{wl})} \quad (2.7)$$

$$c_w = 0,771 \times 26,05 \times (0,363 + 0,2)^{0,3} \times 2,718^{(-0,0044 \times 26,05)}$$

$$c_w = 1,50$$

$$c_{wmin} = \frac{c_w}{k_m} = > \frac{1,50}{1,36} = 1,10, x_{wl} = 11 \text{ m} \quad (2.8)$$

$$H_{rm} = 1,10 \times \left(1 + \frac{2,25}{(0,363+0,2)} \times \left(\frac{11}{26,05} - 0,2 \right)^2 \right) \quad (2.9)$$

$$H_{rm} = 1,315$$

Yukarıda ki bulunan değerler (2.1)'de yerine konulursa aşağıdaki (2.10) eşitliği elde edilir.

$$P_m = 10 \times 0,985 \times 1,315 \Rightarrow P_m = 13 \frac{kN}{m^2} \quad (2.10)$$

Su hattına kadar olan hidrodinamik basınç dağılımı (2.11) eşitliği yardımıyla hesaplanır.

$$P_p = 10 \times H_{pm} \left(\frac{kN}{m^2} \right) \quad (2.11)$$

$$H_{pm} = 1,1 \times \left(\frac{2 x_{wl}}{L_{wl}} - 1 \right) \times \left(\sqrt{L_{wl}} \right) \quad (2.12)$$

$$H_{pm} = 1,1 \times \left(\frac{2 \times 11}{26,05} - 1 \right) \times \sqrt{26,05} < 0 \Rightarrow f_L \times \sqrt{L_{wl}} = 0,6 \sqrt{26,05} \Rightarrow H_{pm} = 3,06$$

Yukarıda ki bulunan değerler (2.11)'de yerine konulursa aşağıdaki (2.13) eşitliği elde edilir.

$$P_p = 10 \times 3,06 = 30,6 \frac{kN}{m^2} \quad (2.13)$$

2.2 Tekne Kabuğuna Etki Eden Hidrostatik Basınç Hesabı

Su hattına kadar olan hidrostatik dalga basıncı, (2.14) eşitliği yardımıyla hesaplanır [2].

Burada,

z , kaide hattından ağırlık merkezine olan düşey mesafenin metre olarak karşılığını,

z_k , kaide hattından omurga hattına olan düşey mesafenin metre olarak karşılığını,

T_x , su çekiminin metre olarak karşılığını simgeler.

$$P_h = 10 \times \left(T_x - (z - z_k) \right) \left(\frac{kN}{m^2} \right) \quad (2.14)$$

Daha önceden bulunan değerler (2.14)'de yerine konulursa aşağıdaki eşitlik elde edilir.

$$P_h = 10 \times (1,55 - (1,480 - 0)) \Rightarrow 0,7 \frac{kN}{m^2}$$

2.3 Açık ve Kapalı Güverteye Etki Eden Basınç Hesabı

Açık ve kapalı güverteye etki eden basınç, (2.15) eşitliği yardımıyla hesaplanır [2].

Burada,

L_{wl} , su hattı boyunun metre olarak karşılığı,

Γ , sabit bir sayı olan Taylor bölümünü,

f_L , açık güvertelerdeki konum faktörünü ifade eder.

$$P_{wh} = f_L (6 + 0,01 \times L_{wl}) \times (1 + 0,05 \times \Gamma) + E \left(\frac{kN}{m^2} \right) \quad (2.15)$$

$$f_L = 1,50$$

$$E = \frac{0,7 + 0,08 \times L_{wl}}{D - T} \left(\frac{kN}{m^2} \right) \quad (2.16)$$

$$E = \frac{0,7 + 0,08 \times 26,05}{4,44 - 1,55} = \frac{2,78}{2,89} \leq 1$$

$$\Gamma = \frac{V}{\sqrt{L_{wl}}} = \frac{30}{\sqrt{26,05}} = 5,88 \quad (2.17)$$

Yukarıda ki bulunan değerler (2.15)'de yerine konulursa aşağıdaki eşitlik elde edilir. Bu eşitlik deplasman konumundaki açık güverte basıncını verir.

$$P_{wh} = 1,50 \times (6 + 0,01 \times 26,05) \times (1 + 0,05 \times 5,88) + 1 = 13,52 \left(\frac{kN}{m^2} \right) \quad \text{açık}$$

güverteler için basınç değeri ve $9 \left(\frac{kN}{m^2} \right)$ kapalı güverteler için basınç değeridir.

Kayma konumundaki açık ve kapalı güverteye etki eden basınç (2.18) eşitliği yardımıyla hesaplanır.

Burada,

L_{wl} , su hattı boyunun metre olarak karşılığı,

a_v , ağırlık merkezinde düşey yöndeki ivmenin m/s^2 olarak karşılığı

f_L , açık güvertelerdeki konum faktörünü ifade eder.

$$P_{wl} = f_L \times (5 + 0,01 \times L_{wl}) \times (1 + 0,5 \times a_v) + E \left(\frac{kN}{m^2} \right) \quad (2.18)$$

Ağırlık merkezindeki düşey yöndeki ivmenin hesaplanmasında (2.19)'dan yararlanılmıştır.

Burada,

B_w , Su hattındaki ağırlık merkezi boyuna konumundaki genişliğin metre olarak karşılığını,

Γ , sabit bir sayı olan Taylor bölümünü,

θ_B , derece cinsinden trim açısını,

θ_D , derece cinsinden ağırlık merkezinde yaralanmadan oluşacak ortalama yalpa açısını,

L_1 ve H_1 değerleri de (2.20) eşitliğinden elde edilen büyüklüklerdir.

$$a_v = 1,5 \times \theta_B \times L_1 \times (H_1 + 0,084) \times (5 - 0,1 \times \theta_D) \times \Gamma^2 \times 10^{-3} \quad (2.19)$$

$$L_1 = \frac{L_{wl} \times B_c^3}{B_w \times \Delta}, H_1 = \frac{H_{1/3}}{B_w} \quad (2.20)$$

Yukarıda ki bulunan değerler (2.19)'da yerine konulursa aşağıdaki eşitlik elde edilir. Bu eşitlik bize düşey yöndeki ivmenin büyüklüğünü m/s^2 olarak verir.

$$a_v = 1,5 \times 3 \times \frac{26,05 \times 8,22^3}{6,33 \times 95} \times \left(\frac{2}{6,33} + 0,084 \right) \times (5 - 0,1 \times 30) \times 5,88^2 \times 10^{-3}$$

$$a_v = 108,27 \times 0,4 \times 2 \times 34,57 \times 10^{-3} = 3 m/s^2$$

Düşey yöndeki ivmenin büyüklüğü bulunduktan sonra, kayma konumundaki açık ve kapalı güverteye etki eden basınç, (2.18)'den aşağıdaki şekilde hesaplanır.

$$P_{wl} = 1,50 \times (5 + 0,01 \times 26,05) \times (1 + 0,5 \times 3) + 1 = 20,72 \left(\frac{kN}{m^2} \right) \text{ açık güverteler}$$

ve $12,83 \left(\frac{kN}{m^2} \right)$ kapalı güverte basıncını verir.

2.4 Deplasman Konumunda Oluşacak Çarpışma Basınç Hesabı

Deplasman konumunda ki çarpışma basıncı, (2.21) eşitliği yardımıyla hesaplanır [2].

Burada,

L_{wl} , su hattı boyunun metre olarak karşılığını,

T_x , su çekiminin metre olarak karşılığını,

V , m/s cinsinden servis hızını simgeler.

$$P_{dh} = \Phi_{dh} (19 - 2720 \left(\frac{T_x}{L_{wl}} \right)^2) x \sqrt{L_{wl} x V} \left(\frac{kN}{m^2} \right) \quad (2.21)$$

$$\Phi_{dh} = 0,18$$

Değerler (2.21)'de yerine konulursa aşağıdaki eşitlikler elde edilir. Ayrıca teknenin boyu yönündeki her bir kısım için ise de çarpımda farklı Φ_{dh} kat sayıları kullanılarak gerekli basınç büyüklükleri bulunur.

$$P_{dh} = 0,18 (19 - 2720 \left(\frac{1,55}{26,05} \right)^2) x \sqrt{26,05 x 30}$$

$$P_{dh} = 47,14 \left(\frac{kN}{m^2} \right) \text{ kıçtan } 20,84 \text{ m ile baş kısım arası,}$$

$$P_{dh} = 47,14 x 0,4 = 18,86 \left(\frac{kN}{m^2} \right) \text{ kıçtan } 20,84 \text{ m ile baş kısım arasındaki yan güverte kaplaması,}$$

$$P_{dh} = 23,57 \left(\frac{kN}{m^2} \right) \text{ diğer kısımlar,}$$

$$P_{dh} = 9,428 \left(\frac{kN}{m^2} \right) \text{ diğer kısımlardaki yan güverte kaplaması,}$$

$$P_{dh} = 0 \left(\frac{kN}{m^2} \right) \text{ kıç kısım ile 13 m arası.}$$

2.5 Kayma Konumunda Oluşacak Çarpışma Basınç Hesabı

Kayma konumunda ki çarpışma basıncı, (2.22) eşitliği yardımıyla hesaplanır [2].

Burada,

a_v , ağırlık merkezinde düşey yöndeki ivmenin m/s^2 olarak karşılığı,

f_d , gövde formu basınç faktörünü,

Δ , tekne ağırlığının ton cinsinden değerini,

L_{wl} , su hattı boyunun metre olarak karşılığı,

G_0 , ağırlık merkezi boyuna konumdaki gövde çeneleri arası uzaklığının metre olarak karşılığını simgeler.

$$P_{dlb} = \frac{f_d \Delta \Phi (1 + a_v)}{L_{wl} G_0} \left(\frac{kN}{m^2} \right) \quad (2.22)$$

$G_0 = 6,33 \text{ m}$, LCG'nin düşey konumunda, gövde çeneleri arasındaki mesafedir.

$$f_d = 54, \quad \Phi = 1,0$$

Değerler (2.22)'de yerine konulursa aşağıdaki eşitlik elde edilir.

$$P_{dlb} = \frac{54 \times 95 \times 1 \times (1+3)}{26,05 \times 6,33} = 125 \left(\frac{kN}{m^2} \right)$$

2.6 Bordada Oluşacak Çarpışma Basınç Hesabı

Seyir esnasında bordada oluşacak çarpışma basıncı, (2.23) eşitliği yardımıyla hesaplanır [2].

Burada,

P_{dlb} , dövünme hareketinden oluşan dip çarpışma basıncının kN/m^2 cinsinden karşılığı,

θ_B , derece cinsinden trim açısını,

θ_S , borda kaplaması kısımlarında ki yaralanmadan dolayı oluşacak ortalama yalpa açısının derece cinsinden değerini simgeler.

$$P_{dls} = P_{dlb} \times \frac{\tan(40 - \theta_B)}{\tan(\theta_S - 40)} \left(\frac{kN}{m^2} \right) \quad 40 - \theta_B \geq 10^\circ, \theta_S - 40 \geq 10^\circ \quad (2.23)$$

(2.22)'de elde edilen P_{dlb} değeri (2.23)'de yerine konursa aşağıdaki eşitliklerden P_{dls} değeri elde edilir.

$$P_{dls} = 125 \times \frac{\tan(21)}{\tan(32)} \left(\frac{kN}{m^2} \right)$$

$$P_{dls} = 76,78 \left(\frac{kN}{m^2} \right)$$

2.7 Deplasman Konumunda Oluşacak Baş Kısım Çarpışma Basınç Hesabı

Seyir esnasında deplasman konumunda oluşacak baş kısım çarpışma basıncı, (2.24) eşitliği yardımıyla hesaplanır [2].

Burada,

L_{wl} , su hattı boyunun metre olarak karşılığı,

f_f , baş kısım çarpışma – dövünme basınç faktörünü,

Γ , sabit bir sayı olan Taylor bölümünü simgeler.

$$P_f = f_f \times L_{wl} \times (0,8 + 0,15 \times \Gamma)^2 \text{ baş kısım} \quad (2.24)$$

Değerler (2.25)'de aşağıdaki yerine konursa,

$$f_f = 0,94 \Rightarrow P_f = 0,94 \times 26,05 \times (0,8 + 0,15 \times 5,88)^2 \quad (2.25)$$

Teknenin baş ve kıç doğrultusunda değişen her bir f_f değerine göre, baş ve kıç basınçlar aşağıdaki şekilde hesaplanmış olur.

$$P_f = 69,27 \left(\frac{kN}{m^2} \right) \text{ baş kısım,}$$

$$P_f = 27,7 \left(\frac{kN}{m^2} \right) \text{ baş kısım bordalar,}$$

$$P_f = 47,14 \left(\frac{kN}{m^2} \right) \text{ kıç kısımdan 23,44 m ile baş kısım arası,}$$

$$P_f = 18,856 \left(\frac{kN}{m^2} \right) \text{ kıç kısımdan 23,44 m ile baş kısım arası bordalar,}$$

$$P_f = 13 \text{ kıç kısımdan 19,53m ile 23,44 m arası,}$$

$$P_f = 5,2 \left(\frac{kN}{m^2} \right) \text{ kıç kısımdan 19,53 m ile 23,44 m arası bordalar,}$$

$$P_f = 0 \left(\frac{kN}{m^2} \right) \text{ kıç kısım ile kıç kısımdan 19,53 m arası,}$$

$$P_f = 0 \left(\frac{kN}{m^2} \right) \text{ kıç kısım ile kıç kısımdan 19,53 m arası bordalar.}$$

2.8 Kayma Konumunda Baş Kısım Çarpışma Basınç Hesabı

Seyir esnasında kayma konumunda oluşacak baş kısım çarpışma basınçları yine (2.24) eşitliği yardımıyla hesaplanır. Teknenin baş ve kıç doğrultusunda değişen her bir f_f değerine göre, baş ve kıç basınçlar aşağıdaki büyüklüklerde olur [2].

$$P_f = 76,78 \left(\frac{kN}{m^2} \right) \text{ baş kısım,}$$

$$P_f = 30,7 \left(\frac{kN}{m^2} \right) \text{ baş kısım bordalar,}$$

$$P_f = 76,78 \left(\frac{kN}{m^2} \right) \text{ kıç kısımdan 19,53 m ile baş kısım arası,}$$

$$P_f = 30,7 \left(\frac{kN}{m^2} \right) \text{ kıç kısımdan 19,53 m ile baş kısım arası bordalar,}$$

$$P_f = 13 \left(\frac{kN}{m^2} \right) \text{ kıç kısımdan 13,02 m ile 19,53 m arası,}$$

$$P_f = 5,2 \left(\frac{kN}{m^2} \right) \text{ kıç kısımdan 13,02 m ile 19,53 m arası bordalar.}$$

2.9 Çarpışma Basınç Hesabı

Seyir esnasında oluşacak çarpışma basıncı (2.26) eşitliği yardımıyla hesaplanır [2].

Burada,

∇_{pc} , güverte çarpışma faktörünü,

K_{pc} , boyuna dağıtım faktörünü,

V_R , çarpışma durumunda ki düşey hızın m/s cinsinden değerini,

V , teknenin normal koşullardaki ki seyir hızının m/s cinden değerini,

G_A , su hattından incelenen yere olan minimum düşey uzaklığın metre cinsinden değerini,

H_{O3} , güvenlik dahilinde ki dalga yüksekliğinin metre cinsinden değerini simgeler.

$$P_{pc} = \nabla_{pc} \times K_{pc} \times V_R \times V \times \left(1 - \frac{G_A}{H_{O3}}\right) \left(\frac{kN}{m^2}\right) \quad (2.26)$$

$$K_{pc} = 2, G_A = 0m, H_{O3} = 1,29 \times H_{1/3} = 2 \times 1,29 = 2,58 m \quad (2.27)$$

$$V = 30 \text{ knots}$$

Çarpışma durumunda ki düşey hızın değeri ise denklem (2.28) eşitliği yardımıyla hesaplanır.

Burada,

$H_{1/3}$, dalga yüksekliğinin metre cinsinden değerini,

L_{wl} , su hattı boyunun metre olarak karşılığını simgeler.

$$\nabla_{pc} = \frac{1}{3}, V_R = \frac{8 \times H_{1/3}}{\sqrt{L_{wl}}} + 2 \text{ knots} = \frac{8 \times 2}{\sqrt{26,05}} + 2 \text{ knots} = 5,13 \text{ knots} \quad (2.28)$$

Yukarıda bulunan değerler (2.26)'da yerine konursa seyir esnasında oluşacak çarpışma basıncı eşitliği elde edilir.

$$P_{pc} = \frac{1}{3} \times 2 \times 5,13 \times 30 \times \left(1 - \frac{0}{2,58}\right)$$

$$P_{pc} = 102,6 \left(\frac{kN}{m^2}\right)$$

2.10 Ana Üst Güverte Yapısı, Ana Güverte Yaşam Mahalleri ve Ana Güverte Üstü Yerleşimler Basınç Hesabı

Ana üst güverte yapısı, ana güverte yaşam mahalleri ve ana güverte üstü yerleşimlerin basıncı (2.29) eşitliği yardımıyla hesaplanır [2].

Burada,

C_1 , teknenin bölgelerine göre değişen basınç dağıtım katsayısını,

P_d , (2.18)'den hesaplanan deplasman olmayan konumdaki açık ve kapalı güverteye etki eden basıncın kN/m^2 cinsinden karşılığını simgeler.

$$P_{dhp} = C_1 \times P_d \left(\frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right) = 1,25 \times 20,72 \left(P_{wl} \right) \quad (2.29)$$

$$P_{dhp} = 25,9 \left(\frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right) \text{ üst yapı ön ve flybridge ön kısımlar}$$

$$P_{dhp} = 1,15 \times 20,72 = 23,82 \left(\frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right) \text{ üst yapı yan ve flybridge yan kısımlar,}$$

$$P_{dhp} = 1 \times 20,72 = 20,72 \left(\frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right) \text{ açık güverte ve üst yapı ön kısımlar,}$$

$$P_{dhp} = 0,8 \times 20,72 = 16,72 \left(\frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right) \text{ açık güverte ve üst yapı yan kısımlar,}$$

$$P_{dhp} = 0,5 \times 20,72 = 10,36 \left(\frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right) \text{ açık güverte, üst yapı ve flybridge arka kısımlar,}$$

2.11 Su Geçirmez Perdeler ve Dip Tank Perdeleri Basıncı Hesabı

Su geçirmez perdelere uygulanacak olan basınç, (2.30) eşitliği yardımıyla hesaplanır [2]. Burada,

h_b , yüklemeden veya yükten kaynaklanan seviye düşey uzaklığının metre cinsinden değerini simgeler. Bu değer perde yüksekliğinin, perdenin en dip kısmı referans olması şartı ile üçte biri mesafesinden, perdenin güverteyi desteklediği en üst güverte hattına olan düşey uzaklıktır.

$$P_{bh} = 7,2 \times h_b \left(\frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right) \text{ su geçirmez perdeler} \quad (2.30)$$

Her bir perde için ölçülen h_b değerleri (2.30)'da yerine konulursa aşağıdaki eşitlikler elde edilir.

$$P_{bh} = 7,2 \times 3 = 21,6 \left(\frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right) \text{ 1. enine perde için,}$$

$$P_{bh} = 7,2 \times 3,087 = 22,19 \left(\frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right) \text{ 2. enine perde için,}$$

$$P_{bh} = 7,2 \times 3,086 = 22,19 \left(\frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right) \text{ 3. enine perde için,}$$

$$P_{bh} = 7,2 \times 3,114 = 22,41 \left(\frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right) \text{ 4. enine perde için,}$$

$$P_{bh} = 7,2 \times 2,010 = 14,47 \left(\frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right) \text{ 5. enine perde için,}$$

$P_{bh} = 22,19 \left(\frac{kN}{m^2} \right)$ 2. enine perde ile 3. enine perde arasında ki boyuna perde için,

$P_{bh} = 22,32 \left(\frac{kN}{m^2} \right)$ 2 adet 3. enine perde ile 4. enine perde arasında ki boyuna perdeler için,

$P_{bh} = 21,6 \left(\frac{kN}{m^2} \right)$ 5 adet lazerette kabin perdesi için,

$P_{bh} = 22,19 \left(\frac{kN}{m^2} \right)$ 4 adet kabin perdesi için,

$P_{bh} = 22,32 \left(\frac{kN}{m^2} \right)$ 2 adet kabin perdesi için,

$P_{bh} = 19,26 \left(\frac{kN}{m^2} \right)$ 2 adet kabin perdesi için hesaplanmış olur.

2.12 Tank Basınç Hesapları

Tanklara uygulanacak olan basınç, katsayı değerinin 7,2 değerinden 11,2 değerine arttığı göz önüne alınarak yine (2.30) eşitliği yardımıyla hesaplanır [2].

Burada,

h_b , yüklemenden veya yükten kaynaklanan seviye düşey uzaklığının metre cinsinden değerini simgeler. Bu değer 1,8 m den küçük olmamak şartı ile tank yüksekliğinin, tankın en dip kısmı referans olması şartı ile üçte biri mesafesinden, tankın en üst seviyesine olan düşey uzaklıktır.

Her bir tank için ölçülen h_b değerleri (2.30)'da yerine konulursa aşağıdaki eşitlikler elde edilir.

$P_{bh} = 11,2 \times 2,9 = 32,48 \left(\frac{kN}{m^2} \right)$ su tankı için,

$P_{bh} = 11,2 \times 2,9 = 32,48 \left(\frac{kN}{m^2} \right)$ yakıt tankı için,

$P_{bh} = 11,2 \times 1,8 = 20,16 \left(\frac{kN}{m^2} \right)$ atık tankı için,

$P_{bh} = 11,2 \times 1,8 = 20,16 \left(\frac{kN}{m^2} \right)$ pis su ve gri su tankı için hesaplanmış olur.

KAYMA KONUMUNDA DENİZ ARAÇLARININ DİZAYN BASINÇ HESABI

Bu bölümde, Bölüm 2’de teknenin her bir bölgesi için bulunan basınç büyüklükleri yardımıyla, değişken seyir koşulları göz önünde bulundurularak, teknenin bu bölgelerinde, basınç büyüklüğü düzeltme hesapları yapılacaktır. Basınç büyüklüğü düzeltme hesapları sırasında Lloyd’s ampirik kat sayılar kullanılacaktır. Böylece, Bölüm 2’de bulunan basınç büyüklükleri, kullanılacak olan Lloyd’s emniyet kat sayıları sayesinde, ideale yaklaşan bir artış gösterecektir.

3.1 Dip Kaplama Basınç Hesabı

Su hattına kadar olan dip kaplama basınçları, (3.1) eşitliği ve (3.2) eşitliği yardımıyla hesaplanır [3].

Burada,

H_f , gövde tipi faktörünü,

S_f , servis tipi faktörünü,

P_S , hidrodinamik ve hidrostatik etkilerin bir arada kaplama üzerine yaptığı basıncın kN/m^2 cinsinden karşılığı,

P_w , (2.13)’de hesaplanan hidrodinamik dalga basıncının kN/m^2 cinsinden karşılığını,

P_h , (2.14)’den hesaplanan hidrostatik basıncın kN/m^2 cinsinden karşılığını simgeler.

$$P_{BP} = H_f \times S_f \times P_S = 1 \times 1,1 \times 31,3 = 34,43 \left(\frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right) \quad (3.1)$$

$$P_S = P_h + P_w, P_S = 0,7 + 30,6 = 31,3 \left(\frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right) \quad (3.2)$$

Su hattına kadar olan dip kaplama üzerindeki stifner destek elemanlarına etki edecek olan basınç miktarları, (3.3) eşitliği yardımıyla hesaplanır [3].

Burada,

H_f , gövde tipi faktörünü,

S_f , servis tipi faktörünü,

P_s , hidrodinamik ve hidrostatik etkilerin bir arada kaplama üzerine yaptığı basıncın kN/m^2 cinsinden karşılığını,

∂_f , stifner tipi faktörünü simgeler.

Böylece stifner basıncı (3.3) eşitliği yardımıyla hesaplanır.

$$\text{Stifner Basıncı : } P_{BF} = \partial_f \times H_f \times S_f \times P_s = 0,8 \times 1 \times 1,1 \times 31,3 = 27,54 \left(\frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right) \quad (3.3)$$

Kayma konumunda ki çarpışma durumunda, (2.22) eşitliği yardımıyla hesaplanan P_{dl} değeri, (3.4)'de yerine konulursa aşağıdaki eşitlik elde edilir.

$$P_{BP} = H_f \times S_f \times P_{dl} = 1 \times 1,1 \times 1 \times 125 = 137,5 \left(\frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right) \quad (3.4)$$

(3.4)'de hesaplanan bölgede ki stifner destek elemanı üzerine etki edecek basınç da (3.5) eşitliği yardımıyla aşağıdaki şekilde hesaplanır [3].

Burada,

∂_f , stifner tipi faktörünü,

H_f , gövde tipi faktörünü,

S_f , servis tipi faktörünü,

C_f , tekne tipi faktörünü simgeler.

$$\text{Stifner Basıncı } P_{BF} = \partial_f \times H_f \times S_f \times C_f \times P_{dl} = 0,8 \times 1 \times 1,1 \times 1 \times 125 = 110 \left(\frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right) \quad (3.5)$$

Yine su hattına kadar olan dip kaplama basınçlarının, ek faktörler kullanılarak hesabına (3.6)'da görüldüğü şekilde devam edilir.

Burada

H_f , gövde tipi faktörünü,

S_f , servis tipi faktörünü,

G_f , servis alanı faktörünü,

C_f , tekne tipi faktörünü,

P_f , (2.24)'de hesaplanan seyir esnasında deplasman konumunda oluşacak baş kısım çarpışma basıncının kN/m^2 cinsinden karşılığını simgeler.

$$P_{BP} = H_f \times S_f \times G_f \times C_f \times P_f = 1 \times 1,1 \times 1,25 \times 1 \times 76,78 = 105,57 \left(\frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right) \quad (3.6)$$

(3.6)'da hesaplanan bölgede ki stifner destek elemanı üzerine etki edecek basınç da (3.7) eşitliği yardımıyla aşağıdaki şekilde hesaplanır [3].

Burada,

∂_f , stifner tipi faktörünü,

H_f , gövde tipi faktörünü,

S_f , servis tipi faktörünü,

C_f , tekne tipi faktörünü,

G_f , servis alanı faktörünü,

P_f , (2.24)'de hesaplanan seyir esnasında deplasman konumunda oluşacak baş kısım çarpışma basıncının kN/m^2 cinsinden karşılığını simgeler.

Stifner Basıncı

$$P_{BF} = \partial_f \times H_f \times S_f \times G_f \times C_f \times P_f = 0,8 \times 1 \times 1,1 \times 1,25 \times 1 \times 76,78 = 84,9 \left(\frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right) \quad (3.7)$$

Yukarıda hesaplanan basınç büyüklüklerini aşağıdaki şekilde özetlersek,

$$P_{BP} = 137,5 \left(\frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right) \text{ dip kaplama basıncı,}$$

$$P_{BF} = 110 \left(\frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right) \text{ dip kaplama stifner basıncı,}$$

$$P_{SP} = P_{BP} = 137,5 \left(\frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right) \text{ borda kaplaması basıncı elde edilir.}$$

(3.4)'de bulunan basınç değerini ve stifner tipi faktörünü, (3.8)'de yerine koyarsak borda kaplaması üzerinde bulunan destek elemanı stifner üzerine etki edecek basınç hesaplanır.

$$P_{SF} = \partial_f \times P_{BP} = 0,8 \times 137,5 = 110 \left(\frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right) \text{ borda kaplaması stifner basıncı} \quad (3.8)$$

3.2 Bileşenler

Bu kısımda tekne gövdesi ve tekne dip kaplaması dışındaki üst yapı ve güverte basınç hesapları yapılacaktır.

3.2.1 Açık Güverte Basınç Hesabı

Seyir esnasında açık güverteye etki edecek olan basınç değeri, (3.9) yardımıyla hesaplanır [3].

Burada,

H_f , gövde tipi faktörünü,

S_f , servis tipi faktörünü,

G_f , servis alanı faktörünü,

C_f , tekne tipi faktörünü,

P_{wl} , (2.18)'de hesaplanan kayma konumunda ki açık güverteye etki eden basıncın kN/m^2 cinsinden karşılığını simgeler.

$$P_{WDP} = H_f \times S_f \times G_f \times C_f \times P_{wl} = 1 \times 1,1 \times 1,25 \times 1 \times 20,72 = 28,49 \left(\frac{kN}{m^2} \right) \quad (3.9)$$

(3.9)'da hesaplanan bölgede ki stifner destek elemanı üzerine etki edecek basınç da (3.10) eşitliği yardımıyla aşağıdaki şekilde hesaplanır [3].

Burada,

∂_f , stifner tipi faktörünü,

H_f , gövde tipi faktörünü,

S_f , servis tipi faktörünü,

C_f , tekne tipi faktörünü,

G_f , servis alanı faktörünü,

P_{wl} , (2.18)'de hesaplanan kayma konumunda ki açık güverteye etki eden basıncın kN/m^2 cinsinden karşılığını simgeler.

Stifner Basıncı

$$P_{WDF} = \partial_f \times H_f \times S_f \times G_f \times C_f \times P_{wl} \quad (3.10)$$

$$P_{WDF} = 0,8 \times 1 \times 1,1 \times 1,25 \times 1 \times 20,72 = 22,79 \left(\frac{kN}{m^2} \right)$$

3.2.2 Yeke Dairesi Tavan Basınç Hesabı

Seyir esnasında yeke dairesi tavanına etki edecek olan basınç değeri, (3.11) eşitliği yardımıyla hesaplanır [3].

Burada,

H_f , gövde tipi faktörünü,

S_f , servis tipi faktörünü,

G_f , servis alanı faktörünü,

C_f , tekne tipi faktörünü,

P_{wl} , (2.18)'de hesaplanan kayma konumunda ki yeke dairesine etki eden basıncın kN/m^2 cinsinden karşılığını simgeler.

$$P_{CRP} = H_f \times S_f \times G_f \times C_f \times P_{wl} = 1 \times 1,1 \times 1,25 \times 1 \times 20,72 = 28,49 \left(\frac{kN}{m^2} \right) \quad (3.11)$$

(3.11)'da hesaplanan bölgede ki stifner destek elemanı üzerine etki edecek basınç da (3.12) eşitliği yardımıyla aşağıdaki şekilde hesaplanır [3].

Burada,

∂_f , stifner tipi faktörünü,

H_f , gövde tipi faktörünü,

S_f , servis tipi faktörünü,

C_f , tekne tipi faktörünü,

G_f , servis alanı faktörünü,

P_{wl} , (2.18)'de hesaplanan yeke dairesine etki eden basıncın kN/m^2 cinsinden karşılığını simgeler.

Stifner Basıncı

$$P_{CRF} = \partial_f \times H_f \times S_f \times G_f \times C_f \times P_{wl} = 0,8 \times 1 \times 1,1 \times 1,25 \times 1 \times 20,72 = 22,79 \left(\frac{kN}{m^2} \right) \quad (3.12)$$

3.2.3 Kapalı Güverte Basınç Hesabı

Seyir esnasında kapalı güverteye etki edecek olan basınç değeri, (3.13) eşitliği yardımıyla hesaplanır [3].

Burada,

H_f , gövde tipi faktörünü,

S_f , servis tipi faktörünü,

C_f , tekne tipi faktörünü,

P_{wl} , (2.18)'de hesaplanan kayma konumunda ki kapalı güverteye etki eden basıncın kN/m^2 cinsinden karşılığını simgeler.

$$P_{IDP} = H_f \times S_f \times C_f \times P_{wl} = 1 \times 1,1 \times 1 \times 12,83 = 14,113 \left(\frac{kN}{m^2} \right) \quad (3.13)$$

(3.13)'de hesaplanan bölgede ki stifner destek elemanı üzerine etki edecek basınç da (3.12) eşitliği yardımıyla aşağıdaki şekilde hesaplanır [3].

Burada,

∂_f , stifner tipi faktörünü,

H_f , gövde tipi faktörünü,

S_f , servis tipi faktörünü,

C_f , tekne tipi faktörünü,

P_{wl} , (2.18)'de hesaplanan kayma konumunda ki kapalı güverteye etki eden basıncın kN/m^2 cinsinden karşılığını simgeler.

Stifner Basıncı

$$P_{IDF} = \partial_f \times H_f \times S_f \times C_f \times P_{wl} = 0,8 \times 1 \times 1,1 \times 1 \times 12,83 = 11,29 \left(\frac{kN}{m^2} \right) \quad (3.14)$$

3.2.4 Ana Güverte Üst Bina, Ana Güverte Yaşam Mahalleri ve Ana Güverte Üstü Yerleşimler Basınç Hesabı

Seyir esnasında ana güverte flybridge ön kısımlar üzerine etki eden basınç değeri, (3.15) eşitliği yardımıyla hesaplanır [3].

Burada,

H_f , gövde tipi faktörünü,

S_f , servis tipi faktörünü,

C_f , tekne tipi faktörünü,

G_f , servis alanı faktörünü,

P_{dhp} , (2.29)'da hesaplanan flybridge ön kısımlar üzerine etki eden basıncın kN/m^2 cinsinden karşılığını simgeler.

$$P_{DHP} = H_f \times S_f \times G_f \times C_f P_{dhp} = 1 \times 1,1 \times 1,25 \times 1 \times 25,9 = 35,61 \left(\frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right) \quad (3.15)$$

(3.15)'de hesaplanan bölgede ki stifner destek elemanı üzerine etki edecek basınç da yine (3.15)'de bulunan değer in aşağıdaki eşitliğe konulması ile bulunur.

$$\text{Stifner Basıncı} : P_{DHF} = 0,8 \times P_{DHP} = 28,48 \left(\frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right)$$

Seyir esnasında ana güverte flybridge yan kısımlar üzerine etki eden basınç değeri, (3.16) eşitliği yardımıyla hesaplanır [3].

Burada,

H_f , gövde tipi faktörünü,

S_f , servis tipi faktörünü,

C_f , tekne tipi faktörünü,

G_f , servis alanı faktörünü,

P_{dhp} , (2.29)'da hesaplanan flybridge yan kısımlar üzerine etki eden basıncın kN/m^2 cinsinden karşılığını simgeler.

$$P_{DHP} = H_f \times S_f \times G_f \times C_f P_{dhp} \left(\frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right) \quad (3.16)$$

Buradan, aşağıdaki eşitlik ile bu bölgeye etki eden basınç değeri bulunur.

$$P_{DHP} = 1 \times 1,1 \times 1,25 \times 1 \times 23,82 = 32,75 \left(\frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right)$$

(3.16)'da hesaplanan bölgede ki stifner destek elemanı üzerine etki edecek basınç da yine (3.16)'da bulunan değer in aşağıdaki eşitliğe konulması ile bulunur.

$$\text{Stifner Basıncı} : P_{DHF} = 0,8 \times P_{DHP} = 26,2 \left(\frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right)$$

Seyir esnasında ana güverte ve üst bina ön kısımlar üzerine etki eden basınç değeri, (3.17) eşitliği yardımıyla hesaplanır [3].

Burada,

H_f , gövde tipi faktörünü,

S_f , servis tipi faktörünü,

C_f , tekne tipi faktörünü,

G_f , servis alanı faktörünü,

P_{dhp} , (2.29)'da hesaplanan ana güverte ve üst bina ön kısımlar üzerine etki eden basıncın kN/m^2 cinsinden karşılığını simgeler.

$$P_{DHP} = H_f \times S_f \times G_f \times C_f P_{dhp} \left(\frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right) \quad (3.17)$$

$$P_{DHP} = 1 \times 1,1 \times 1,25 \times 1 \times 20,72 = 28,49 \left(\frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right)$$

(3.17)'de hesaplanan bölgede ki stifner destek elemanı üzerine etki edecek basınç da yine (3.17)'de bulunan değerin aşağıdaki eşitliğe konulması ile bulunur.

$$\text{Stifner Basıncı} : P_{DHF} = 0,8 \times P_{DHP} = 22,79 \left(\frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right)$$

Seyir esnasında ana güverte ve üst bina yan kısımlar üzerine etki eden basınç değeri, (3.18) eşitliği yardımıyla hesaplanır [3].

Burada,

H_f , gövde tipi faktörünü,

S_f , servis tipi faktörünü,

C_f , tekne tipi faktörünü,

G_f , servis alanı faktörünü,

P_{dhp} , (2.29)'da hesaplanan ana güverte ve üst bina yan kısımlar üzerine etki eden basıncın kN/m^2 cinsinden karşılığını simgeler.

$$P_{DHP} = H_f \times S_f \times G_f \times C_f P_{dhp} \left(\frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right) \quad (3.18)$$

$$P_{DHP} = 1 \times 1,1 \times 1,25 \times 1 \times 16,72 = 22,99 \left(\frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right)$$

(3.18)'de hesaplanan bölgede ki stifner destek elemanı üzerine etki edecek basınç da yine (3.18)'de bulunan değerin aşağıdaki eşitliğe konulması ile bulunur.

$$\text{Stifner Basıncı} : P_{DHF} = 0,8 \times P_{DHP} = 18,39 \left(\frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right)$$

Seyir esnasında ana güverte, üst yapı ve flybridge arka kısımlar üzerine etki eden basınç değeri, (3.19) eşitliği yardımıyla hesaplanır [3].

Burada,

H_f , gövde tipi faktörünü,

S_f , servis tipi faktörünü,

C_f , tekne tipi faktörünü,

G_f , servis alanı faktörünü,

P_{dhp} , (2.29)'da hesaplanan ana güverte, üst yapı ve flybridge arka kısımlar üzerine etki eden basıncın kN/m^2 cinsinden karşılığını simgeler.

$$P_{DHP} = H_f \times S_f \times G_f \times C_f P_{dhp} \left(\frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right) \quad (3.19)$$

$$P_{DHP} = 1 \times 1,1 \times 1,25 \times 1 \times 10,36 = 14,24 \left(\frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right)$$

(3.19)'da hesaplanan bölgede ki stifner destek elemanı üzerine etki edecek basınç da yine (3.19)'da bulunan değerin aşağıdaki eşitliğe konulması ile bulunur.

$$\text{Stifner Basıncı} : P_{DHF} = 0,8 \times P_{DHP} = 11,39 \left(\frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right)$$

3.2.5 İç Dip Basınç Hesabı

Seyir esnasında iç dip kısma uygulanan basınç değeri denklem (3.20) ile hesaplanır [3].

Burada,

H_f , gövde tipi faktörünü,

S_f , servis tipi faktörünü,

P_m , (2.1)'de hesaplanan su hattına kadar olan kısımlar üzerine etki eden hidrodinamik dalga basıncın kN/m^2 cinsinden karşılığını,

P_w , (2.13)'de hesaplanan hidrodinamik dalga basıncının kN/m^2 cinsinden karşılığını simgeler.

$$P_{IBP} = H_f \times S_f \times P_m + P_h \quad (3.20)$$

$$P_{IBP} = 1 \times 1,1 \times 13 + 0,7 \left(\frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right) = 15 \left(\frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right)$$

(3.20)'de bulunan değerin,

Mastorideki kaide hattından dizayn su hattı arasındaki düşey uzaklık T_x değerinin, 10 ile çarpımından elde edilen 15,5 değerinden küçük olmasından dolayı, bu bölge için kullanılacak basınç değeri $15,5 \left(\frac{kN}{m^2} \right)$ olacaktır.

Hesaplanan bölgedeki stifner destek elemanı üzerine etki edecek basınç da (3.21) eşitliği yardımıyla aşağıdaki şekilde hesaplanır [3].

Burada,

∂_f , stifner tipi faktörünü,

H_f , gövde tipi faktörünü,

S_f , servis tipi faktörünü simgeler.

Stiffner Basıncı

$$P_{IBF} = \partial_f \times (H_f \times S_f \times 15,5) \quad (3.21)$$

$$P_{IBF} = 0,8 \times (1 \times 1,1 \times 15,5) = 13,64 \left(\frac{kN}{m^2} \right)$$

BÖLÜM 4

EĞİLME MOMENTİ HESAPLARI

Bu bölümde, Lloyd's ampirik formülleri kullanılarak, teknenin seyri esnasında, deniz koşulları ve hava koşullarından oluşacak olan dalga hareketlerinden doğan, teknenin dalga çukuru ve dalga tepesi konumları için, eğilme momenti hesapları yapılacaktır. Bu hesaplar teknenin boyu doğrultusunda belirli bölgeler için yapılacaktır.

4.1 Düşey Dalga Eğilme Momenti Hesabı

Seyir esnasında düşey yönde etki eden dalga kuvveti etkisi ile oluşan eğilme momenti (4.1) eşitliği yardımıyla hesaplanır [5].

Burada,

F_f , negatif moment etkisinde dalga çukurundaki kat sayısı,

D_f , tekne boyu doğrultusundaki dağıtım faktörünü,

M_o , (4.2)'de hesaplanan seyir esnasında düşey yönde etki eden dalga kuvveti etkisi ile oluşan moment değerinin kNm cinsinden karşılığını simgeler [5].

$$M_w = F_f \times D_f \times M_o \text{ (kNm)} \quad (4.1)$$

Burada,

$D_f = 0$ teknenin kıç bölgesi için,

$D_f = 1$ teknenin kıç noktasından 12,4 m ile kıç noktasından 20,15 m arası bölgesi için,

$D_f = 0$ teknenin baş bölgesi için,

$D_f = 0,5$ kıç bölge ve kıç bölgeden 6,2 m arası bölgesi için,

$D_f = 0,5$ baş bölgesi ile kıç noktadan 25,57 m arası bölgeler için olan değerlerdir.

$$M_O = 0,1 \times L_f \times G_f \times L_R^2 \times B \times (C_b + 0,7) \quad (kNm) \quad (4.2)$$

Bu moment değerinin bulunması için aşağıdaki büyüklüklerin bulunması gerekir [5].

Burada,

L_f , (4.3)'de hesaplanan bir kat sayıyı,

G_f , servis grup faktörünü,

L_R , teknenin kural boyunun metre cinsinden karşılığını,

B , teknenin kalıp genişliğinin metre cinsinden karşılığını,

C_b , teknenin blok katsayısını simgeler.

$$L_f = 0,0412 \times 31 + 4 = 5,27 \quad (4.3)$$

$$G_f = 1$$

$$C_b = 0,6 > 0,363 \quad (C_b \text{ değeri bu hesapta } 0,6 \text{ dan küçük alınamaz})$$

Yukarıdaki bulunan değerler (4.2)'de yerine konulursa aşağıdaki eşitlikten moment değeri bulunur.

$$M_O = 0,1 \times 5,27 \times 1 \times 31^2 \times 8,22 \times (0,6 + 0,7)$$

$$M_O = 5411,89 \text{ kNm}$$

4.1.2 Dalga Çukuru Konumu Eğilme Momenti Hesabı

Seyir esnasında, teknenin dalga çukuru konumunda oluşan eğilme momenti, (4.1)'de değerlerin yerine konulması ile (4.4) eşitliği yardımıyla gibi hesaplanır. Ayrıca, D_f tekne boyu doğrultusundaki dağıtım faktörü ile de teknenin boyu doğrultusundaki bölgeler içinde oluşacak eğilme momenti değerleri (4.4) ve (4.5)'deki gibi hesaplanır.

$$M_W = -1,1 \times 1 \times 5411,89 = -5953,07 \text{ kNm} \text{ tekne kıç noktasından } 12,4 \text{ m ile } 20,15 \text{ m arası bölgede} \quad (4.4)$$

$M_W = -1,1 \times 0,5 \times 5411,89 = -2976,54 \text{ kNm}$ tekne kış bölgesi ve kış bölgesinden 6,2 m arasındaki bölgede ve ayrıca tekne baş bölgesi ve baş bölgesinden 25,6 m arasındaki bölgelerde, (4.5)

$M_W = 0$ baş ve kış bölgelerde.

4.1.3 Dalga Tepesi Konumu Eğilme Momenti Hesabı

Seyir esnasında, teknenin dalga tepesi konumunda oluşan eğilme momenti, (4.5) ve (4.6)'daki gibi hesaplanır. Ayrıca, D_f tekne boyu doğrultusundaki dağıtım faktörü ile de teknenin boyu doğrultusundaki bölgeler içinde oluşacak eğilme momenti değerleri (4.4) ve (4.5)'deki gibi hesaplanır [5].

Burada dalga tepesi konumundaki katsayı F_f , pozitif moment etkisinde (4.6) eşitliği yardımıyla hesaplanır.

$$F_f = \frac{1,9 \times C_b}{(C_b + 0,7)} \quad (4.6)$$

C_b , teknenin blok katsayısını simgeler ve $C_b = 0,6 > 0,363$ (C_b değeri bu hesapta 0,6 dan küçük alınamaz). C_b değerinin (4.6)'da yerine konulması ile aşağıdaki eşitlik oluşturulur.

$$F_f = \frac{1,9 \times 0,6}{(0,6 + 0,7)} = 0,877$$

Bulunan bu değerler (4.1)'de yerine konulursa, aşağıdaki (4.7) ve (4.8) eşitlikleri elde edilir.

$$M_W = 0,877 \times 1 \times 5411,89 = 4746,22 \text{ kNm} \text{ kış bölgeden } 12,4 \text{ m ile kış bölgeden } 20,15 \text{ m arasındaki bölgelerde,} \quad (4.7)$$

$$M_W = 0,877 \times 0,5 \times 5411,89 = 2373,11 \text{ kNm} \text{ kış bölge ile kış bölgeden } 6,2 \text{ m arasındaki bölgeler ve baş bölge ile kış bölgeden } 25,6 \text{ m arası bölgelerde,} \quad (4.8)$$

$M_W = 0$ baş ve kış bölgelerde eğilme moment değerleri hesaplanmış olur.

KESME KUVVETİ HESAPLARI

Bu bölümde, Lloyd's ampirik formülleri kullanılarak, teknenin seyiri esnasında, deniz koşulları ve hava koşullarından oluşacak olan dalga hareketlerinden doğan, teknenin dalga çukuru ve dalga tepesi konumları için, düşey yönde oluşacak olan kesme kuvveti hesapları yapılacaktır. Bu hesaplar teknenin boyu doğrultusunda belirli bölgeler için yapılacaktır. Bu bölümde kesme kuvveti hesapları yapılırken, Bölüm 4'de hesaplanmış olan eğilme momenti değerlerinden yararlanılacaktır.

5.1 Pozitif Dalga Kesme Kuvveti Hesabı

Seyir esnasında düşey yönde etki eden pozitif dalga kuvveti etkisi ile oluşan kesme kuvveti (5.1) eşitliği yardımıyla hesaplanır [5].

Burada,

K_f , (5.2)'den hesaplanan ve kesme kuvveti hesabında kullanılacak, tekne boyu doğrultusundaki dağıtım kat sayısını,

M_O , (4.2)'de hesaplanan, seyir esnasında düşey yönde etki eden ve dalga kuvveti etkisi ile oluşan moment değerinin kNm cinsinden karşılığı,

L_R , teknenin kural boyunun metre cinsinden karşılığını simgeler.

$$Q_W = \frac{3 \times K_f \times M_O}{L_R} \text{ (kN)} \quad (5.1)$$

$$K_f = \frac{1,589 \times C_b}{(C_b + 0,7)} \quad (5.2)$$

C_b , teknenin blok katsayısını simgeler ve $C_b = 0,6 > 0,363$ (C_b değeri bu hesapta 0,6 dan küçük alınamaz). C_b değerinin (5.2)'de yerine konulması ile tekne boyuna doğrultudaki her bir bölge için aşağıdaki eşitlikler oluşturulur.

$K_f = 0$ teknenin kıç bölgesi için,

$K_f = 0,733$ teknenin kıç bölgesinden 6,2 m ile 9,3 m arası bölgesi için,

$K_f = 0,7$ teknenin kıç bölgesinden 12,4 m ile 18,6 m arası bölgesi için,

$K_f = 1$ teknenin kıç bölgesinden 21,7 m ile 26,35 m arası bölgesi için,

$K_f = 0$ teknenin baş bölgesi için hesaplanan değerlerdir.

Tekne boyu doğrultusundaki hesaplanan her bir farklı K_f değeri için, bu değerler (5.1)'de yerine konularak, ilgili bölgelerin kesme kuvveti eşitlikleri aşağıdaki gibi oluşturulmuştur.

$Q_w = \frac{3 \times 0,733 \times 5411,89}{31} = 383,89 \text{ kN}$ teknenin kıç bölgesinden 6,2 m ile 9,3 m arası bölgesi için,

$Q_w = \frac{3 \times 0,7 \times 5411,89}{31} = 366,61 \text{ kN}$ teknenin kıç bölgesinden 12,4 m ile 18,6 m arası bölgesi için,

$Q_w = \frac{3 \times 1 \times 5411,89}{31} = 523,73 \text{ kN}$ teknenin kıç bölgesinden 21,7 m ile 26,35 m arası bölgesi için,

$Q_w = 0$ teknenin baş ve kıç bölgesi için hesaplanan kesme kuvveti büyüklükleridir.

5.2 Negatif Dalga Kesme Kuvveti Hesabı

Seyir esnasında dikey yönde etki eden negatif dalga kuvveti etkisi ile oluşan kesme kuvveti (5.1) eşitliği yardımıyla hesaplanır [5].

Burada,

K_f , (5.3)'den hesaplanan ve kesme kuvveti hesabında kullanılacak, tekne boyu doğrultusundaki dağıtım kat sayısını,

M_O , (4.2)'de hesaplanan, seyir esnasında düşey yönde etki eden ve dalga kuvveti etkisi ile oluşan moment değerinin kNm cinsinden karşılığını,

L_R , teknenin kural boyunun metre cinsinden karşılığını simgeler.

$$K_f = \frac{-1,727 \times C_b}{(C_b + 0,7)} \quad (5.3)$$

C_b , teknenin blok katsayısını simgeler ve $C_b = 0,6 > 0,363$ (C_b değeri bu hesapta 0,6 dan küçük alınamaz). C_b değerinin (5.3)'de yerine konulması ile tekne boyuna doğrultudaki her bir bölge için aşağıdaki eşitlikler oluşturulur.

$K_f = 0$ teknenin kıç bölgesi için,

$K_f = -0,92$ teknenin kıç bölgesinden 6,2 m ile 9,3 m arası bölgesi için,

$K_f = -0,7$ teknenin kıç bölgesinden 12,4 m ile 18,6 m arası bölgesi için,

$K_f = -0,797$ teknenin kıç bölgesinden 21,7 m ile 26,35 m arası bölgesi için,

$K_f = 0$ teknenin baş bölgesi için hesaplanan değerlerdir.

Tekne boyu doğrultusundaki hesaplanan her bir farklı K_f değeri için, bu değerler (5.1)'de yerine konularak, ilgili bölgelerin kesme kuvveti eşitlikleri aşağıdaki gibi oluşturulmuştur.

$Q_W = \frac{-3 \times 0,92 \times 5411,89}{31} = -481,83 \text{ kN}$ teknenin kıç bölgesinden 6,2 m ile 9,3 m arası bölgesi için,

$Q_W = \frac{-3 \times 0,7 \times 5411,89}{31} = -366,61 \text{ kN}$ teknenin kıç bölgesinden 12,4 m ile 18,6 m arası bölgesi için,

$Q_W = \frac{-3 \times 0,797 \times 5411,89}{31} = -417,41 \text{ kN}$ teknenin kıç bölgesinden 21,7 m ile 26,35 m arası bölgesi için,

$Q_W = 0$ teknenin baş bölgesi için hesaplanan kesme kuvveti büyüklükleridir.

BÖLÜM 6

DİNAMİK HALDEKİ KESME KUVVETLERİ ETKİSİNDEKİ EĞİLME MOMENTİ HESABI

Seyir esnasında mastorideki dövünmeden dolayı oluşan dinamik eğilme momenti (6.1) eşitliği ile verilir [5].

Burada,

F_f , dinamik moment etkisinde dalga çukuru ve tepesindeki kat sayıyı,

D_f , tekne boyu doğrultusundaki dağıtım faktörünü,

M_D , (6.2)'de hesaplanan, seyir esnasında düşey yönde etki eden ve dalga kuvveti etkisi ile oluşan moment değerinin, kNm cinsinden karşılığını simgeler.

$$M_{DW} = F_f \times D_f \times |MD| (kNm) \quad (6.1)$$

$$M_D = 51 \times \Delta \times L_R \times (16 \times a_v - 4 \times a_b - 17 \times a_s - 5) \times 10^{-3} (kNm) \quad (6.2)$$

(6.2) eşitliğinde ki bileşenler olarak;

$\Delta = 95$ ton olarak tekne ağırlığını,

$F_f = -1$ olarak dalga çukuru konumundaki katsayısı,

$F_f = 1$ olarak dalga tepesi konumundaki katsayısı,

$D_f = 0$ olarak teknenin kış bölgesindeki tekne boyu doğrultusundaki dağıtım faktörünü,

$D_f = 1$ olarak teknenin kış bölgeden 12,4 m ile 20,15 m arasındaki bölgedeki tekne boyu doğrultusundaki dağıtım faktörünü,

$D_f = 0$ olarak baş kısım bölgesi tekne boyu doğrultusundaki dağıtım faktörünü,

$a_v = 3 \text{ m/s}^2$ olarak ağırlık merkezindeki düşey yöndeki ivmeyi belirtir.

a_b , baş kısımda oluşan düşey ivmenin m/s^2 cinsinden değeri ve

a_s , kıç kısımda oluşan düşey ivmenin m/s^2 cinsinden değeri (6.3)'den hesaplanır.

$$a_x = a_v \times (0,86 - 0,32 \times \frac{x_a}{L_{wl}} + 1,76 \times (\frac{x_a}{L_{wl}})^2 + \xi a) \quad (6.3)$$

(6.3)'de ξa değeri, her iki hesaplanacak olan baş ve kıç kısımda oluşacak düşey ivmelerin hesabında ivmenin karakteristiğini belirler. Yani hesaplanmak istenen ivmenin, tekne üzerinde etki ettiği bölgenin boyuna konumu x_a değerleri yerine konularak, ilgili ivme (6.3)'den m/s^2 cinsinden hesaplanır.

$$\xi a = 0,14 + 0,32 \times \frac{x_{LCG}}{L_{wl}} - 1,76 \times (\frac{x_a}{L_{wl}})^2 \quad (6.4)$$

$$\xi a = 0,14 + 0,32 \times \frac{11}{26,05} - 1,76 \times (\frac{11}{26,05})^2$$

$$\xi a = -0,038$$

(6.4)'den hesaplanan ξa ve boyuna konum olan x_a değerleri (6.3)'de yerine konulursa aşağıdaki eşitlik elde edilir. Böylece a_b , baş kısımda oluşan düşey ivmenin m/s^2 cinsinden değeri hesaplanmış olur.

$$a_b = 3 \times (0,86 - 0,32 \times \frac{30,4}{26,05} + 1,76 \times (\frac{30,4}{26,05})^2 - 0,038)$$

$$a_b = 8,52$$

Aynı şekilde (6.4)'den hesaplanan ξa ve boyuna konum olan x_a değerleri (6.3)'de yerine konulursa aşağıdaki eşitlik elde edilir. Böylece a_s , kıç kısımda oluşan düşey ivmenin m/s^2 cinsinden değeri hesaplanmış olur.

$$a_s = 3 \times (0,86 - 0,32 \times \frac{0}{26,05} + 1,76 \times (\frac{0}{26,05})^2 - 0,038)$$

$$a_s = 2,466$$

Yukarıda bulunan değerler (6.2)'de yerine konulursa aşağıdaki eşitlik elde edilir.

$$M_D = 51 \times 95 \times 31 \times (16 \times 3 - 4 \times 8,52 - 17 \times 2,466 - 5) \times 10^{-3}$$

$$M_D = -4956,735 \text{ kNm}$$

Bulunan M_D değerinin mutlak değeri, her bir tekne boyu doğrultusunda değişken olan D_f , tekne boyu doğrultusundaki dağıtım faktörünü ve gerek dalga çukuru gerekse de dalga tepesinde değişkenlik gösteren F_f katsayısı göz önüne alındığında tekne boyu doğrultusunda aşağıdaki eşitlikler elde edilir.

$$M_{DW} = -1 \times 1 \times 4956,735 = -4956,735 \text{ kNm} \text{ dalga çukurunda tekne kış bölgesinden } 12,4 \text{ m ile } 20,15 \text{ m arasındaki bölgelerde,}$$

$$M_{DW} = -1 \times 1 \times 4956,735 = +4956,735 \text{ kNm} \text{ dalga tepesinde tekne kış bölgesinden } 12,4 \text{ m ile } 20,15 \text{ m arasındaki bölgelerde,}$$

$M_{DW} = 0$ baş ve kış bölgelerdeki dinamik haldeki eğilme moment değerleri hesaplanmış olur.

DİNAMİK HALDEKİ KESME KUVVETİ HESABI

Seyir esnasında mastorideki dövünmeden dolayı oluşan dinamik eğilme momenti (7.1) eşitliği ile verilir [5].

Burada,

L_R , teknenin kural boyunun metre cinsinden karşılığı,

K_f , (5.3)'den hesaplanan ve kesme kuvveti hesabında kullanılacak, tekne boyu doğrultusundaki dağıtım kat sayısını,

M_D , (6.2)'de hesaplanan, seyir esnasında düşey yönde etki eden ve dalga kuvveti etkisi ile oluşan moment değerinin, kNm cinsinden karşılığını simgeler.

$$Q_{DW} = \frac{4 x k_f x M_D}{L_R} \text{ (kN)} \quad (7.1)$$

Daha önceden tekne boyu doğrultusundaki hesaplanan her bir farklı K_f değeri için, bu değerler (7.1)'de yerine konularak, ilgili bölgelerin kesme kuvveti eşitlikleri aşağıdaki gibi oluşturulmuştur.

$$Q_{DW} = \frac{4 x - 0,92 x - 4956,735}{31} = 588,412 \text{ kN} \text{ teknenin kış bölgesinden 6,2 m ile 9,3 m arası bölgesi için,}$$

$$Q_{DW} = \frac{4 x - 0,7 x - 4956,735}{31} = 477,70 \text{ kN} \text{ teknenin kış bölgesinden 12,4 m ile 18,6 m arası bölgesi için,}$$

$$Q_{DW} = \frac{4 x - 0,797 x - 4956,735}{31} = 509,744 \text{ kN} \text{ teknenin kış bölgesinden 21,7 m ile 26,35 m arası bölgesi için,}$$

$Q_{DW} = 0$ teknenin baş ve kıç bölgesi için hesaplanan dinamik kesme kuvveti büyüklükleridir.

MAXSURF YAZILIMI İLE BOYUNA MUKAVEMET ANALİZİ

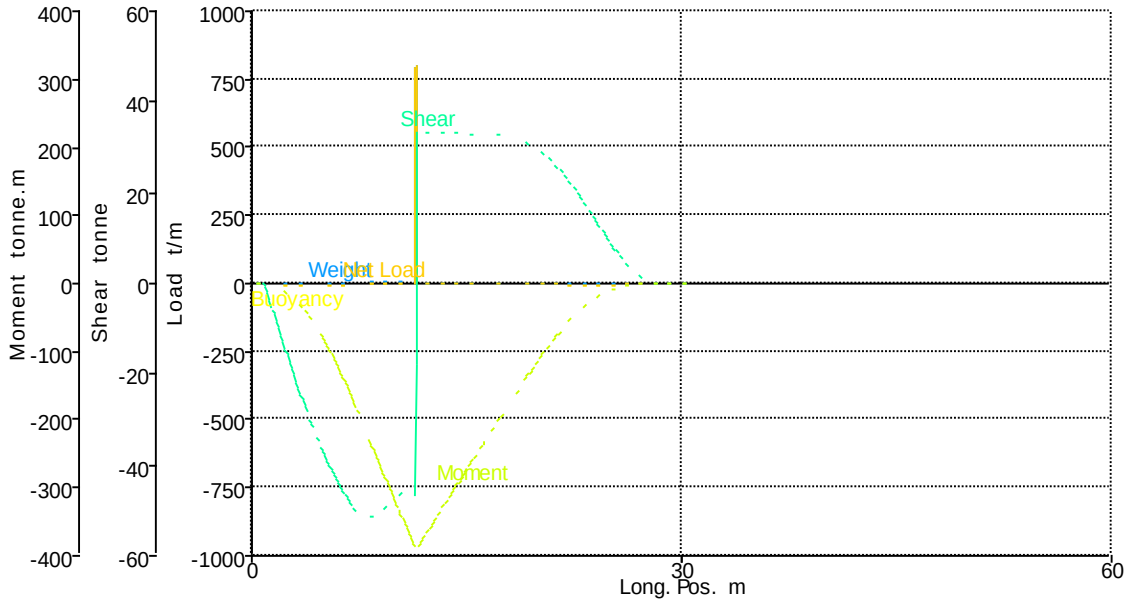
Bu bölümde, bir önceki bölümler olan Bölüm 6 ve Bölüm 7'deki Lloyd's ampirik formülleri ile hesaplanan kesme kuvveti ve eğilme momenti büyüklüklerinin, bilgisayar destekli gemi tasarımında yaygınca kullanılan bir yazılım olan, MAXSURF paket yazılımında bulunan HYDROMAX modülünde, boyuna mukavemet hesapları yapılarak elde edilen değerler ile karşılaştırılması amaçlanmıştır.

MAXSURF, herhangi bir yüzer yapının, belirtilen kontrol noktaları yardımı ile yapı formunun çeşitli spline teknikleri vasıtasıyla bilgisayar ortamında modellenmesi için tasarlanmış bir programdır. Bu yazılımda, yeni bir form tasarımı yapılmasının yanı sıra, mevcut yapının üzerinden alınan çeşitli kesitler vasıtasıyla yapının formunun belirlenmesi ve mevcut yapının endazesi yardımıyla modellenip, çeşitli hidrostatik, hidrodinamik, hız ve direnç hesapları da yapılabilir.

8.1 Tam Yüklü Durum

Bu yükleme durumu, boyuna mukavemet hesabında, teknenin her bir yakıt tankı, tatlı su tankı, gri su tankı ve pis su tanklarının tam dolu durumda olduğu göz önünde bulundurulmuştur. Yapılan simülasyonlarda, seyir esnasında tekneye, bu yükleme durumunda üç farklı dalga türünün etki edeceği göz önüne alınmıştır. Bunlar sinusoidal dalga konumu, trochoidal dalga konumu ve mastorideki sabit dalga yüksekliği konumlarıdır.

8.1.1 Sinusoidal Dalga Konumu



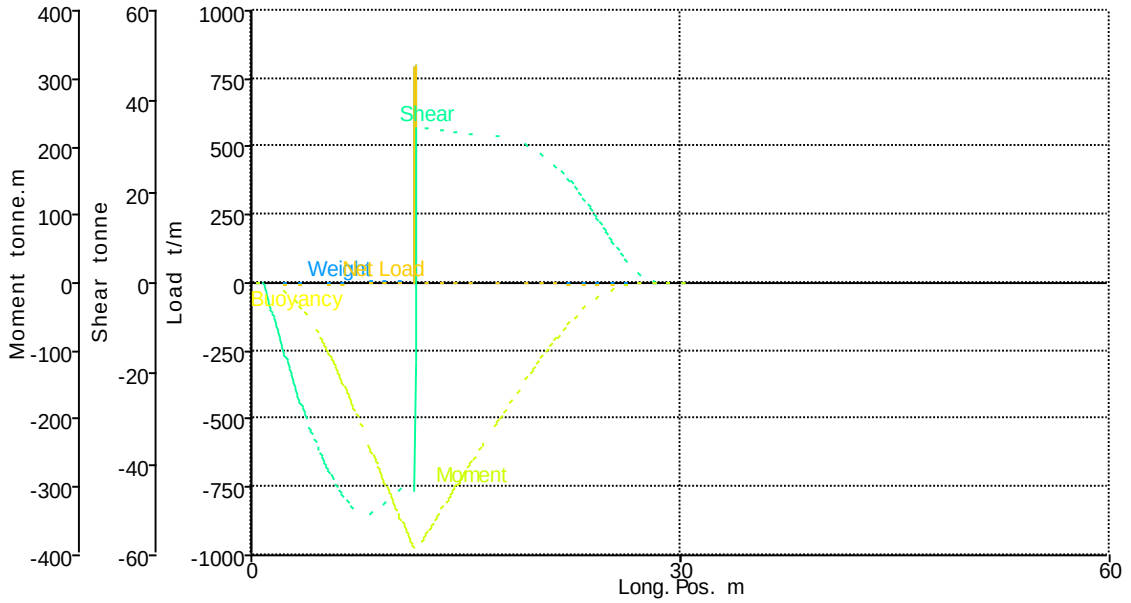
Şekil 8.1 Sinusoidal dalga konumundaki moment, kesme kuvveti ve yük diyagramı

Sinusoidal dalga konumunda, Şekil 8.1'de MAXSURF HYDROMAX sonuç grafiğinin açıklaması olarak, grafikteki y ordinat ekseninde üç farklı büyüklük gösterilmiştir. Bunlar; Load (t/m) ordinat eksen büyüklüğü olan, tekne boyuna doğrultusunda ki (apsis eksen) ton/m cinsinden yük dağılımı, Shear (tonne) ordinat eksen büyüklüğü olan, tekne boyuna doğrultusunda ki (apsis eksen) ton cinsinden kesme kuvveti ve Moment (tonne.m) ordinat eksen büyüklüğü olan, tekne boyuna doğrultusunda ki (apsis eksen) ton x m cinsinden eğilme momenti büyüklükleri verilmiştir.

Şekil 8.1'de Sinusoidal dalga konumunda, yeşil renkli eğrinin, Shear (tonne) ordinat ekseninde karşılığı olan maksimum kesme kuvvetinin 50 ton dolaylarında ve bunun da yaklaşık 500 kN olduğu gözlemlenmiştir. Lloyd's formülasyonundan da, (7.1)'den hesaplanan değer, maksimum 588 kN olduğu görülmektedir. Kesme kuvveti değerleri karşılaştırıldığında her iki sonucun birbirine yakın olduğu açıktır. Moment değerlerine bakılacak olursa; sarı renki eğrinin, Moment (tonne.m) ordinat ekseninde karşılığı olan maksimum eğilme moment değerinin 400 ton x metre, bunun da yaklaşık 4000 kN x m olduğu gözlemlenmiştir. Lloyd's formülasyonundan da, (6.1)'den hesaplanan değer maksimum 4957 kN x m olduğu görülmektedir. Eğilme momenti değerleri karşılaştırıldığında yine her iki sonucun da birbirine yakın olduğu açıktır. Sonuçlar genel

olarak incelendiğinde, Lloyd's hesaplarında elde edilen değerlerin, HYDROMAX yazılımında bulunan değerlerden büyük olmasının sebebinin, Lloyd's ampirik formüllerdeki emniyet katsayı değerlerinin yüksek olmasından kaynaklandığı söylenebilir.

8.1.2 Trokoidal Dalga Konumu



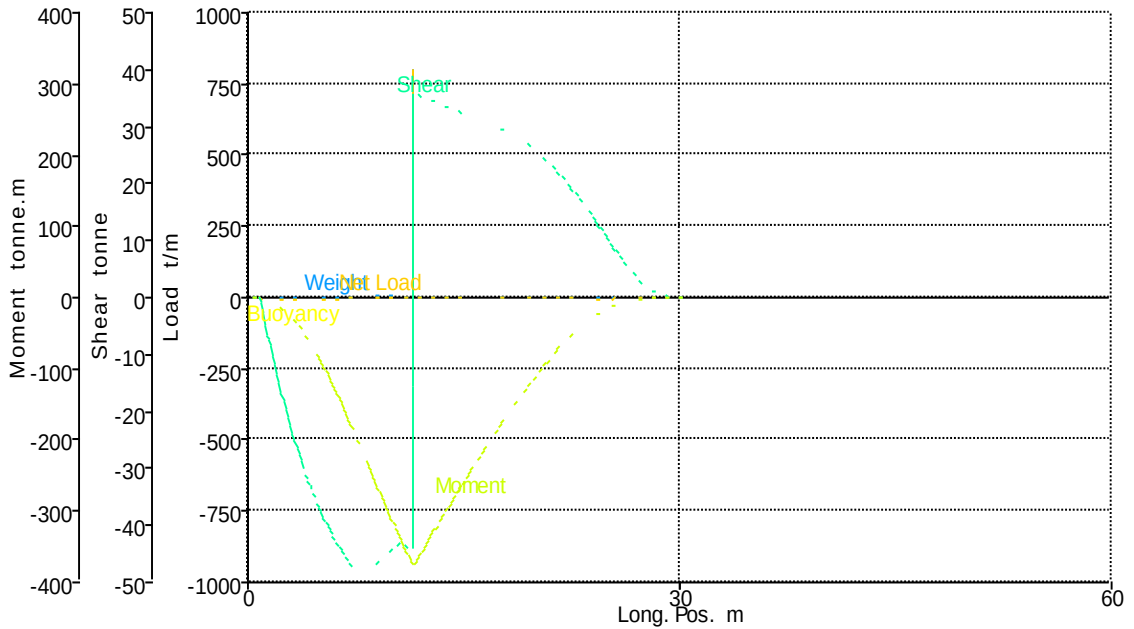
Şekil 8.2 Trokoidal dalga konumundaki moment, kesme kuvveti ve yük diyagramı

Trokoidal dalga konumunda, Şekil 8.2'de MAXSURF HYDROMAX sonuç grafiğinin açıklaması olarak, grafikteki y ordinat ekseninde üç farklı büyüklük gösterilmiştir. Bunlar; Load (t/m) ordinat ekseni büyüklüğü olan, tekne boyuna doğrultusunda ki (apsis ekseni) ton/m cinsinden yük dağılımı, Shear (tonne) ordinat ekseni büyüklüğü olan, tekne boyuna doğrultusunda ki (apsis ekseni) ton cinsinden kesme kuvveti ve Moment (tonne.m) ordinat ekseni büyüklüğü olan, tekne boyuna doğrultusundaki (apsis ekseni) ton x m cinsinden eğilme momenti büyüklükleri verilmiştir.

Şekil 8.2'de Trokoidal dalga konumunda, yeşil renkli eğrinin, Shear (tonne) ordinat ekseninde karşılığı olan, maksimum kesme kuvvetinin 50 ton dolaylarında ve bunun da yaklaşık 500 kN olduğu gözlemlenmiştir. Lloyd's formülasyonundan da, (7.1)'den hesaplanan değer maksimum 588 kN olduğu görülmektedir. Kesme kuvveti değerleri karşılaştırıldığında her iki sonucun birbirine yakın olduğu açıktır. Moment değerlerine

bakılacak olursa; sarı renki eğrinin, Moment (tonne.m) ordinat ekseninde karşılığı olan maksimum eğilme moment değerinin 400 ton x metre, bunun da yaklaşık 4000 kN x m olduğu gözlemlenmiştir. Lloyd's formülasyonundan da (6.1)'den hesaplanan değer maksimum 4957 kN x m olduğu görülmektedir. Eğilme momenti değerleri karşılaştırıldığında, yine her iki sonucun da birbirine yakın olduğu açıktır. Sonuçlar genel olarak incelendiğinde, Lloyd's hesaplarında elde edilen değerlerin, HYDROMAX yazılımında bulunan değerlerden büyük olmasının sebebinin, Lloyd's ampirik formüllerdeki emniyet katsayı değerlerinin yüksek olmasından kaynaklandığı söylenebilir.

8.1.3 Mastorideki Dalga Konumu



Şekil 8.3 Mastorideki moment, kesme kuvveti ve yük diagramı

Mastorideki dalga konumunda, Şekil 8.3'de MAXSURF HYDROMAX sonuç grafiğinin açıklaması olarak, grafikteki y ordinat ekseninde üç farklı büyüklük gösterilmiştir. Bunlar; Load (t/m) ordinat eksen büyüklüğü olan, tekne boyuna doğrultusunda ki (apsis eksen) ton/m cinsinden yük dağılımı, Shear (tonne) ordinat eksen büyüklüğü olan, tekne boyuna doğrultusunda ki (apsis eksen) ton cinsinden kesme kuvveti ve Moment (tonne.m) ordinat eksen büyüklüğü olan, tekne boyuna doğrultusunda ki (apsis eksen) ton x m cinsinden eğilme momenti büyüklükleri verilmiştir.

Şekil 8.3'de Mastorideki dalga konumunda, yeşil renkli eğrinin, Shear (tonne) ordinat ekseninde karşılığı olan, maksimum kesme kuvvetinin 50 ton dolaylarında ve bunun da yaklaşık 500 kN olduğu gözlemlenmiştir. Lloyd's formülasyonundan da, (7.1)'den hesaplanan değerin maksimum 588 kN olduğu görülmektedir. Kesme kuvveti değerleri karşılaştırıldığında her iki sonucun birbirine yakın olduğu açıktır. Moment değerlerine bakılacak olursa; sarı renki eğrinin, Moment (tonne.m) ordinat ekseninde karşılığı olan, maksimum eğilme moment değerinin 400 ton x metre, bunun da yaklaşık 4000 kN x m olduğu gözlemlenmiştir. Lloyd's formülasyonundan da, (6.1)'den hesaplanan değerin maksimum 4957 kN x m olduğu görülmektedir. Eğilme momenti değerleri karşılaştırıldığında yine her iki sonucun da birbirine yakın olduğu açıktır. Sonuçlar genel olarak incelendiğinde, Lloyd's hesaplarında elde edilen değerlerin, HYDROMAX yazılımında bulunan değerlerden büyük olmasının sebebinin, Lloyd's ampirik formüllerdeki emniyet katsayı değerlerinin yüksek olmasından kaynaklandığı söylenebilir.

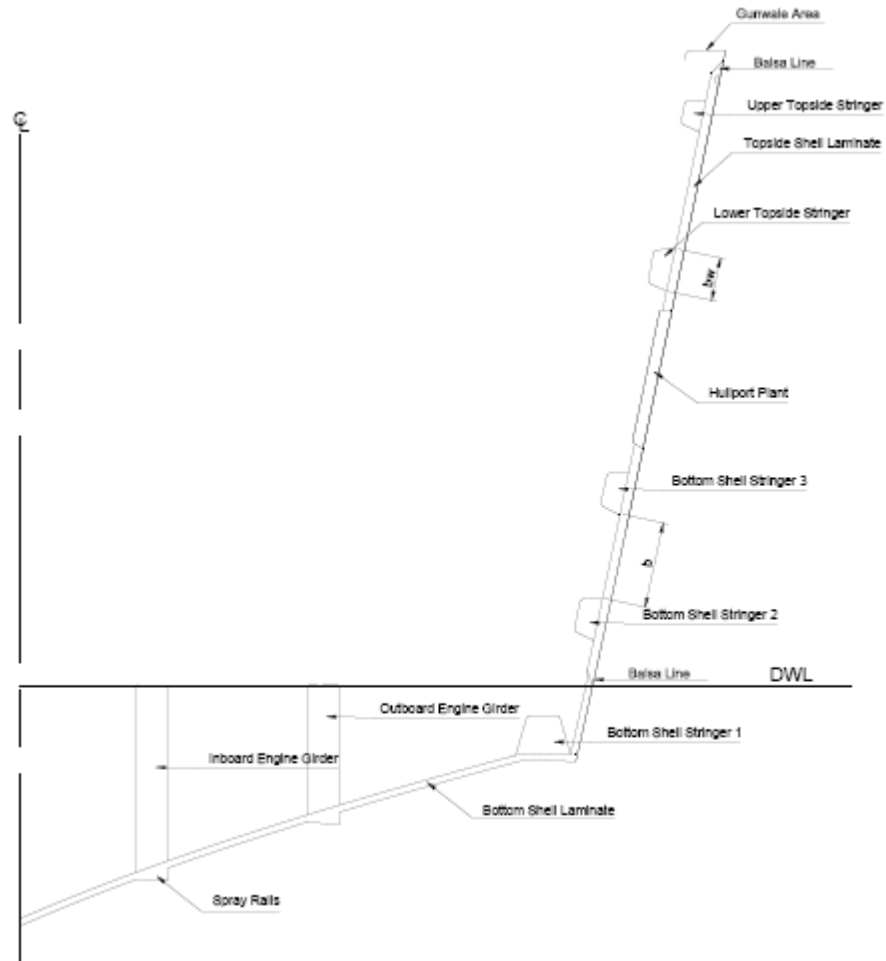
BÖLÜM 9

LAMİNASYON PLANLARI

Bu bölümde, teknenin gövde kabuğu ve gövde elemanlarından başlanarak, güverte kabuğu ve güverte elemanlarının, önceki bölümlerde teknenin her bir bölümü için ayrı ayrı hesaplanmış olan basınç yükleri, kesme kuvvetleri ve eğilme momentleri göz önüne alınarak, Lloyd's Register, İngiliz Loydu kuralları doğrultusunda, boyutlandırılması ve gerekli kalınlık hesapları yapılacaktır. Boyutlandırma ve kalınlık hesapları işleminden sonra bu bölgelerde kullanılacak olan yapısal malzemelerin seçimi yapılacaktır. Daha sonra gerekli kalınlık hesabı ve malzeme seçimi yapılan bu bölgelere gerekli elyaf planı yani laminasyon planı belirlenecektir. Teknenin her bir bölümü ve elemanı için belirlenecek olan laminasyon planları yine Lloyd's Register, İngiliz Loyd'u kuralları ampirik formülleri ile analiz edilerek, teknenin her bir bölümü ve elemanı üzerinde kullanılacak malzemelerin gerilme ve çökme hesapları yapılacaktır. Teknenin her bir bölümü için yapılacak hesaplamalar sonucu elde edilen değerler, Lloyd's Register, İngiliz Loyd'unun müsaade ettiği değerler ile karşılaştırılacaktır. Sonuç olarak Lloyd's Register, İngiliz Loyd'u kuralları gereği inşaa edilecek olan teknenin uygun bir laminasyon planı oluşturulacaktır.

Ayrıca bu bölümde, teknenin her bir bölümü ve yapısal elemanı için Lloyd's Register, İngiliz Loydu kurallarına göre belirlenecek laminasyon planlarının, sonlu elemanlar yöntemi kullanarak, üç boyutlu modellenen yapılar üzerinde, yapı malzemelerini de göz önünde bulundurarak hesaplama yapan, ANSYS yazılımı ile de simülasyonu yapılacaktır. Yapılan bu simülasyonlar sonucunda teknenin her bir bölgesi için yapılacak olan Lloyd's Register, İngiliz Loydu teorik ve ampirik formüle dayalı hesapları ve ANSYS yazılımı

simülasyon sonuçları, uygulanan malzemelerin gerilme değerleri ve çökme değerleri açısından karşılaştırılacaktır.



Şekil 9.1 Tekne orta kesit elemanları tanıtımı

9.1 Gövde Kaplaması Laminasyon Planları Hesabı

Bu bölümde, tekne dip kabuk kaplaması ve tekne borda kabuk kaplaması için Lloyd's Register, İngiliz Lloyd kuralları doğrultusunda, önceki bölümlerde hesaplanmış olan ilgili bölgeye ait basınç yükleri, kesme kuvvetleri ve eğilme momentleri göz önünde bulundurularak, gerekli kabuk kalınlıkları hesaplanacaktır. Bulunan kalınlık ölçülerine

göre de bu bölgelere uygun olan elyaf planları yani laminasyon planları belirlenecektir. Belirlenecek olan elyaf planları ve kalınlık değerlerine göre de bu bölgelerdeki gerilme ve çökme değerleri, Lloyd's Register, İngiliz Loydu kuralları doğrultusunda hesaplanacaktır. Ayrıca hesaplanacak olan değerler, Lloyd's Register, İngiliz Loydu'nun müsaade ettiği değerler ile karşılaştırılacaktır. Bir sonraki aşamada da belirlenen elyaf planı yani laminasyon planları üzerinde hesaplanan gerilme ve çökme değerleri ile ANSYS yazılımı ile elde edilecek simülasyon sonuçlarındaki değerler karşılaştırılacaktır.

9.1.1 Dip Kaplama Laminasyon Planlarının Belirlenmesi

Dip kaplama laminasyon planlarının belirlenmesi için bu kaplama üzerine etki edecek olan eğilme momentinin hesaplanması gerekmektedir. Bu moment değeri (9.2) eşitliği yardımıyla hesaplanmaktadır.

Burada,

k , (9.3)'den hesaplanan kat sayısı,

p , (3.4)'den hesaplanan basıncın kN/m^2 cinsinden karşılığını,

b , desteklenmeyen levha genişliğinin mm olarak karşılığını,

b_w , paneli destekleyen stringer genişliğinin mm olarak karşılığını simgeler.

$b = 1000 \text{ mm}$,

$b_w = 150 \text{ mm}$,

$$\gamma = \frac{b_w}{b} = \frac{150}{1000} = 0,15, \quad (9.1)$$

$$M_b = \frac{kpb^2}{12} \times 10^{-5} \text{ Nm}, \quad (9.2)$$

$$k = \frac{\gamma^3 + 1}{\gamma + 1} = 0,8725. \quad (9.3)$$

Yukarıda bulunan değerler (9.2)'de yerine konulursa aşağıdaki eşitlik elde edilir.

$$M_b = \frac{0,875 \times 137,5 \times 1000^2}{12} \times 10^{-5} = 100 \text{ Nm}.$$

Bu bölgedeki laminasyon kalınlığı ise (9.4) eşitliği yardımıyla hesaplanır.

Burada,

b , desteklenmeyen levha genişliğinin mm olarak karşılığı,

E_{tp} , paneldeki çekme yükü altındaki Young modülünün N/mm^2 cinsinden karşılığı,

p , (3.4)'den hesaplanan basıncın kN/m^2 cinsinden karşılığı simgeler.

$$t = 0,146 \times b \times \sqrt[3]{\frac{p}{E_{tp}}} \quad (9.4)$$

Değerlerin (9.4)'de yerine konulmasıyla, aşağıdaki eşitlikten dip kaplama kalınlığı hesaplanmış olur.

$$t = 0,146 \times 1000 \times \sqrt[3]{\frac{137,5}{14709,16}}$$

$$t_{dip \text{ kaplama}} = 30,75 \text{ mm} .$$

Bu bölge için kalınlık hesabı belirlendikten sonra bu kalınlığı oluşturacak olan elyaf katları belirlenir. Her bir elyaf katı, Çizelge 9.1'de mekanik özellikleri ve kalınlıkları tanımlanmak şartı ile yerleştirilerek aşağıdaki formüller ve simgeler çizelgeye tanımlanır. Böylece Lloyd's hesaplama tablosu oluşturulmuş olur.

$$I_{na} = I_{xx} - Ay^2 \quad (9.5)$$

$$EI_{kesit} = \sum EI_{dip} - (\sum E_t) x 10 x y^2 \quad (9.6)$$

y , dip noktadan den tarafsız eksene olan düşey mesafe (mm)

$$\sigma_{ti} = \frac{E_{ti} x y_i x M}{\sum (E_i I_i)} x 10^{-1} N/mm^2 \quad (9.7)$$

E_i , her bir E_{ti} veya E_{ci} kat Young modülünün tarafsız eksenin alt veya üst konumuna bağlıdır.

y_i , laminasyon en dış elyaf katı ile tarafsız eksen arasındaki mesafe (mm).

$\sigma_{ult \text{ tension}}$, her bir elyaf katının maksimum çekme dayanımı.

$\sigma_{ult \text{ comprassion}}$, her bir elyaf katının maksimum basma dayanımı.

$\frac{\sigma_{ti}}{\sigma_{ult}} \leq 0,28$ dip kaplamada en fazla müsaade edilebilecek elyaf gerilme oranlarıdır.

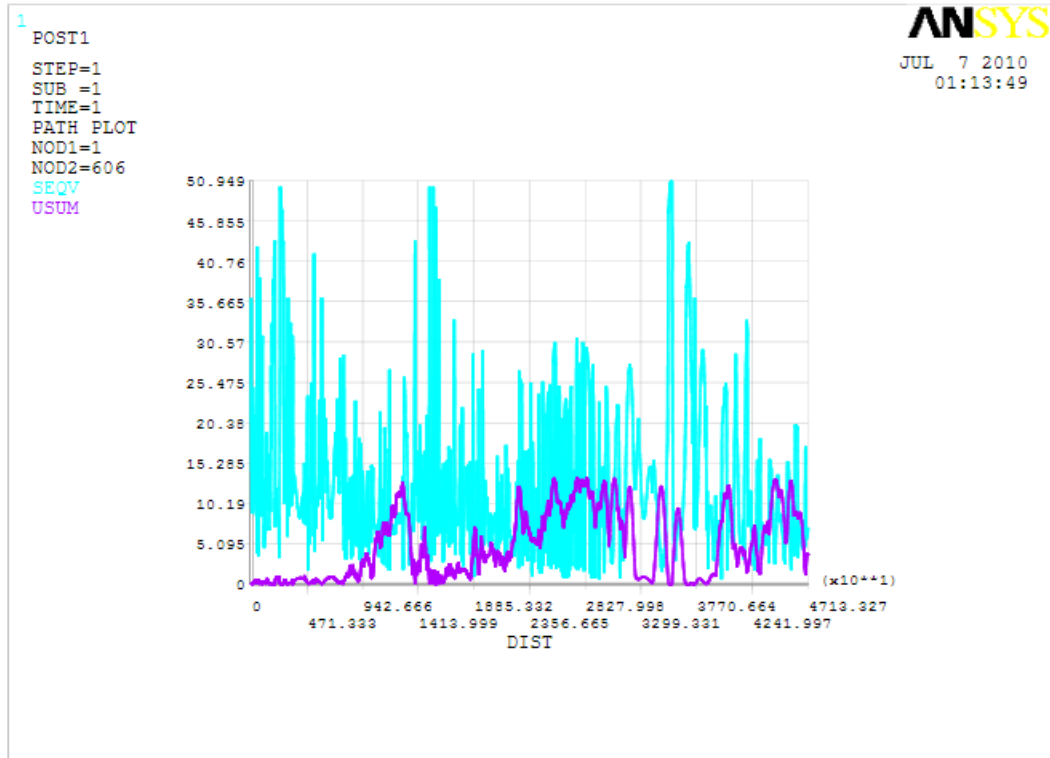
Herhangi bir elyaf katındaki gerilme oranı 0,28 den büyük ise, bu değer Lloyd's müsaade değerleri olan 0,28 değerini aşmış olur. Bu durumda laminasyon katları değiştirilip, hesaplamının tekrar yapılması gerekmektedir.

Çizelge 9.1 Dip kaplama laminasyon planı hesaplama tablosu

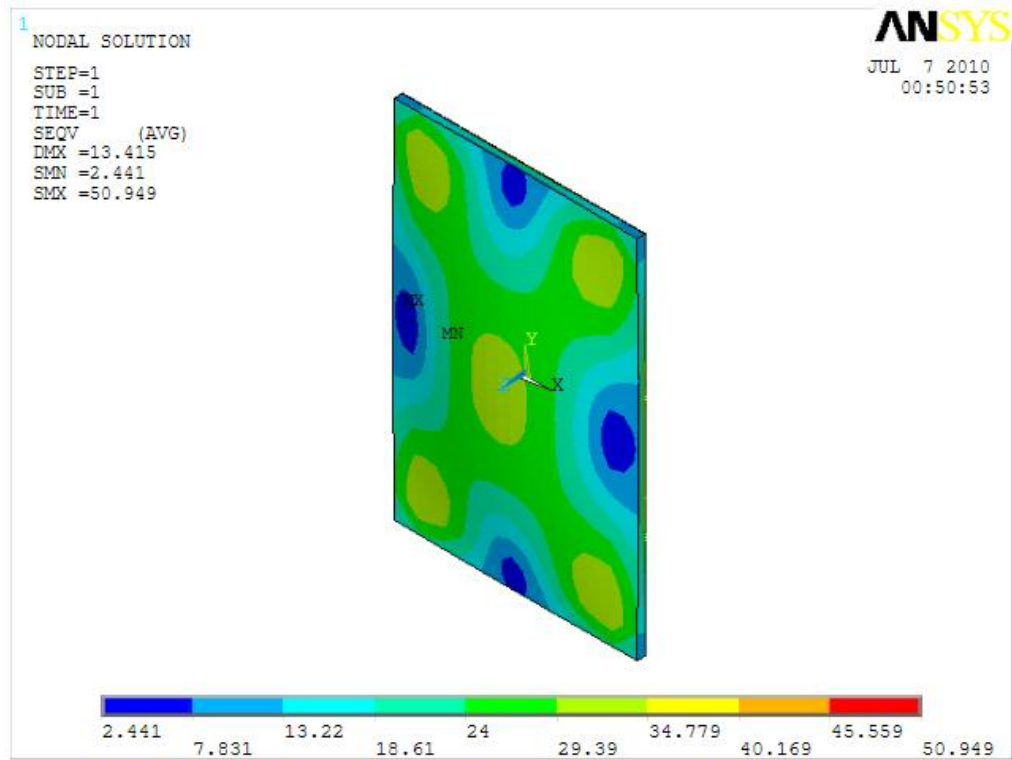
	Layar No.	Açıklama	Gc	Ağırlık (g/m ²)	t (mm)	Tabana olan mesafe, x (mm)	E (N/mm ²)	E.t	E.t.x	İ tabandaki	El tabandaki	yl (mm)	B x y l	σ_{11} N/mm ²	σ_{22} N/mm ²	ϵ_{11} /	ϵ_{22} / ϵ_{22}
İç-Konu	1	Q1200	0,65	1200	1,05	34,685	11500	12075	418821,4	12632,0169	145268193,9	18,85586	216842,4	43,90087	180	0,24389371	
	2	Q1200	0,65	1200	1,05	33,635	11500	12075	406142,6	11878,7889	136606071,9	17,80586	204767,4	41,45622	180	0,230312343	
	3	Q1200	0,65	1200	1,05	32,585	11500	12075	393463,9	11148,7134	128210203,7	16,75586	192692,4	39,01158	180	0,216730975	
	4	Q1200	0,65	1200	1,05	31,535	11500	12075	380785,1	10441,7904	120080589,2	15,70586	180617,4	36,56688	180	0,203149607	
	5	Q1200	0,65	1200	1,05	30,485	11500	12075	368106,4	9758,01986	112217228,4	14,65586	168542,4	34,12278	180	0,189566239	
	6	Q1200	0,65	1200	1,05	29,435	11500	12075	355427,6	9097,40186	104620121,4	13,60586	156467,4	31,67764	180	0,175986872	
	7	Q1200	0,65	1200	1,05	28,385	11500	12075	342748,9	8459,93636	97280268,17	12,55586	144392,4	29,23299	180	0,162406504	
	8	Q1200	0,65	1200	1,05	27,335	11500	12075	330070,1	7845,62336	90224668,67	11,50586	132317,4	26,78834	180	0,148834136	
	9	Q1200	0,65	1200	1,05	26,285	11500	12075	317391,4	7254,46286	83426322,92	10,45586	120242,4	24,3437	180	0,135242769	
	10	Q1200	0,65	1200	1,05	25,235	11500	12075	304712,6	6686,45486	76894230,92	9,40586	108167,4	21,89905	180	0,121661401	
	11	İ7850	0,65	850	0,74	24,34	20000	14800	360232	4384,02344	87680468,8	8,35586	167117,2	33,83375	169,5	0,199609141	
	12	İ7850	0,65	850	0,74	23,6	20000	14800	349280	4121,504	82430080	7,61586	152317,2	30,83741	169,5	0,18193164	
	13	İ7850	0,65	850	0,74	22,86	20000	14800	338328	3867,08904	77341780,8	6,87586	137517,2	27,84108	169,5	0,164254138	
	14	İ7850	0,65	850	0,74	22,12	20000	14800	327376	3620,77856	72415571,2	6,13586	122717,2	24,84474	169,5	0,146576636	
	15	Q1200	0,65	1200	1,05	21,225	11500	12075	256291,9	4730,25656	54397950,47	5,38586	62052,41	12,56283	180	0,066793511	
	16	Q1200	0,65	1200	1,05	20,175	11500	12075	243613,1	4273,82156	49149947,97	4,43586	49977,41	10,11819	180	0,056212143	
	17	Q1200	0,65	1200	1,05	19,125	11500	12075	230934,4	3840,53906	44166199,22	3,29586	37902,41	7,67354	180	0,042630775	
	18	Q1200	0,65	1200	1,05	18,075	11500	12075	218255,6	3430,40906	39449704,22	2,24586	25827,41	5,228893	180	0,029049408	
	19	Q1200	0,65	1200	1,05	17,025	11500	12075	205576,9	3043,43156	34999462,97	1,19586	13752,41	2,78427	180	0,01546804	
	20	Q1200	0,65	1200	1,05	15,975	11500	12075	192898,1	2679,60656	30815475,47	0,904138	10397,59	2,105045	180	0,011694696	
	21	Q1200	0,65	1200	1,05	14,925	15750	235068,8	2338,93406	35084010,94	1,954138	29312,07	5,93438	210	0,028258953		
	22	Q1200	0,65	1200	1,05	13,875	15750	218531,3	2021,41406	30321210,94	3,004138	45062,07	9,123049	210	0,043443091		
	23	Q1200	0,65	1200	1,05	12,825	15750	201993,8	1727,04656	25905698,44	4,054138	60812,07	12,31172	210	0,058672729		
	24	Q1200	0,65	1200	1,05	11,775	15750	185456,3	1455,83156	21837473,44	5,104138	76662,07	15,50039	210	0,073811366		
	25	Q1200	0,65	1200	1,05	10,725	15750	168918,8	1207,76906	18116535,94	6,154138	92312,07	18,68906	210	0,088995504		
	26	AG620	0,58	620	0,7	9,85	30000	21000	206890	679,1575	20374725	6,854138	206624,1	41,62967	300	0,138765668	
	27	İ7850	0,65	850	0,74	9,13	19000	14060	128367,8	616,94106	11719980,14	7,994138	144288,6	29,21198	250	0,11684791	
	28	İ7850	0,65	850	0,74	8,39	19000	14060	117963,4	520,90154	9897129,26	8,334138	158348,6	32,0585	250	0,128233989	
	29	AG620	0,58	620	0,7	7,67	30000	21000	161070	411,8023	12354069	9,084138	271024,1	54,87024	300	0,182900795	
	30	İ7850	0,65	850	0,74	6,95	19000	14060	97717	357,4385	6791331,5	9,774138	185708,6	37,99767	250	0,150390683	
	31	İ7850	0,65	850	0,74	6,21	19000	14060	87312,6	285,37434	5422112,46	10,51414	199768,6	40,44419	250	0,161776762	
	32	AG620	0,58	620	0,7	5,49	30000	21000	115290	210,9807	6329421	11,21414	336424,1	68,11081	300	0,227036023	
	33	Q1200	0,65	1200	1,05	4,615	15750	72686,25	223,631363	3354470,438	12,26414	183962,1	37,24407	210	0,177352725		
	34	İ7850	0,65	850	0,74	3,72	19000	14060	52303,2	102,40416	1949679,04	13,00414	247078,6	50,02234	250	0,200089379	
	35	İ7850	0,65	850	0,74	2,98	19000	14060	41888,8	65,71496	1248534,24	13,74414	261138,6	52,86886	250	0,211475457	
	36	İ7600	0,65	600	0,52	2,35	19000	9880	23218	28,717	545623	14,26414	271018,6	54,86912	250	0,219476486	
	37	CSM600	0,33	600	1,25	1,465	6860	8687,5	1277,27	26,8278125	126453,2969	15,51414	107823,3	21,82938	91	0,239883257	
	Değerler	38	CSM300	0,27	300	0,84	0,42	6050	5082	2134,44	1,48176	8964,648	16,35414	98942,53	20,03143	79	0,253562377
					35,21				517909,5	8469963	1879126013						
Nötreksenin base den mesafesi (mm)			16,354138 E.t.x/E.t														
Kesitin Çekme Elastisite Modülü (N/mm ²)			14709,16 E.t/t														
Nötre eksende ki E rijitliği (Ncm ⁴ /mm ²)			48893,651 (1cm ilk şerit genişliğine göre)														

(Çizelge 9.1) oluşturulmasında, [6], [13] ve [14] den faydalanıldı.

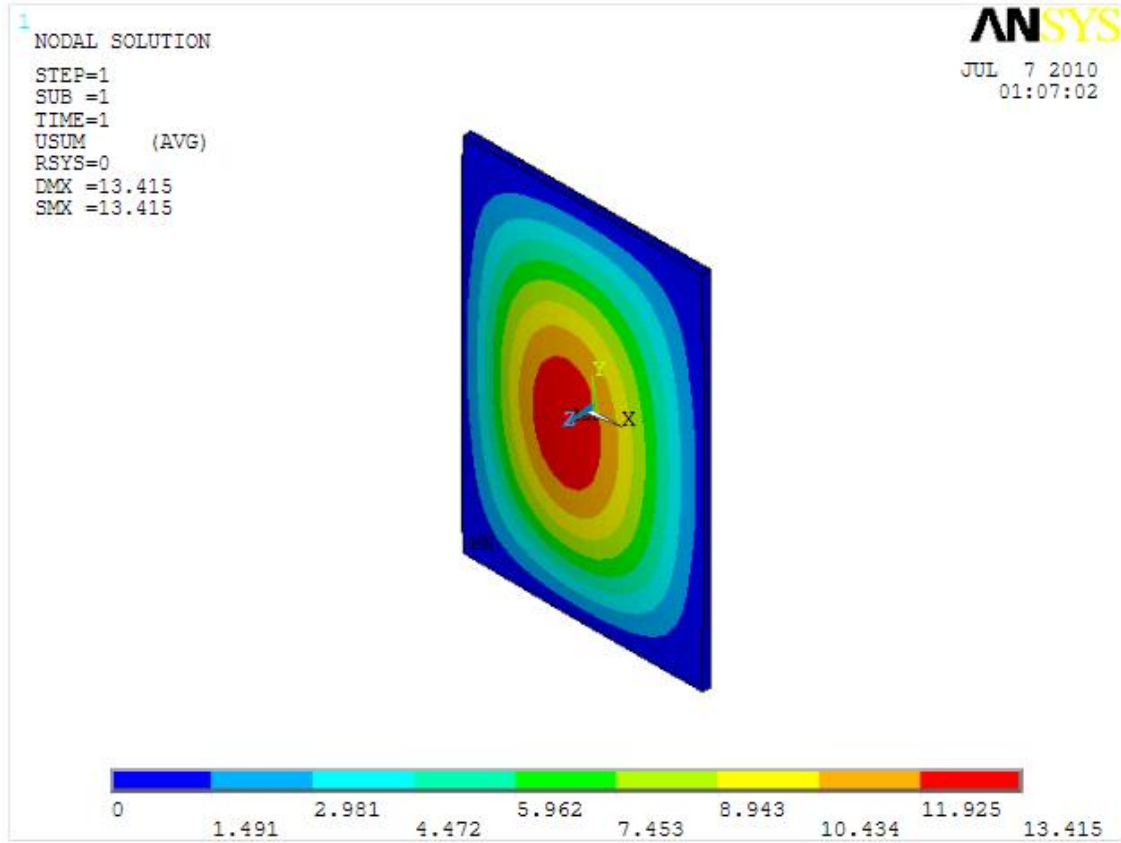
9.1.1.1 ANSYS Yazılımı İle Dip Kaplaması Hesaplama Sonuçları



Şekil 9.2 Ansys dip kaplaması gerilme grafiği



Şekil 9.3 ANSYS dip kaplaması gerilme görüntüsü



Şekil 9.4 ANSYS dip kaplaması çökme görüntüsü

Sonuçlar karşılaştırıldığında, elyaf katmanlarında, ANSYS yazılımı ile Şekil 9.3’de, en fazla 30 MPa büyüklüğünde bir gerilmenin, plaka merkez bölgesinde olduğu görülmektedir. Lloyd’s hesaplama tablosu Çizelge 9.1’de bakıldığında, her bir elyaf katındaki gerilme toplamının aritmetik ortalaması alındığında, ortalama plaka üzerine 137 kN/m^2 yayılı bir basınç altında 28,66 MPa büyüklüğünde bir gerilme oluştuğu da hesaplanmıştır. Böylelikle, her iki hesaplama sonucu, bu bölge hesabında birbirine yakındır. Ayrıca, çökme değerlerine de değinecek olursak, ANSYS yazılımında Şekil 9.4’de en fazla çökmenin plaka ortasında ve bunun da 11 – 12 mm dolaylarında bir çökme olduğu görülmektedir.

9.1.2 Borda Kaplaması Laminasyon Planlarının Belirlenmesi

Borda kaplaması laminasyon planlarının belirlenmesi için, bu kaplamada kullanılacak olan çekirdek malzemenin kalınlığının belirlenmesi gerekmektedir. Bu çekirdek malzemenin kalınlık değeri (9.8) eşitliği yardımıyla hesaplanmaktadır.

Burada,

ϕ , çekirdek malzeme kalınlık hesabında kullanılacak katsayısı,

k_s , kompozit lamine panel düzeltme oranı faktörünü,

b , desteklenmeyen levha genişliğinin mm olarak karşılığını,

p , (3.6)'dan hesaplanan basıncın kN/m^2 cinsinden karşılığını,

E_{tps} , kompozit lamine paneldeki çekme yükü altındaki Young modülünün N/mm^2 cinsinden karşılığını simgeler.

$$t_s = \phi x k_s x b x \sqrt[3]{\frac{p}{E_{tps}}} \text{ mm} \quad (9.8)$$

Değerlerin (9.8)'de yerine konulmasıyla, aşağıdaki eşitlikten çekirdek malzeme kalınlığı hesaplanmış olur.

$$t_s = 0,144 \times 1000 \times \sqrt[3]{\frac{105,57}{11000}} = 30,60 \text{ mm} \cong 38,1 \text{ mm} \text{ dir.}$$

Kullanılacak olan çekirdek malzemenin tipini belirlemek için (9.9)'den yararlanılır.

Burada,

p , (3.6)'dan hesaplanan basıncın kN/m^2 cinsinden karşılığını,

b , desteklenmeyen levha genişliğinin mm olarak karşılığını,

k_s , kompozit lamine panel düzeltme oranı faktörünü,

τ_c , kullanılacak olan çekirdek malzemenin kayma gerilmesi dayanımının N/mm^2 cinsinden karşılığını simgeler.

$$\tau_c = \frac{p \times b \times k_s}{2 \times t_c} \times 10^{-3} \text{ N/mm}^2 \quad (9.9)$$

Değerlerin (9.9)'da yerine konulmasıyla, aşağıdaki eşitlikten çekirdek malzede oluşacak kayma gerilmesi hesaplanmış olur.

$$\tau_c = \frac{105,57 \times 1000 \times 1}{2 \times 38,1} \times 10^{-3} \cong 1,38 \frac{N}{mm^2}$$

SB150 38,1 mm kayma gerilme dayanımı = 4,9 N/mm² [24],

$$\frac{\tau_c}{\tau_{balsa}} = \frac{1,38}{4,9} = 0,28 \leq 0,3 \text{ olduğundan bu malzeme seçilmiştir.}$$

Borda kaplaması laminasyon planlarının belirlenmesi için bu kaplama üzerine etki edecek olan eğilme momentinin hesaplanması gerekmektedir. Bu moment değeri (9.10) eşitliği yardımıyla hesaplanmaktadır.

Burada,

k , (9.11)'den hesaplanan kat sayısı,

p , (3.4)'den hesaplanan basıncın kN/m² cinsinden karşılığını,

b , desteklenmeyen levha genişliğinin mm olarak karşılığını,

bw , paneli destekleyen stringer genişliğinin mm olarak karşılığını simgeler.

$$M_b = \frac{k \times p \times b^2}{12} \times 10^{-5} \text{ Nm}, \quad (9.10)$$

$$p = 105,57 \text{ kN} / m^2,$$

$$b = 1000 \text{ mm dir.}$$

$$k = \frac{\gamma^3 + 1}{\gamma + 1} \quad (9.11)$$

$$\gamma = \frac{bw}{b} = \frac{150}{1000} = 0,15$$

Bu değer, (9.11)'de yerine konulduğunda, aşağıdaki eşitlik elde edilir.

$$k = \frac{\gamma^3 + 1}{\gamma + 1} = 0,8725$$

Yukarıda bulunan değerler (9.10)'da yerine konulursa aşağıdaki eşitlik elde edilir.

$$M_b = 76,75 \text{ Nm}$$

Borda kaplaması laminasyon planlarının iç ve dış katman kalınlıklarının belirlenmesi için (9.12)'den yararlanılır.

Burada,

p , (3.4)'den hesaplanan basıncın kN/m² cinsinden karşılığını,

b , desteklenmeyen levha genişliğinin mm olarak karşılığı,

ϕ , çekirdek malzeme kalınlık hesabında kullanılacak katsayısı,

τ_c , kullanılacak olan çekirdek malzemenin kayma gerilmesi dayanımının N/mm^2 cinsinden karşılığı,

E_{tps} , kompozit lamine paneldeki çekme yükü altındaki Young modülünün N/mm^2 cinsinden karşılığı simgeler.

$$t_s = \frac{\phi^2 x p x b^3}{E_{tps} x t_c^2} x (10)^{-3} mm \quad [8] \quad (9.12)$$

Yukarıda bulunan değerler (9.12)'de yerine konulursa aşağıdaki eşitlikler elde edilir.

Burada iç ve dış katman laminasyon kalınlık hesaplarında her iç ve dış için farklı ϕ değeri kullanılmıştır.

$$t_{iç katman} = 0,446 x \frac{105,57}{11000} x \frac{1000^3}{38,1^2} x 10^{-3} = 2,95 mm ,$$

$$t_{dış katman} = 0,594 x \frac{105,57}{11000} x \frac{1000^3}{38,1^2} x 10^{-3} = 3,93 mm \text{ dir.}$$

Son olarak, $t_{iç katman} = 3 mm$, $t_{dış katman} = 4 mm$ olarak belirlenir.

9.1.2.1 Dış Katman Laminasyon Planlarının Belirlenmesi

(9.12)'den hesaplanan kural kalınlık doğrultusunda aşağıdaki şekilde bir laminasyon planı oluşturulmuştur.

1 x CSM300 (Mat elyaf), $G_c = 0,27 = 0,84 mm$ kalınlığında,

1 x CSM600 (Mat elyaf), $G_c = 0,33 = 1,25 mm$ kalınlığında,

1 x LT600 (iki yönlü dikişli elyaf), $G_c = 0,65 = 0,52 mm$ kalınlığında,

2 x LT850 (iki yönlü dikişli elyaf), $G_c = 0,65 = 1,48 mm$ kalınlığında dir.

Toplam dış katman kalınlığı = 4,09 mm kalınlığında,

Toplam dış katman metrekare kütlesi = 3200 gr / m^2 olacak şekilde belirlenir.

9.1.2.2 İç Katman Laminasyon Planlarının Belirlenmesi

(9.12)'den hesaplanan kural kalınlık doğrultusunda aşağıdaki şekilde bir laminasyon planı oluşturulmuştur.

1 x Q1200 (dört yönlü dikişli elyaf), $G_c = 0,65 = 1,05 \text{ mm}$ kalınlığında,

3 x CLT450 (iki yönlü karbon dikişli elyaf), $G_c = 0,60 = 1,56 \text{ mm}$ kalınlığında,

1 x LT850 (iki yönlü dikişli elyaf), $G_c = 0,65 = 0,74 \text{ mm}$ kalınlığında dır.

Toplam iç katman kalınlığı = 3,35 mm kalınlığında,

Toplam dış katman metrekare kütlesi = $3400 \text{ gr} / \text{m}^2$ olacak şekilde belirlenir.

Karbon takviyeleri hesaplarında [13] den faydalanıldı.

Her bir elyaf katı, Çizelge 9.2'de mekanik özellikleri ve kalınlıkları tanımlanmak şartı ile yerleştirilerek (9.5), (9.6) ve (9.7)'deki bağıntılar çizelgeye tanımlanır. Böylece Lloyd's hesaplama tablosu oluşturulmuş olur.

Herhangi bir elyaf katındaki gerilme oranı 0,28 den büyük ise, bu değer Lloyd's müsaade değerleri olan 0,28 değerini aşmış olur. Bu durumda laminasyon katları değiştirilip, hesaplamanın tekrar yapılması gerekmektedir.

Çizelge 9.2 Borda laminasyon planı hesaplama tablosu

	Layer No.	Açıklama	G_c	Ağırlık (g/m ²)	t (mm)	Tabana olan mesafe, x (mm)	E (N/mm ²)	E.t	E.t.x	İ tabandaki	El tabandaki	yi (mm)	El x yi	σ_{x1} N/mm ²	σ_{x1s} N/mm ²	$\sigma_{x1} / \sigma_{x1s}$	strain permissible for using carbon
İç Yüzey	1	Q1200	0,65	1200	1,05	45,845	11500	12075	553578,4	22068,5223	253788006	18,27177	210125,3	20,58859	180	0,114381	0,192565937
	2	CLT450	0,6	450	0,52	45,06	60000	31200	140587,2	10558,0987	633485923,2	17,22177	103306	101,2459	360	0,281239	
	3	CLT450	0,6	450	0,52	44,54	60000	31200	138964,8	10315,8203	618949219,2	16,70177	1002106	98,18881	360	0,272747	
	4	CLT450	0,6	450	0,52	44,02	60000	31200	137342,4	10076,3541	604581244,8	16,18177	970906,1	95,13176	360	0,264255	
	5	CLT450	0,6	450	0,52	43,5	60000	31200	135720	9839,7	590382000	15,66177	939706,1	92,0747	360	0,255763	
	6	Q1200	0,65	1200	1,05	42,715	11500	12075	515783,6	19157,9979	220316975,4	15,14177	174130,3	17,06172	180	0,094787	0,158578907
S8150 Balza	7	250kg/m ³			38,1	23,14	5759	219417,9	5077330	204010,108	1174894210	14,09177	81154,5	7,951716	23,5	0,338371	
	8	LT850	0,65	850	0,74	3,72	19000	14060	52303,2	102,40416	1945679,04	24,74823	470216,4	46,07295	250	0,184292	
	9	LT850	0,65	850	0,74	2,98	19000	14060	41898,8	65,71496	1248584,24	25,48823	484276,4	47,45059	250	0,189802	
	10	LT600	0,65	600	0,52	2,35	19000	9880	23218	28,717	545623	26,00823	494156,4	48,41865	250	0,193675	
	11	CSM600	0,33	600	1,25	1,465	6950	8687,5	12727,19	26,8278125	186453,2969	27,25823	189444,7	18,56226	91	0,203981	
Dış Yüzey	12	CSM300	0,27	300	0,84	0,42	6050	5082	2134,44	1,48176	8964,648	28,09823	169994,3	16,65646	79	0,210841	
					46,37			420137,4	11805118		4100332883						
		Nötr eksenin base den mesafesi (mm)		28,09823	E.t.x/E.t												
		Kesitin Çekme Elastisite Modülü (N/mm ²)		9060,543	E.t/t												
		Nötr eksendeki El rijitliği (Ncm ⁴ /mm ²)		78330,36	(1cm lik şerit genişliğine göre)												

(Çizelge 9.2) oluşturulmasında, [6], [15], [16], [17] ve [18] dan faydalanıldı.

Laminasyon planı belirlenen borda kaplaması levhasının çökme miktarı (9.13) eşitliği yardımıyla hesaplanmaktadır.

Burada,

E_{ms} , kompozit lamine paneldeki çekme yükü altındaki Young modülünün N/mm^2 cinsinden karşılığı,

p , (3.4)'den hesaplanan basıncın kN/m^2 cinsinden karşılığı,

b , desteklenmeyen levha genişliğinin mm cinsinden karşılığı,

t_s , ortalama kat kalınlığının mm cinsinden karşılığı,

t_c , çekirdek malzeme kalınlığının mm cinsinden karşılığı,

G , çekirdek malzemenin kayma modülünün N/mm^2 cinsinden karşılığı simgeler.

$E_{ms} = 9060,543 N/mm^2$ Çizelge 9.2'den elde edilmiştir.

$b = 1000 mm$,

$G = 309 N/mm^2$ [24],

$t_s = \frac{(4,18+4,09)}{2} = 4,135 mm$ dir.

$$\delta = \frac{p \times b^2}{8 \times t_e} \left(\frac{b^2}{24 \times E_{ms} \times t_s \times t_c} + \frac{1}{G} \right) \times 10^{-3} mm \quad (9.13)$$

Bulunan değerlerin (9.13)'de yerine konmasıyla aşağıdaki çökme miktarı hesabı eşitliği elde edilir.

$$\delta = \frac{105,57 \times 1000^2}{8 \times 38,1} \left(\frac{1000^2}{24 \times 9060,543 \times 4,135 \times 38,1} + \frac{1}{309} \right) \times 10^{-3} mm = 11,23 mm \text{ toplam çökme değeridir.}$$

$$\delta_{kural} = \frac{b}{100} \Rightarrow 11,23 \leq \frac{1000}{100} \text{ olduğundan kabul edilebilir değerler içindedir.}$$

9.1.2.3 Balsa Hattında Boyuna Gerilme Kontrolü

Bu bölümde kullanılan çekirdek malzemenin tekne eni doğrultusundaki genişlik hesabı

$$\text{yapılmıştır. } \tau_s = 80 \times \sigma_c + 38 = 80 \times 0,65 \times 38 = 90 \frac{N}{mm^2} = 90 \times 0,33 =$$

$$29,7 N/mm^2 \quad (9.14)$$

$$t_w = 4,09 = \frac{59000}{(2 \times d_w \times 29,7)} \Rightarrow d_w = 2428,52 = 2500 mm \quad (9.15)$$

9.1.3 K pe te Takviye Laminasyon Planlarının Belirlenmesi

K pe te takviye laminasyon planının belirlenmesi için bu bölümde, Bölüm 9.1.2’den alınan değerler doğrultusunda aşağıdaki eşitlikler oluşturulmuştur.

$$t = 0,146 \times b \times x \sqrt[3]{\frac{p}{E_{tp}}} = 0,146 \times 1000 \times \sqrt[3]{\frac{28,49}{18432,46}} \Rightarrow t \cong 16,9 \text{ mm} \quad (9.16)$$

$$M_b = \frac{k \times p \times b^2}{12} \times 10^{-5} \text{ Nm} \Rightarrow M_b = \frac{0,8725 \times 28,49 \times 1000^2}{12} \times 10^{-5} = 20,71 \text{ Nm} \quad (9.17)$$

Karbon takviyeleri hesaplarında [13] den faydalanıldı.

Her bir elyaf katı,  izelge 9.3,  izelge 9.4 ve  izelge 9.5’de mekanik özellikleri ve kalınlıkları tanımlanmak şartı ile yerleştirilerek (9.5), (9.6) ve (9.7)’deki bağıntılar çizelgeye tanımlanır. Böylece Lloyd’s hesaplama tablosu oluşturulmuş olur.

Herhangi bir elyaf katındaki gerilme oranı 0,28 den büyük ise, bu değer Lloyd’s müsaade değerleri olan 0,28 değerini a mı  olur. Bu durumda laminasyon katları değiştirilip, hesaplamanın tekrar yapılması gerekmektedir.

Çizelge 9.3 K pe te laminasyon planı hesaplama tablosu

	Layer No.	Açıklama	Gc	Ağırlık (g/m ²)	t (mm)	Tabana olan mesafe, x (mm)	E (N/mm ²)	E.t	E.t.x	l tabandaki	El tabandaki	yl (mm)	El x yl	σ_{x1}	σ_{x2}	σ_{x3}	σ_{x4}	strain permissible for using carbon
İç Yüzey	1	Q1200	0,65	1200	1,05	58,095	11500	12075	701497,1	35437,8048	407534754,8	23,4168	268293,2	9,718546	180	0,053992	0,334215337	0,15181328
	2	X936	0,65	936	0,93	57,105	14000	13020	743507,1	30327,1235	424579729,5	22,3668	313135,2	11,30076	110	0,102734	0,319229252	
	3	L1000	0,65	1000	1	56,14	28000	28000	1571920	31516,996	882475888	21,4368	600230,3	21,66177	350	0,061891	0,305955863	
	5	X936	0,65	936	0,93	55,175	14000	13020	718378,5	28311,8098	396365337,4	20,4368	286115,2	10,32564	110	0,093869	0,291683402	
	6	L1000	0,65	1000	1	54,21	28000	28000	1517880	29387,241	822842748	19,5068	546190,3	19,71151	350	0,056319	0,278410013	
	8	X936	0,65	936	0,93	53,245	14000	13020	693249,9	26365,7792	369120909,3	18,5068	259095,2	9,350509	110	0,085005	0,264137551	
	9	L1000	0,65	1000	1	52,28	28000	28000	1463840	27331,984	765295552	17,5768	492150,3	17,76126	350	0,050746	0,250864162	
	10	X936	0,65	936	0,93	51,315	14000	13020	668121,3	24489,0318	342846445,1	16,5768	232075,2	8,375382	110	0,07614	0,236591701	
	11	L1000	0,65	1000	1	50,35	28000	28000	1409800	25351,225	709834300	15,6468	438110,3	15,811	350	0,045174	0,223318312	
	12	X936	0,65	936	0,93	49,385	14000	13020	642992,7	22681,5675	317541944,9	14,6468	205055,2	7,400255	110	0,067275	0,20904585	
	13	L1000	0,65	1000	1	48,42	28000	28000	1355760	23444,964	656458992	13,7168	384070,3	13,86075	350	0,039602	0,195772461	
	14	CLT450	0,6	450	0,52	47,66	60000	31200	1486992	11811,6731	708700387,2	12,7168	763007,8	27,53626	360	0,07649		
	15	CLT450	0,6	450	0,52	47,14	60000	31200	1470768	11555,3339	693320035,2	12,1968	731807,8	26,41028	360	0,073362		
	16	CLT450	0,6	450	0,52	46,62	60000	31200	1454544	11301,8069	678108412,8	11,6768	700607,8	25,2843	360	0,070234		
	17	CLT450	0,6	450	0,52	46,1	60000	31200	1438320	11051,092	663065520	11,1568	669407,8	24,15832	360	0,067106		
	18	Q1200	0,65	1200	1,05	45,315	11500	12075	547178,6	21561,2169	247953993,9	10,6368	12232,2	4,414532	180	0,024525		
SB150 Balta	19	250g/m ²			38,1	25,74	5799	219417,9	5647817	252430,636	1453748030	9,586797	55210,37	1,992492	23,5	0,084787		
	20	XT800	0,65	800	0,8	6,29	17000	13600	85544	316,5128	5380717,6	29,3132	498324,4	17,98408	270	0,066608		
	21	XT800	0,65	800	0,8	5,49	17000	13600	74664	241,1208	4099053,6	30,1132	511924,4	18,47489	270	0,068426		
	22	L1000	0,65	1000	1	4,99	28000	28000	128520	210,681	5899068	31,1132	871169,7	31,43972	434	0,072442		
	23	LT850	0,65	850	0,74	3,72	19000	14060	52303,2	102,40416	1945679,04	31,8532	605210,8	21,84151	250	0,087366		
	24	LT850	0,65	850	0,74	2,98	19000	14060	41898,8	65,71496	1248584,24	32,5932	619270,8	22,34892	250	0,089396		
	25	LT600	0,65	600	0,52	2,35	19000	9880	23218	28,717	545623	33,1132	629150,8	22,70548	250	0,090822		
	26	CSM600	0,33	600	1,25	1,465	6950	8687,5	12727,19	26,8278125	186453,2969	34,3632	238824,3	8,618951	91	0,094714		
	27	CSM300	0,27	300	0,84	0,42	6050	5082	2134,44	1,48176	8964,648	35,2032	212979,4	7,686232	79	0,097294		
					58,62				680437,4	23953576		10559107124						
Nötr eksenin base den mesafesi (mm)				35,2032 E.t.x/E.t														
Kesitin Çekme Elastisite Modülü (N/mm ²)				11607,6 E.t/t														
Nötr eksenindeki El rijiliği (Ncm ⁴ /mm ²)				212668,1 (1cm lik gerilme genişliğine göre)														

Çizelge 9.4 Üst küpeşte laminasyon planı hesaplama tablosu

	Layer No.	Açıklama	Gc	Ağırlık (g/m ²)	t (mm)	Tabana olan mesafe, x (mm)	E (N/mm ²)	E.t	E.t.x	I tabandaki	EI tabandaki	yi (mm)	Ei x yi	σ_{st}	σ_{ult}	μ_{st}	μ_{ult}
													N/mm ²	N/mm ²			
İç Yüzey	1	Q1200	0,65	1200	1,05	17,915	11500	12075	216323,6	3369,94586	38754377,42	8,744341	100559,9	26,65814	180	0,148101	
	2	X936	0,65	936	0,93	16,925	14000	13020	220363,5	2664,03731	37296522,38	7,694341	107720,8	28,55646	110	0,259604	
	3	L1000	0,65	1000	1	15,96	28000	28000	446880	2547,216	71322048	6,764341	189401,6	50,2098	350	0,143457	
	4	X936	0,65	936	0,93	14,995	14000	13020	195234,9	2091,10523	29275473,26	5,764341	80700,78	21,39354	110	0,194487	
	5	L1000	0,65	1000	1	14,08	28000	28000	392840	1968,409	55115452	4,834341	135361,6	35,88395	350	0,102526	
	6	X936	0,65	936	0,93	13,065	14000	13020	170106,3	1587,45629	22224388,1	3,834341	53680,78	14,23062	110	0,129369	
	7	L1000	0,65	1000	1	12,1	28000	28000	338800	1464,1	40994800	2,904341	81321,56	21,55811	350	0,061595	
	8	X936	0,65	936	0,93	11,135	14000	13020	144977,7	1153,09049	16143266,9	1,904341	26660,78	7,067694	110	0,064252	
	9	L1000	0,65	1000	1	10,17	28000	28000	284760	1034,289	28960092	0,974341	27281,56	7,232261	350	0,020664	
	10	X936	0,65	936	0,93	9,205	14000	13020	119849,1	788,007833	11032109,66	0,955659	13379,22	3,546792	110	0,032244	
	11	L1000	0,65	1000	1	8,24	28000	28000	230720	678,976	19011328	1,955659	54758,44	14,5163	350	0,041475	
	12	Q1200	0,65	1200	1,05	7,215	15000	15750	113636,3	546,590363	8198855,438	3,005659	45084,88	11,95187	210	0,056914	
	13	X1780	0,65	800	0,8	6,29	17000	13600	85544	316,5128	5380717,6	3,805659	64696,19	17,15077	270	0,063521	
	14	X1780	0,65	800	0,8	5,49	17000	13600	74664	241,1208	4099053,6	4,605659	78296,19	20,75609	270	0,076874	
	15	L1000	0,65	1000	1	4,89	28000	28000	128520	210,681	5899068	5,605659	156984,4	41,60922	434	0,095874	
	16	L1780	0,65	850	0,74	3,72	19000	14060	52303,2	102,40416	1945679,04	6,345659	120567,9	31,96209	250	0,127848	
	17	L1780	0,65	850	0,74	2,98	19000	14060	41898,8	65,71496	1248584,24	7,085659	134627,5	35,68936	250	0,142757	
	18	L1600	0,65	600	0,52	2,35	19000	9880	23218	28,717	545623	7,605659	144507,5	38,30852	250	0,153234	
	19	CSM600	0,33	600	1,25	1,465	6950	8687,5	12727,19	26,8278125	186453,2969	8,855659	61546,83	16,31588	91	0,179295	
	20	CSM300	0,27	300	0,84	0,42	6050	5082	2134,44	1,48176	8964,648	9,695659	58658,73	15,55026	79	0,196839	
Nötr eksenin base den mesafesi (mm)			9,695659 E.t.x/E.t														
Kesitin Çekme Elastisite Modülü (N/mm ²)			18432,46 E.t/t														
Nötr eksendeki EI rijitliği (Ncm ⁴ /mm ²)			7812,233 (1cm lik şerit genişliğine göre)														

Çizelge 9.5 Lumboz ve çevresi laminasyon planı hesaplama tablosu

	Layer No.	Açıklama	Gc	Ağırlık (g/m ²)	t (mm)	Tabana olan mesafe, x (mm)	E (N/mm ²)	E.t	E.t.x	I tabandaki	EI tabandaki	y _i (mm)	Ei x y _i	σ_{st}	σ_{ult}	μ_{st} / μ_{ult}	strain permissible for using carbon	
												N/mm ²	N/mm ²					
İç Yüzey	1	Q1200	0,65	1200	1,05	63,525	11500	12075	767064,4	42371,9691	487277644,2	31,16124	358354,3	17,48653	180	0,087147	0,395750455	
	2	X936	0,65	936	0,93	62,535	14000	13020	814205,7	36368,8239	509163534,5	30,11124	421557,4	20,57064	110	0,187006	0,382415864	
	3	X936	0,65	936	0,93	61,605	14000	13020	802097,1	35295,137	494131918,5	29,18124	408537,4	19,93531	110	0,18123	0,370604284	
	4	100kg/m ²			12,1	55,09	4005	48460,5	2669689	367223,88	1470791640	28,25124	113146,2	5,521171	12,9	0,427998		
	5	X936	0,65	936	0,93	48,575	14000	13020	632446,5	21943,6348	307210887,4	16,15124	226117,4	11,0388	180	0,061299	0,20512216	
	6	X936	0,65	936	0,93	47,645	14000	13020	620337,9	21111,428	295559992,5	15,22124	213097,4	10,39846	180	0,057769	0,19331108	
	7	CLT450	0,6	450	0,52	46,92	60000	31200	1463904	11447,7293	686863756,8	14,29124	857474,5	41,84199	360	0,116228		
	8	CLT450	0,6	450	0,52	46,4	60000	31200	1447680	11195,392	671723520	13,77124	826274,5	40,31953	360	0,111999		
	9	CLT450	0,6	450	0,52	45,88	60000	31200	1431456	10945,8669	656752012,8	13,25124	795074,5	38,79707	360	0,10777		
	10	CLT450	0,6	450	0,52	45,36	60000	31200	1415232	10699,1539	641949235,2	12,73124	763874,5	37,27461	360	0,103541		
	11	Q1200	0,65	1200	1,05	44,575	11500	12075	538243,1	20862,7716	239921873	12,21124	140429,3	6,852496	180	0,038069	0,155083821	
SB150 Balas	12	250kg/m ²			38,1	25	5799	219417,9	5485448	238125	1371361875	11,16124	64277,39	3,136539	23,5	0,13347		
	13	X936	0,65	936	0,93	5,485	14000	13020	71414,7	279,792593	3917096,295	27,86876	390162,6	19,03868	110	0,173079		
	14	X936	0,65	936	0,93	4,555	14000	13020	59306,1	192,956633	2701392,855	28,79876	403182,6	19,67401	110	0,178855		
	15	L1780	0,65	850	0,74	3,72	19000	14060	52303,2	102,40416	1945679,04	29,53876	561236,4	27,38653	250	0,109546		
	16	L1780	0,65	850	0,74	2,98	19000	14060	41898,8	65,71496	1248584,24	30,27876	575296,4	28,07261	250	0,11229		
	17	L1600	0,65	600	0,52	2,35	19000	9880	23218	28,717	545623	30,79876	585176,4	28,54722	250	0,114219		
	18	CSM600	0,33	600	1,25	1,465	6950	8687,5	12727,19	26,8278125	186453,2969	32,04876	222738,9	10,86894	91	0,119438		
	19	CSM300	0,27	300	0,84	0,42	6050	5082	2134,44	1,48176	8964,648	32,88876	198977	9,709435	79	0,122904		
Nötr eksenin base den mesafesi (mm)			32,88876 E.t.x/E.t															
Kesitin Çekme Elastisite Modülü (N/mm ²)			8347,274 E.t/t															
Nötr eksendeki EI rijitliği (Ncm ⁴ /mm ²)			157285 (1cm lik şerit genişliğine göre)															

(Çizelge 9.3), (Çizelge 9.4) ve (Çizelge 9.5) oluşturulmasında [6], [13], [14], [15], [16], [17] ve [18] den faydalanıldı.

9.1.4 Omurga Bölgesi Laminasyon Planlarının Belirlenmesi

Omurga bölgesi laminasyon kalınlıkları hesabında aşağıdaki eşitliklerden yararlanılır.

Burada,

b_k , omurga levhası kural genişliğinin mm cinsinden karşılığı,

L_R , teknenin kural boyunun metre cinsinden karşılığı,

t_k , omurga levhası kural genişliğinin mm cinsinden karşılığını simgeler.

$$b_k = 7,0 \times L_R + 340 \text{ mm} \quad (9.18)$$

$$L_R = 31 \Rightarrow b_k = 31 \times 7 + 340 = 560 \text{ mm}$$

$$t_k = \sqrt{k_t} \times (5,0 \times L_R^{0,45}) \text{ mm} \quad (9.19)$$

$$k_t = \frac{152}{\sigma_f} \Rightarrow \sigma_f =$$

$$E_{fp} \times e_f \Rightarrow \sigma_f = 200$$

$$(9.33)'den \quad k_t = \frac{152}{200} \Rightarrow t_k = \sqrt{0,76} \times (5 \times 31^{0,45}) \text{ mm} = 20 \text{ mm} \text{ bulunur.}$$

Değerler (9.19)'da yerine konuşursa,

$$t_{stem} = \sqrt{k_t} \times (0,29L_R + 9) = \sqrt{0,76} \times (0,29 \times 31 + 9) = 15,68 \text{ mm} \quad (9.20)$$

$$b_{stem} = 560 \text{ mm} \text{ olarak hesaplanır.}$$

Bu bölümdeki laminasyon kalınlıkları hesabında [6], [7] ve [8] dan faydalanıldı.

9.2 Gövde Kabuk Elemanlarının Laminasyon Planlarının Hesabı

Bu bölümde, Bölüm 9.1'de kalınlık ve laminasyon planları belirlenen dip kaplama ve borda kaplaması destek elemanlarının boyut, kalınlık ve laminasyon planı hesapları yapılacaktır.

9.2.1 Borda Üst Stringer Laminasyon Planlarının Belirlenmesi

Borda üst stringer laminasyon planlarının belirlenmesi için bu elemana etki edecek olan eğilme momentinin hesaplanması gerekmektedir. Bu moment değeri (9.21) eşitliği yardımıyla hesaplanmaktadır.

Burada,

p , (3.8)'den hesaplanan basıncın kN/m^2 cinsinden karşılığını,

s , stringerler arası enine mesafenin mm cinsinden karşılığını,

l_e , levhayı destekleyen stringer elemanlarının desteksiz boyunun m cinsinden karşılığını simgeler.

$$M_s = \frac{s \times l e^2 \times p}{12} Nm \quad (9.21)$$

Stringer elemanının boyutlandırma hesabında, aşağıdaki eşitlikler doğrultusunda stringer destek elemanının boyutlandırılması yapılır.

Burada,

b_w , paneli destekleyen stringer genişliğinin mm olarak karşılığını simgeler.

Stringer elemanının kompozit levha üzerine laminasyonu sırasında elemanın stringer levha üzerine etki etmesi gereken en az genişlik ise (9.22) eşitliği yardımı ile hesaplanır.

$$b_1 = 0,5 \times b_w + 10 \times t_{ap} \quad (9.22)$$

$$b_1 = 0,5 \times b_w + 10 \times (t_{dış} + t_{iç})$$

$$b_1 = 0,5 \times 100 + 10 \times (4,09 + 4,18)$$

$$b_1 = 132,7mm \Rightarrow 2 \times b_1 = 265,4 mm .$$

Stringer elemanının kompozit levhaya laminasyonu sırasında levha üzerinde oluşturacağı bağlantı kalınlığı (9.23) eşitliği yardımı ile hesaplanır.

$$t_{bb} = \frac{(7,42 \times 50) + (6+5+4+3+2+1) \times 0,079 \times 15}{50 + (14 \times 15)} = 2,82 mm \quad (9.23)$$

Stringer elemanının kompozit levhaya laminasyonu sırasında, stringer elemanının olması gereken en az et kalınlığı (9.24) ve (9.25) eşitliği yardımıyla en fazla kalınlık değeri hesaplanan eşitlik göz önünde bulundurularak uygulanması gerekmektedir.

Burada,

t_w , stringer elemanının mm cinsinden kalınlığını,

d_w , stringer elemanının mm cinsinden yüksekliğini,

F_s , stringer üzerinde oluşacak kesme kuvvetinin N cinsinden büyüklüğünü,

f_w , laminasyon sırasındaki uygulanan elyafın kütlece yüzdesini,

τ_s , laminasyon sırasında uygulanan elyafın kütlece yüzdesine hesaplanan katsayıyı belirler.

$$t_{w1} = \frac{0,025 d_w + 1,1}{1,3 f_w + 0,61} = \frac{0,025 \times 100 + 1,1}{1,3 \times 0,55 + 0,61} = 2,71 mm \quad (9.24)$$

$$t_w = \frac{Fs}{(2 \times dw + \tau_s)} \quad (9.25)$$

$$Fs = \phi_s \times p \times s \times le \times N = 0,5 \times 84,45 \times 620 \times 1,5 = 39269,25N$$

$$t_w = \frac{39269,25}{(2 \times 100 + 27,06)} = 7,25 \text{ mm} = 7 \times XM600/225$$

(9.25)'den hesaplanan kalınlığa göre uygulanacak olan elyaf planında yedi kat iki yönlü mat elyafli keçe kumaş kullanılacaktır.

Yukarıda hesaplanan değerler (9.26)'da yerine konulursa,

$$d_{web} = t_{web} - t_{bb} \quad (9.26)$$

$d_{web} = 100 - 2,82 = 97,17 \text{ mm}$ olan stringerin levha üzerinde etki edeceği yükseklik hesaplanmış olur.

Belirlenen laminasyon planına göre, stringer üzerinde oluşacak kalınlık ise (9.27) eşitliği yardımıyla hesaplanır. Bu hesaplama sırasında kullanılacak elyaf kalınlığı 1,06 mm'dir.

$$t_{web} = 2 \times t_w \text{ eşitliğinden} \quad (9.27)$$

$$t_{web} = 2 \times 7 \times 1,06 = 14,84 \text{ mm} \text{ olarak hesaplanır.}$$

$E_{web} = 14500 \text{ N/mm}^2$ stringerin kompozit levha üzerindeki Young modülüdür.

$b_{bonding} = 2 \times (50 + 6 \times 15) = 280 \text{ mm}$ stringerin kompozit levha üzerindeki laminasyon genişliğidir.

$$I_{na} = I_{xx} - Ay^2 \quad (9.28)$$

$$EI_{kesit} = \sum EI_{dip} - (\sum E_t) \times 10 \times y^2 \quad (9.29)$$

y, dip noktadan den tarafsız eksene olan düşey mesafe (mm)

$$\sigma_{ti} = \frac{E_{ti} \times y_i \times M}{\sum (E_i I_i)} \times 10^{-1} \text{ N/mm}^2 \quad (9.30)$$

E_i , her bir E_{ti} veya E_{ci} kat Young modülünün tarafsız eksenin alt veya üst konumuna bağlıdır.

y_i , laminasyon en dış elyaf katı ile tarafsız eksen arasındaki mesafenin mm cinsinden karşılığıdır.

$\sigma_{ult \text{ tension}}$, herbir elyaf katının maksimum çekme dayanımıdır.

$\sigma_{ult\ compression}$, her bir elyaf katının maksimum basma dayanımıdır.

$\frac{\sigma_{ti}}{\sigma_{ult}} \leq 0,28$ değeri dip kaplamada en fazla müsaade edilebilecek elyaf gerilme oranlarıdır.

9.2.1.1 Borda Üst Stringer Limit Çökme Değerleri Hesabı

Laminasyon planı belirlenen borda kaplaması üst stringer limit çökme miktarı (9.31) eşitliği yardımıyla hesaplanmaktadır.

Burada,

ϕ_d , çökme hesabında kullanılacak katsayıyı,

p , (3.8)'den hesaplanan basıncın kN/m^2 cinsinden karşılığını,

s , stringerler arası enine mesafenin mm cinsinden karşılığını,

l_e , levhayı destekleyen stringer elemanlarının desteksiz boyunun m cinsinden karşılığını simgeler.

l , levhayı destekleyen stringer elemanlarının desteksiz boyunun m cinsinden karşılığını simgeler.

EI , Çizelge 9.5'de hesaplanan stringerin rijitlik değerini simgeler.

Yukarıdaki değerler (9.31)'de yerine konulursa, aşağıdaki eşitlikler elde edilir.

$$\delta_s = \frac{1}{384} \times \frac{84,45 \times 620 \times 1,5^4}{228876100} \times 10^5 = 0,3 \text{ mm} \Rightarrow \frac{1500}{0,3} = 4973,55 \geq 150 \text{ olduğundan}$$

bu değer kabul edilebilir bir değerdir.

9.2.2 Borda Alt Stringer Laminasyon Planlarının Belirlenmesi

Borda alt stringer hesabında kesme kuvveti (9.25) eşitliği yardımıyla aşağıdaki şekilde hesaplanır.

$$F_s = 0,5 \times 84,45 \times 1000 \times 1,5 = 63337,5 \text{ N} \quad (9.32)$$

Borda alt stringer kalınlığı da (9.25) eşitliği yardımıyla aşağıdaki şekilde hesaplanır.

$$t_w = \frac{63337,5}{(2 \times 100 + 27,06)} = 11,70 \text{ mm} = 12 \times XM600/225$$
 hesaplanan kalınlığa göre uygulanacak olan elyaf planında, on iki kat iki yönlü mat elyafli keçe kumaşı kullanılacaktır.

9.2.2.1 Borda Alt Stringer Laminasyon Takviyeleri Planlarının Belirlenmesi

5. postadaki cam bölgesine 4 x XM600/225, (9.25)'den hesaplanan kalınlığa göre uygulanacak olan elyaf planında, dört kat iki yönlü mat elyafli keçe kumaşı kullanılacaktır.

2. postadan itibaren 4 x XM600/225, (9.25)'den hesaplanan kalınlığa göre uygulanacak olan elyaf planında, dört kat iki yönlü mat elyafli keçe kumaşı kullanılacaktır.

9.2.3 Stringer 3 Laminasyon Planlarının Belirlenmesi

12 x XM600/225, (9.25)'den hesaplanan kalınlığa göre uygulanacak olan elyaf planında, on iki kat iki yönlü mat elyafli keçe kumaşı kullanılacaktır.

9.2.3.1 Stringer 3 Laminasyon Takviyeleri Planlarının Belirlenmesi

5. postadaki cam bölgesine 4 x XM600/225 (9.25)'den hesaplanan kalınlığa göre uygulanacak olan elyaf planında, dört kat iki yönlü mat elyafli keçe kumaşı kullanılacaktır.

2. postadan itibaren 4 x XM600/225 (9.25)'den hesaplanan kalınlığa göre uygulanacak olan elyaf planında, dört kat iki yönlü mat elyafli keçe kumaşı kullanılacaktır.

9.2.4 Stringer 2 Laminasyon Planlarının Belirlenmesi

Borda alt stringer 2 hesabında, kesme kuvveti ve kalınlık (9.25) eşitliği yardımıyla aşağıdaki şekilde hesaplanır.

$$F_s = 0,5 \times 110 \times 560 \times 1,5 = 46200 \text{ N}$$

$$t_w = \frac{46200}{(2 \times 100 + 27,06)} = 8,53 \text{ mm} = 9 \times XM600/225$$
 (9.25)'den hesaplanan kalınlığa göre uygulanacak olan elyaf planında, dokuz kat iki yönlü mat elyafli keçe kumaşı kullanılacaktır.

9.2.5 Stringer 1 Laminasyon Planlarının Belirlenmesi

XM600/225 elyafı kullanılarak (9.25)'den hesaplanan kalınlığa göre uygulanacak olan elyaf planında, altı kat iki yönlü mat elyafli keçe kumaşı kullanılacaktır.

9.2.5.1 Stringer 1 Laminasyon Takviyeleri Planlarının Belirlenmesi

2. postadan itibaren 5 x XM600/225 (9.25)'den hesaplanan kalınlığa göre uygulanacak olan elyaf planında, beş kat iki yönlü mat elyafli keçe kumaşı kullanılacaktır.

9.2.6 Dip Kaplama Stringer Limit Çökme Değerleri Hesabı

Laminasyon planı belirlenen dip kaplama stringer limit çökme miktarı (9.31) eşitliği yardımıyla hesaplanmaktadır.

Burada,

ϕ_d , çökme hesabında kullanılacak katsayısı,

p , (3.8)'den hesaplanan basıncın kN/m^2 cinsinden karşılığı,

s , stringerler arası enine mesafenin mm cinsinden karşılığı,

le , levhayı destekleyen stringer elemanlarının desteksiz boyunun m cinsinden karşılığı,

l , levhayı destekleyen stringer elemanlarının desteksiz boyunun m cinsinden karşılığı simgeleri.

EI , Çizelge 9.6'da hesaplanan stringerin rijitlik değerini simgeler.

Yukarıdaki değerler (9.31) eşitliğinde yerine konulursa, aşağıdaki eşitlik elde edilir.

$$\delta_s = \frac{1}{384} \times \frac{110 \times 1000 \times 1,5^4}{564438565} \times 10^5 = 0,2569 \text{ mm} \Rightarrow \frac{1500}{0,2569} = 5838,84 \geq 150$$

Bu eşitlikte elde edilen değer 150 değerinden büyük olduğundan, hesaplama sonucu Lloyd's Register, İngiliz Loydu'na göre kabul edilebilir sınırlar içindedir.

Dip kaplama stringer elemanının gerekli boyut analizi ve gövde levhasına laminasyonu sırasında uygulanması gereken laminasyon büyüklükleri, Bölüm 9.2.1'de hesaplandığı şekilde aşağıdaki eşitlikler yardımıyla hesaplanır.

$$M_s = \frac{s \times l e^2 \times p}{12} Nm, M_s = \frac{1000 \times 1,5^2 \times 110}{12} = 20625 Nm \quad (9.21)'den$$

$$b_1 = 0,5 \times bw + 10 \times t_{ap} \quad (9.22)'den$$

$$b_1 = 0,5 \times 150 + 10 \times (35,21)$$

$$b_1 = 427,1mm \Rightarrow 2 \times b_1 = 854,2 mm$$

$$t_{bb} = \frac{(15,9 \times 50) + (10+9+8+7+6+5+4+3+2+1) \times 0,079 \times 15}{50 + (10 \times 15)} = 4,30 mm$$

$$d_{web} = 100 - 4,30 = 96 mm \quad (9.26)'den \text{ hesaplanmıştır.}$$

$$t_{web} = 2 \times 15 \times 1,06 = 31,8 mm \quad (9.27)'den \text{ hesaplanmıştır.}$$

$$E_{web} = 14500 N/mm^2 \text{ dir.}$$

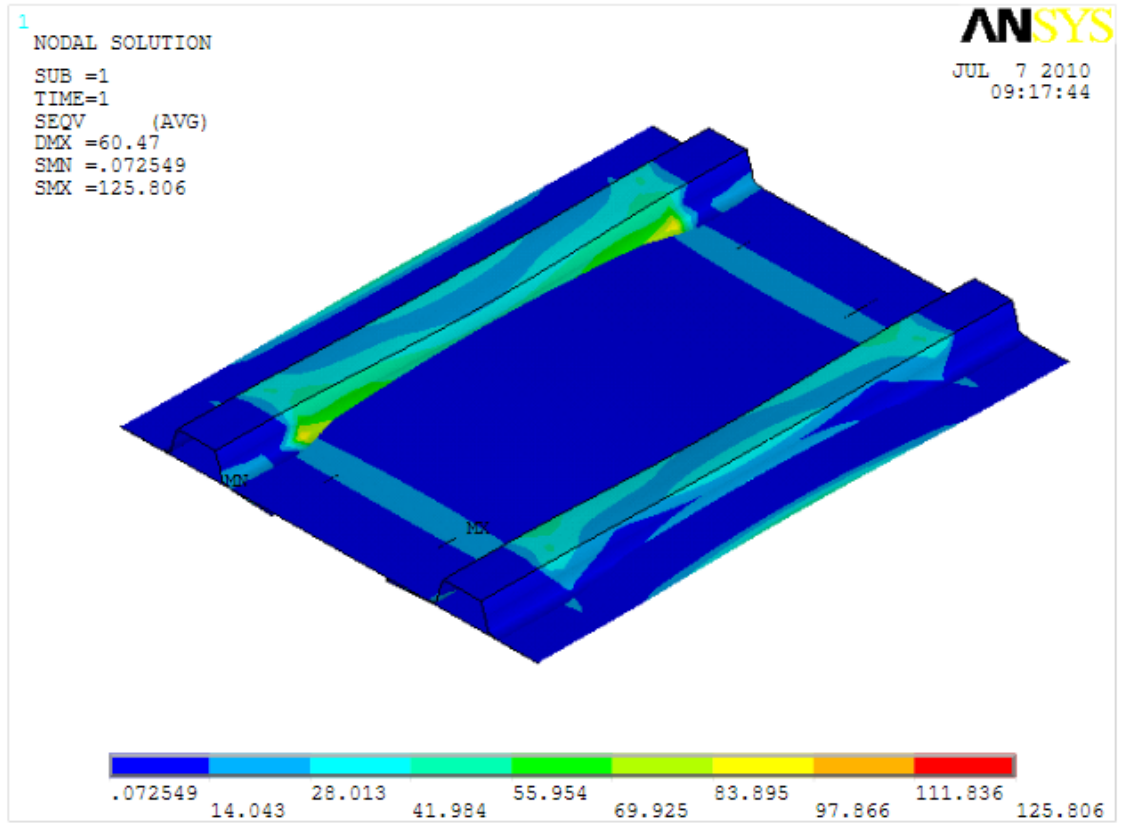
Her bir elyaf katı, Çizelge 9.6'da mekanik özellikleri ve kalınlıkları tanımlanmak şartı ile yerleştirilerek (9.28), (9.29) ve (9.30)'daki bağıntılar çizelgeye tanımlanır. Ayrıca (9.24), (9.25), (9.26) ve (9.27)'deki stringerin gövde levhasına laminasyonu sırasında uygulanması gereken büyüklükler de ilgili çizelgeye tanımlanır. Böylece Lloyd's hesaplama tablosu oluşturulmuş olur.

Herhangi bir elyaf katındaki gerilme oranı 0,28 den büyük ise, bu değer Lloyd's müsaade değerleri olan 0,28 değerini aşmış olur. Bu durumda laminasyon katları değiştirilip, hesaplamanın tekrar yapılması gerekmektedir.

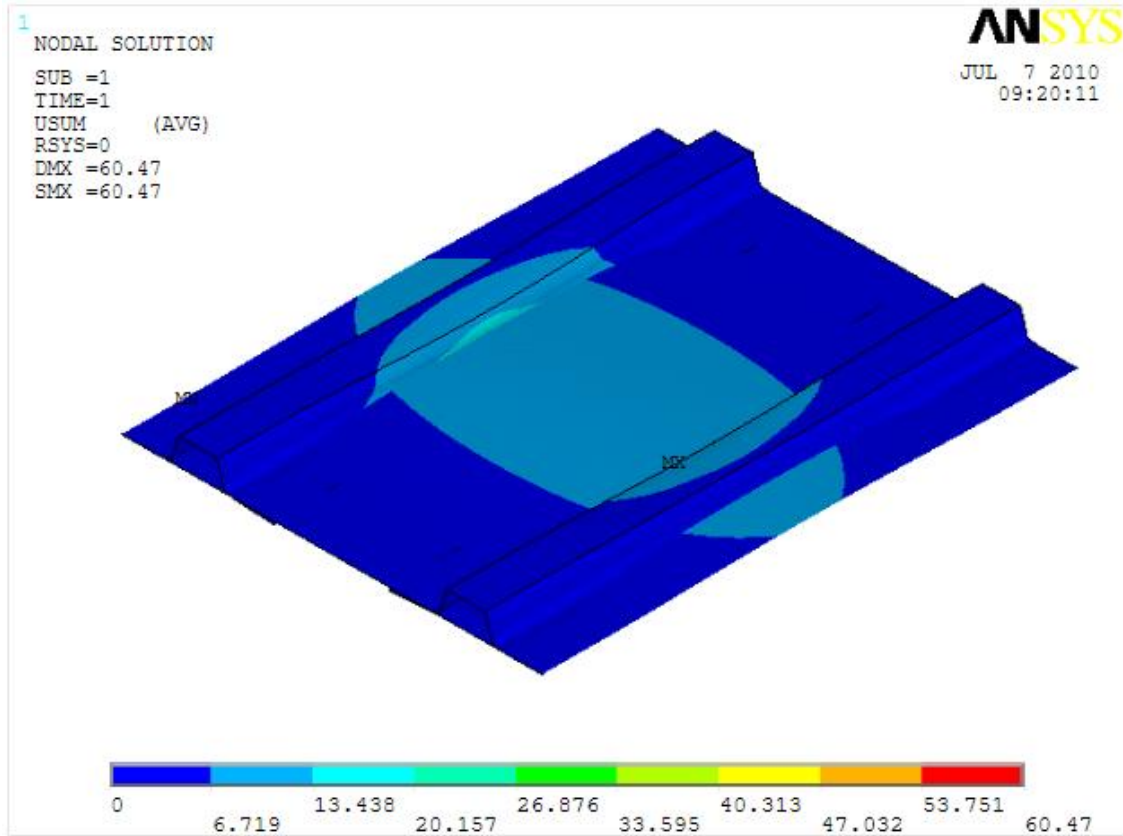
Çizelge 9.6 Dip kaplama stringer laminasyon planı hesaplama tablosu

	Lay. No.	Açıklama	Gc	Ağırlık (g/m ²)	t (mm)	Genişlik, b (mm)	Tabana olan mesafe, x (mm)	E (N/mm ²)	L _b	E.t.b	E.t.b.x	İ tabandaki	İi tabandaki	y _i (mm)	İ _i x y _i	$\frac{u_{ij}}{N/mm^2}$	$\frac{u_{i+1,j}}{N/mm^2}$	$\frac{u_{ij}}{E}$	$\frac{u_{i+1,j}}{E_{i+1,j}}$
İç-Konu	1	X/M800/225	0,5	825	1,06	100	150,571	14500	106	1537000	231427,627	2403192,36	34846288225	122,9623	1782953	6,5150421	120	0,05429202	
	2	X/M800/225	0,5	825	1,06	100	148,511	14500	106	1537000	229798407	2369475,147	34357388628	121,9023	1767583	6,458879	120	0,05382369	
	3	X/M800/225	0,5	825	1,06	100	148,451	14500	106	1537000	228169187	2335896,137	33871943979	120,8423	1752213	6,4002719	120	0,05353597	
	4	X/M800/225	0,5	825	1,06	100	147,391	14500	106	1537000	226539867	2302755,329	33389952276	119,7823	1738848	6,346528	120	0,05288794	
	5	X/M800/225	0,5	825	1,06	100	146,331	14500	106	1537000	224910747	2269752,725	32911414519	118,7223	1724748	6,2948897	120	0,05241191	
	6	X/M800/225	0,5	825	1,06	100	145,271	14500	106	1537000	223281527	2236888,325	32436330708	117,6623	1709103	6,2442266	120	0,05195188	
	7	X/M800/225	0,5	825	1,06	100	144,211	14500	106	1537000	221652307	2204482,127	31984700845	116,6023	1693735	6,1708634	120	0,05148386	
	8	X/M800/225	0,5	825	1,06	100	143,151	14500	106	1537000	220023087	2172174,133	31498524827	115,5423	1675363	6,1218903	120	0,05101384	
	9	X/M800/225	0,5	825	1,06	100	142,091	14500	106	1537000	218393867	2140124,342	31031802956	114,4823	1656993	6,0657372	120	0,05054781	
	10	X/M800/225	0,5	825	1,06	100	141,031	14500	106	1537000	216764647	2108312,754	30570534931	113,4223	1644623	6,0095741	120	0,05007778	
	11	X/M800/225	0,5	825	1,06	100	139,971	14500	106	1537000	215135427	2076739,369	30112720853	112,3623	1629253	5,953411	120	0,04961176	
	12	X/M800/225	0,5	825	1,06	100	138,911	14500	106	1537000	213506207	2045404,188	29658360721	111,3023	1613883	5,8972479	120	0,04914373	
	13	X/M800/225	0,5	825	1,06	100	137,851	14500	106	1537000	211876987	2014307,209	29207454535	110,2423	1598513	5,8410848	120	0,04867571	
	14	X/M800/225	0,5	825	1,06	100	136,791	14500	106	1537000	210247767	1983448,434	28761027298	109,1823	1583143	5,7849217	120	0,04820768	
	15	X/M800/225	0,5	825	1,06	100	135,731	14500	106	1537000	208618547	1952327,882	28318040033	108,1223	1567773	5,7287586	120	0,04773965	
	16	Web	0,5	97,77	31,8		86,316	14500	3109,086	45081747	3,8915409	231648095,56	3,35879511	107,0623	1552403	5,6725895	120	0,04727163	
	17	bond'ing	0,5	2,221	470		36,3205	14500	1043,87	15136115	549751265	1377051,091	19967240815	9,292791	1347342	4,8973434	120	0,00410398	
	18	Q1200	0,65	1200	1,05	854,2	34,685	11500	896,91	10314465	357757219	1079026,08	12408809125	7,071291	8131,98	0,2971487	180	0,00165063	
	19	Q1200	0,65	1200	1,05	854,2	33,635	11500	896,91	10314465	346927030	1014686,145	11668880663	6,021291	69244,85	0,2530238	180	0,0014657	
	20	Q1200	0,65	1200	1,05	854,2	32,585	11500	896,91	10314465	336098842	952323,0954	10851715597	4,971291	57169,85	0,2088028	180	0,00116057	
	21	Q1200	0,65	1200	1,05	854,2	31,535	11500	896,91	10314465	325266854	891937,7328	10257283927	3,921291	45048,85	0,1647799	180	0,00091544	
	22	Q1200	0,65	1200	1,05	854,2	30,485	11500	896,91	10314465	314436486	835330,0567	9835595652	2,871291	33019,88	0,1210349	180	0,00067102	
	23	Q1200	0,65	1200	1,05	854,2	29,435	11500	896,91	10314465	303606277	777100,0671	8636505772	1,821291	20984,85	0,076534	180	0,00042319	
	24	Q1200	0,65	1200	1,05	854,2	28,385	11500	896,91	10314465	292778089	722647,7641	8310449287	0,771291	8899,847	0,0334111	180	0,00018008	
	25	Q1200	0,65	1200	1,05	854,2	27,335	15000	896,91	13453650	367755523	670173,1476	10052592214	1,328709	19990,63	0,0702828	210	0,00034688	
	26	Q1200	0,65	1200	1,05	854,2	26,285	15000	896,91	13453650	353629190	619676,2177	9295143266	2,378709	35890,63	0,1303797	210	0,00062096	
	27	Q1200	0,65	1200	1,05	854,2	25,235	15000	896,91	13453650	339502858	571156,9744	8567354615	3,428709	51430,63	0,1879313	210	0,00089491	
	28	TR80	0,65	850	0,74	854,2	24,34	19000	632,108	12010052	292324666	374483,2822	7115182363	4,168709	79205,47	0,2884276	250	0,00115769	
	29	TR80	0,65	850	0,74	854,2	23,6	19000	632,108	12010052	283457227	352058,8717	6689118562	4,908709	93265,47	0,3407989	250	0,0013652	
	30	TR80	0,65	850	0,74	854,2	22,86	19000	632,108	12010052	274449789	330336,7458	6278018017	5,644709	107225,5	0,3821752	250	0,00158967	
	31	TR80	0,65	850	0,74	854,2	22,12	19000	632,108	12010052	265667350	309286,8046	5876451187	6,388709	121385,5	0,4435514	250	0,00177421	
	32	Q1200	0,65	1200	1,05	854,2	21,225	15000	896,91	13453650	285553721	404058,5156	8060877734	7,438709	111580,6	0,4077738	210	0,00194154	
	33	Q1200	0,65	1200	1,05	854,2	20,175	15000	896,91	13453650	271427389	365089,8379	5478047568	8,488709	127330,6	0,465275	210	0,0021156	
	34	Q1200	0,65	1200	1,05	854,2	19,125	15000	896,91	13453650	257301056	328058,8467	4920882701	9,538709	143080,6	0,5278272	210	0,00248963	
	35	Q1200	0,65	1200	1,05	854,2	18,075	15000	896,91	13453650	243174734	293025,5421	4395383132	10,58871	158830,6	0,5883788	210	0,00276371	
	36	Q1200	0,65	1200	1,05	854,2	17,025	15000	896,91	13453650	229048391	259989,9241	3899548861	11,63871	174580,6	0,6379305	210	0,00303776	
	37	Q1200	0,65	1200	1,05	854,2	15,975	15000	896,91	13453650	214923059	228891,9926	3433378889	12,68871	190330,6	0,6954821	210	0,00331182	
	38	Q1200	0,65	1200	1,05	854,2	14,925	15000	896,91	13453650	200795726	199799,7476	2996976218	13,73871	204880,6	0,7533828	210	0,00358388	
	39	Q1200	0,65	1200	1,05	854,2	13,875	15000	896,91	13453650	186669194	172699,1892	2590137638	14,78871	221830,6	0,8105854	210	0,00385993	
	40	Q1200	0,65	1200	1,05	854,2	12,825	15000	896,91	13453650	172543061	147524,3174	2212864761	15,83871	237580,6	0,8683137	210	0,00413399	
	41	Q1200	0,65	1200	1,05	854,2	11,775	15000	896,91	13453650	158416729	124357,1321	1865358881	16,88871	253330,6	0,9258888	210	0,00440404	
	42	Q1200	0,65	1200	1,05	854,2	10,725	15000	896,91	13453650	144290396	103167,6333	1547514500	17,93871	26980,6	0,9832404	210	0,0046821	
	43	A6x20	0,58	620	0,7	854,2	9,85	3000	597,94	17988200	176991270	58013,6365	174008010	16,63871	55916,3	2,0432164	300	0,00681072	
	44	TR80	0,65	850	0,74	854,2	9,13	19000	632,108	12010052	109651775	52690,56335	1001120704	19,37871	368195,5	1,3454133	250	0,00538165	
	45	TR80	0,65	850	0,74	854,2	8,39	19000	632,108	12010052	100764336	44495,40955	8454127814	20,11871	362255,5	1,3967898	250	0,00558716	
	46	A6x20	0,58	620	0,7	854,2	7,67	3000	597,94	17988200	137839994	33176,15247	1055268574	20,81871	624561,3	2,2821928	300	0,00780731	
	47	TR80	0,65	850	0,74	854,2	6,95	19000	632,108	12010052	83496861	30532,29667	5801155347	21,55871	409615,5	1,486776	250	0,00688708	
	48	TR80	0,65	850	0,74	854,2	6,21	19000	632,108	12010052	7483423	24376,67612	463156843	22,29871	423675,5	1,5480413	250	0,00691925	
	49	A6x20	0,58	620	0,7	854,2	5,49	3000	597,94	17988200	98480718	18211,97139	540659141,8	22,99871	689961,3	2,5211692	300	0,0064939	
	50	Q1200	0,65	1200	1,05	854,2	4,615	15000	896,91	13453650	62088595	19102,59098	286538864,8	24,04871	360730,6	1,3181363	210	0,00627684	
	51	TR80	0,65	850	0,74	854,2	3,72	19000	632,108	12010052	44677393	8747,363347	166199903,6	24,78871	470885,5	1,7210155	250	0,00688406	
	52	TR80	0,65	850	0,74	854,2	2,98	19000	632,108	12010052	35789955	5613,371883	106654065,8	25,52871	483045,5	1,7773918	250	0,00708857	
	53	T600	0,65	600	0,52	854,2	2,35	19000	444,384	8439496	19832816	2453,00914	46807116,66	26,04871	494925,5	1,808494	250	0,00723368	
	54	CSM800	0,33	600	1,25	854,2	1,465	6930	1067,75	742									

9.3 ANSYS Yazılımı İle Borda ve Stringer Kaplaması Hesaplama Sonuçları



Şekil 9.5 ANSYS borda kaplaması gerilme görüntüsü



Şekil 9.6 ANSYS borda kaplaması çökme görüntüsü

Sonuçlar karşılaştırıldığında, elyaf katmanlarında, Ansys yazılımı ile Şekil 9.5’de, en fazla 111 MPa büyüklüğünde bir gerilmenin olduğu görülmektedir. Lloyd’s hesaplama tablosu Çizelge 9.2’de bakıldığında, her bir elyaf katındaki gerilme toplamının aritmetik ortalaması alındığında, ortalama plaka üzerine $105,57 \text{ kN/m}^2$ yayılı bir basınç altında 50,78 MPa büyüklüğünde bir gerilme olduğu da hesaplanmıştır. En fazla gerilmenin 101,24 MPa olduğu ve ANSYS yazılımının 111 MPa değerine de yakın bir değer olduğu saptanmıştır. Böylelikle, her iki hesaplama sonucu bu bölge hesabında birbirine yakındır. Ayrıca, çökme değerlerine de değinecek olursak, ANSYS yazılımında Şekil 9.6’da en fazla çökmenin plaka ortasında ve bunun da 6 mm ile 13 mm arasında bir çökme olduğu görülmektedir. Lloyd’s hesabında denklem (9.13)’den elde edilen değer de 11,23 mm olduğu ve bunun da Ansys yazılımının bulduğu değerler arasında olduğu gözlemlenmiştir.

Sonuçlar stringer kaplaması için karşılaştırıldığında, elyaf katmanlarında, ANSYS yazılımı ile Şekil 9.5’de, en fazla 10 MPa büyüklüğünde bir gerilmenin olduğu görülmektedir. Lloyd’s hesaplama tablosu Çizelge 9.7’de bakıldığında, $105,57 \text{ kN/m}^2$ yayılı bir basınç

altında 6 MPa büyüklüğünde bir gerilme oluştuğu da hesaplanmıştır. Böylelikle, her iki hesaplama sonucu bu bölge hesabında birbirine yakındır. Ayrıca, çökme değerlerine de değinecek olursak, ANSYS yazılımında, Şekil 9.6'da en fazla çökmenin stringer ortasında ve bununda 0 - 6 mm arasında bir çökme olduğu görülmektedir. Lloyd's hesabında denklem (9.31)'den elde edilen değer de 0,3 mm olduğu ve bunun da ANSYS yazılımının bulduğu değerler arasında olması da gözlemlenmiştir.

9.4 Gövde Yapısal Elemanların Laminasyon Planlarının Hesabı

Bu bölümde, ana yapısal destek elemanlarının boyut, kalınlık ve laminasyon planı hesapları yapılacaktır.

9.4.1 Gövde Ana Boyuna Girder Laminasyon Planlarının Belirlenmesi

Tekne boyu yönünde ana yapısal eleman olan girderlerin laminasyon planının belirlenmesi için, öncelikle bu elemanın kalınlık hesabının yapılması gerekmektedir. Kalınlık hesabı, (9.33) eşitliği yardımıyla yapılır [22].

$$t_w = 1,28 \times \sqrt{k_A \times L_R} \quad (9.33)$$

Burada,

k_A , (9.34) eşitliğinden hesaplanan bir kat sayısı,

L_R , teknenin kural boyunun metre cinsinden karşılığını simgeler.

$$k_A = \frac{85}{\sigma_u} \quad (9.34)$$

Kesitin maksimum çekme dayanımı olan σ_u aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanır.

$$\sigma_u = \frac{20 \times 1,05 \times 210 + 130 \times 0,7}{130 + 20 \times 1,05} = 29,80 \text{ N/mm}^2$$

Bulunan değer (9.34)'de yerine konulursa aşağıdaki eşitlik elde edilir.

$k_A = \frac{85}{29,80} = 2,85$, burada bulunan k_A sabitinin (9.33)'de yerine konulmasıyla da kalınlık hesabı yapılmış olur.

$$t_w = 1,28 \times \sqrt{2,85 \times 31} = 12,03 \text{ mm}$$

$$t_w = \frac{0,025 \times dw + 1,1}{1,3fw + 0,61} \quad (9.35)$$

Ayrıca, (9.33)'de hesaplanan kalınlık değeri ile birlikte, (9.35) eşitliği yardımıyla kalınlık değerinin de hesabının yapılması gerekmektedir.

$$t_{wiç} = \frac{0,025 \times 863 + 1,1}{1,3 \times 0,55 + 0,61} = 20 \text{ mm} , \text{ en fazla olması gereken laminasyon kalınlığı,}$$

$$t_{wdış} = \frac{0,025 \times 688 + 1,1}{1,3 \times 0,55 + 0,61} = 12 \text{ mm} , \text{ en genel laminasyon kalınlığı,}$$

9.4.1.1 Gövde Ana Boyuna Girder Limit Çökme Değerleri Hesabı

Ana girder elemanının gerekli boyut analizi ve gövde levhasına laminasyonu sırasında uygulanması gereken laminasyon büyüklükleri, Bölüm 9.2.1'de hesaplandığı şekilde aşağıdaki eşitlikler yardımıyla hesaplanır.

$$M_s = \frac{s \times l e^2 \times p}{12} \text{ Nm}, \quad M_s = \frac{1390 \times 5^2 \times 110}{12} = 318541 \text{ Nm} \quad (9.21)'den$$

$$b_1 = 0,5 \times bw + 10 \times t_{ap} \quad (9.22)'den$$

$$b_1 = 0,5 \times 130 + 10 \times (35,21)$$

$$b_1 = 417,1 \text{ mm} \Rightarrow 2 \times b_1 = 834,2 \text{ mm}$$

$$t_{bb} = \frac{80 \times 6,36 + 100 \times 5,3 + 120 \times 3,18 + 110 \times 4,24 + 130 \times 2,12 + 150 \times 1,06}{80 + 100 + 120 + 110 + 130 + 150} = 4,30 \text{ mm}$$

$$d_{web} = 560 - 4,30 = 553,7 \text{ mm} \quad (9.26)'den \text{ hesaplanmıştır.}$$

$$t_{web} = 2 \times 12 \times 1,05 = 25 \text{ mm} \quad (9.27)'den \text{ hesaplanmıştır.}$$

$$E_{web} = 11500 \text{ N/mm}^2$$

Girder yapısal elemanının çökme değeri ise, (9.31)'de değerlerin yerine konulmasıyla aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanır.

$$\delta_s = \frac{1}{384} \times \frac{110 \times 1390 \times 5^4}{10000000000} \times 10^5 = 2,3 \text{ mm} \Rightarrow \frac{5000}{2,3} = 2173 \geq 150 \quad \text{olduğundan bu}$$

değer kabul edilebilir bir değerdir.

Her bir elyaf katı, Çizelge 9.8'de mekanik özellikleri ve kalınlıkları tanımlanmak şartı ile yerleştirilerek (9.28), (9.29) ve (9.30)'daki bağıntılar çizelgeye tanımlanır. Ayrıca (9.24), (9.25), (9.26) ve (9.27)'deki girder elemanının gövde levhasına laminasyonu sırasında uygulanması gereken büyüklükler de ilgili çizelgeye tanımlanır. Böylece Lloyd's

hesaplama tablosu oluşturulmuş olur. Her bir elyafda oluşacak gerilme oranının da 0,28 değerini aşmaması gerekmektedir.

Herhangi bir elyaf katındaki gerilme oranı 0,28 den büyük ise, bu değer Lloyd's müsaade değerleri olan 0,28 değerini aşmış olur. Bu durumda laminasyon katları değiştirilip, hesaplamanın tekrar yapılması gerekmektedir.

Çizelge 9.8 Gövde ana girder laminasyon planı hesaplama tablosu

	Layer No.	Apldama	Gc	Ağırlık (g/m ²)	t (mm)	Genişlik, b (mm)	Tabana olan mesafe, x (mm)	E (N/mm ²)	t.b	E.t.b	E.t.b.x	l tabandaki	El tabandaki	yl (mm)	B x yl	σ_{L1}	σ_{L2}	σ_{L3}	ϵ_{L3}
																N/mm ²	N/mm ²		
İç-Kuru	1	Q1200	0,55	1200	1,05	170	604,329	11500	178,5	2052750	1240536355	65190617	7,4969E+11	495,0612	5693204	17,6055	190	0,0297908	
	2	Q1200	0,55	1200	1,05	170	603,279	11500	178,5	2052750	123880967	64964281	7,4709E+11	494,0112	5681129	17,56816	190	0,0297601	
	3	Q1200	0,55	1200	1,05	170	602,229	11500	178,5	2052750	1236225580	64738839	7,4449E+11	492,9612	5669054	17,53082	190	0,0297393	
	4	Q1200	0,55	1200	1,05	170	601,179	11500	178,5	2052750	1234070192	64512790	7,419E+11	491,9112	5656979	17,49348	190	0,0297186	
	5	Q1200	0,55	1200	1,05	170	600,129	11500	178,5	2052750	1231914805	64287635	7,3931E+11	490,8612	5644904	17,45614	190	0,0296979	
	6	Q1200	0,55	1200	1,05	170	599,079	11500	178,5	2052750	1229759417	64062873	7,3672E+11	489,8112	5632829	17,4188	190	0,0296771	
	7	Q1200	0,55	1200	1,05	170	598,029	11500	178,5	2052750	1227604030	63838505	7,3414E+11	488,7612	5620754	17,38146	190	0,0296564	
	8	Q1200	0,55	1200	1,05	170	596,979	11500	178,5	2052750	1225448642	63614531	7,3157E+11	487,7112	5608679	17,34412	190	0,0296356	
	9	Q1200	0,55	1200	1,05	170	595,929	11500	178,5	2052750	1223293255	63390950	7,29E+11	486,6612	5596604	17,30678	190	0,0296149	
	10	Q1200	0,55	1200	1,05	170	594,879	11500	178,5	2052750	1221137867	63167763	7,2643E+11	485,6112	5584529	17,26944	190	0,0295941	
	11	Q1200	0,55	1200	1,05	170	593,829	11500	178,5	2052750	1218982480	62944969	7,2387E+11	484,5612	5572454	17,2321	190	0,0295734	
	12	Q1200	0,55	1200	1,05	170	592,779	11500	178,5	2052750	1216827092	62722569	7,2131E+11	483,5112	5560379	17,19476	190	0,0295526	
13	Web		0,55	553,68	25,44	315,414	11500	14085,6192	161984621	51092217185	1,401E+09	1,6115E+13	482,4612	5548304	17,15742	190	0,0295319		
14	bonding		0,55	3,364	300	36,892	14500	1009,2	14633400	539855392,8	1373541	1,9916E+10	74,5828	1081451	3,344247	120	0,027989		
15	Q1200		0,65	1200	1,05	834,2	34,685	15000	875,91	13139650	455714075,2	1053762,8	1,5806E+10	75,6328	1134492	3,508271	210	0,016706	
16	Q1200		0,65	1200	1,05	834,2	33,635	15000	875,91	13139650	441918492,7	990928,57	1,4864E+10	76,6828	1150242	3,568976	210	0,016938	
17	Q1200		0,65	1200	1,05	834,2	32,585	15000	875,91	13139650	428122910,2	930025,67	1,395E+10	77,7328	1165992	3,60568	210	0,01717	
18	Q1200		0,65	1200	1,05	834,2	31,535	15000	875,91	13139650	414327327,7	871054,15	1,3066E+10	78,7828	1181742	3,654585	210	0,017402	
19	Q1200		0,65	1200	1,05	834,2	30,485	15000	875,91	13139650	400531745,2	814014,02	1,221E+10	79,8328	1197492	3,70909	210	0,017634	
20	Q1200		0,65	1200	1,05	834,2	29,435	15000	875,91	13139650	386736162,7	758905,26	1,1384E+10	80,8828	1213242	3,751795	210	0,017866	
21	Q1200		0,65	1200	1,05	834,2	28,385	15000	875,91	13139650	372940580,2	705727,89	1,0506E+10	81,9328	1228992	3,8005	210	0,018098	
22	Q1200		0,65	1200	1,05	834,2	27,335	15000	875,91	13139650	359144957,7	654481,9	981728513	82,9828	1244742	3,849205	210	0,01833	
23	Q1200		0,65	1200	1,05	834,2	26,285	15000	875,91	13139650	345349415,2	605167,29	9077509380	84,0328	1260492	3,89791	210	0,018561	
24	Q1200		0,65	1200	1,05	834,2	25,235	15000	875,91	13139650	331553832,7	557784,06	8366760969	85,0828	1276242	3,946614	210	0,018793	
25	LT850		0,65	850	0,74	834,2	24,34	19000	617,308	11728852	285490257,7	365715,24	6948589472	85,8228	1630633	5,042524	250	0,02017	
26	LT850		0,65	850	0,74	834,2	23,6	19000	617,308	11728852	276900907,2	343815,86	6532501410	86,5628	1644893	5,096002	250	0,020344	
27	LT850		0,65	850	0,74	834,2	22,86	19000	617,308	11728852	268121556,7	322592,57	6129258787	87,3028	1658753	5,129481	250	0,020518	
28	LT850		0,65	850	0,74	834,2	22,12	19000	617,308	11728852	259442206,2	302045,35	5738861602	88,0428	1672813	5,17296	250	0,020692	
29	Q1200		0,65	1200	1,05	834,2	21,225	15000	875,91	13139650	278867846,2	394598	5918970037	89,0928	1363892	4,132621	210	0,019679	
30	Q1200		0,65	1200	1,05	834,2	20,175	15000	875,91	13139650	265072263,7	356522,19	5347832921	90,1428	1352142	4,181325	210	0,019911	
31	Q1200		0,65	1200	1,05	834,2	19,125	15000	875,91	13139650	251276681,2	320377,77	480566529	91,1928	1367892	4,23003	210	0,020143	
32	Q1200		0,65	1200	1,05	834,2	18,075	15000	875,91	13139650	237481098,7	286164,72	4292470860	92,2428	1383642	4,278735	210	0,020375	
33	Q1200		0,65	1200	1,05	834,2	17,025	15000	875,91	13139650	223685516,2	253883,06	3808245914	93,2928	1399392	4,32744	210	0,020607	
34	Q1200		0,65	1200	1,05	834,2	15,975	15000	875,91	13139650	209889933,7	223532,78	3352991692	94,3428	1415142	4,376145	210	0,020839	
35	Q1200		0,65	1200	1,05	834,2	14,925	15000	875,91	13139650	196094351,2	195113,88	2926708192	95,3928	1430892	4,42485	210	0,021071	
36	Q1200		0,65	1200	1,05	834,2	13,875	15000	875,91	13139650	182298768,7	168626,36	2529395416	96,4428	1446642	4,473554	210	0,021303	
37	Q1200		0,65	1200	1,05	834,2	12,825	15000	875,91	13139650	168503186,2	144070,22	2161053364	97,4928	1462392	4,522259	210	0,021535	
38	Q1200		0,65	1200	1,05	834,2	11,775	15000	875,91	13139650	154707603,7	121445,47	1821682034	98,5428	1478142	4,570964	210	0,021766	
39	Q1200		0,65	1200	1,05	834,2	10,725	15000	875,91	13139650	140912021,2	100752,1	1511281428	99,5928	1493892	4,619669	210	0,021998	
40	AKX620		0,58	620	0,7	834,2	9,85	30000	583,94	17518200	172554270	56655,319	1699659559	100,2928	3008794	9,304278	300	0,031014	
41	LT850		0,65	850	0,74	834,2	9,13	19000	617,308	11728852	107064418,8	51456,881	977680743	101,0328	1919623	5,936188	250	0,023745	
42	LT850		0,65	850	0,74	834,2	8,39	19000	617,308	11728852	98405068,28	43453,606	825618523	101,7728	1933683	5,979667	250	0,023919	
43	AKX620		0,58	620	0,7	834,2	7,67	30000	583,94	17518200	134964594	34352,548	1090576436	102,4728	3074184	9,506519	300	0,031688	
44	LT850		0,65	850	0,74	834,2	6,95	19000	617,308	11728852	81515521,4	29817,52	566532874	103,2128	1961043	6,064274	250	0,024257	
45	LT850		0,65	850	0,74	834,2	6,21	19000	617,308	11728852	72836170,92	23805,927	452312621	103,9528	1975103	6,107753	250	0,024431	
46	AKX620		0,58	620	0,7	834,2	5,49	30000	583,94	17518200	96174918	17600,01	528000300	104,6528	3193984	9,70876	300	0,032363	
47	Q1200		0,65	1200	1,05	834,2	4,615	15000	875,91	13139650	60634869,75	18855,328	279829924	105,7028	1585452	4,903085	210	0,023348	
48	LT850		0,65	850	0,74	834,2	3,72	19000	617,308	11728852	43631329,44	8542,555	162308546	106,4428	2022413	6,254053	250	0,025016	
49	LT850		0,65	850	0,74	834,2	2,98	19000	617,308	11728852	34951978,96	5481,942	104156897	107,1828	2036473	6,297532	250	0,02519	
50	LT600		0,65	600	0,52	834,2	2,35	19000	433,784	8241896	19368455,6	2395,5721	45515870,7	107,7828	2046353	6,328084	250	0,025312	
51	CSM600		0,33	600	1,25	834,2	1,465	6950	1042,75	7247112,5	10617019,81	2237,9761	15553934	108,9528	757222	2,341612	91	0,025732	
52	CSM300		0,27	300	0,84	834,2	0,42	6050											

(Çizelge 9.8) oluşturulmasında [6], [9], [19], [20], [21] ve [22] den faydalanıldı.

9.4.2 Dip Kaplama Enine Postaların Laminasyon Planlarının Belirlenmesi

Tekne eni yönünde stringer destek elemanı olan enine postaların laminasyon planının belirlenmesi için, öncelikle bu elemanın kalınlık hesabının yapılması gerekmektedir. Kalınlık hesabı, (9.37) eşitliği yardımıyla yapılır [22].

$$d_f = 40 \times (B + 0,85 \times D) \text{ mm} \Rightarrow B < 10 \text{ m} \quad (9$$

$$k_A = \frac{85}{\sigma_u} \Rightarrow \sigma_u = \frac{20 \times 1,05 \times 210 + 15 \times 2}{(20 \times 1,05 + 15)} \Rightarrow \sigma_u = 123,33 \text{ (9.34)'den hesaplanmıştır.}$$

$$t_w = \sqrt{\frac{85}{123,33}} \times \left(\frac{4,33 \times 479,76}{1000} + 2,75 \right) \times \left(\frac{1500}{1000} + 0,5 \right) \text{ (9.37)'den}$$

$$t_w = 0,83 \times (4,827) \times (2) \Rightarrow t_w = 8 \text{ mm dir.}$$

$$t_w = \frac{0,025 \times d_w + 1,1}{1,3 \times f_w + 0,61} \text{ mm} \Rightarrow \frac{0,025 \times 479,76 \times 1,1}{1,3 \times 0,55 + 0,61} = 9,88 = 10 \text{ mm} \Rightarrow 10 \times Q1200$$

(9.35)'den hesaplanmıştır.

9.4.2.1 Dip Postalarda Kayma Gerilmesi Kontrolü

Tekne eni yönünde stringer destek elemanı olan enine postaların laminasyon planının belirlenmesi için yine ikinci kalınlık hesabının yapılması gerekmektedir. (9.32) eşitliği yardımıyla kesme kuvveti aşağıdaki gibi hesaplanır ve gerekli kalınlık hesabı yapılır.

$$t_w = \frac{F_s}{2 \times d_w \times \tau_s}, F_s = \phi_s \times p \times s \times l_e \text{ N} \Rightarrow F_s = 0,5 \times 110 \times 1500 \times 1 = 82500 \text{ N}$$

$$t_w = \frac{82500}{(2 \times 479,76 \times 27,06)} = 3,17 \text{ mm} < 5 \text{ mm} , \text{ olduğundan kalınlık uygun değildir.}$$

Bu yüzden dip postalarında aşağıdaki şekilde

Dip postalarda 10 x Q1200 (dört yönlü dikişli elyaf),

15mm H80 Köpük,

10 x Q1200 (dört yönlü dikişli elyaf) laminasyon planı uygulanmalıdır.

Bu bölümde laminasyon planlarının oluşturulmasında [6] ve [9] dan faydalanıldı.

9.4.3 Borda Kaplaması Enine Postaların Laminasyon Planlarının Belirlenmesi

Tekne eni yönünde stringer destek elemanı olan enine postaların laminasyon planının belirlenmesi için, öncelikle bu elemanın kalınlık hesabının yapılması gerekmektedir. Kalınlık hesabı, (9.25) eşitliği yardımıyla yapılır.

$$F_s = \phi_s \times p \times s \times l_e \text{ N} \Rightarrow F_s = 0,5 \times 105,57 \times 1500 \times 2,5 = 200000 \text{ N (9.32)'den}$$

$$t_w = \frac{200000}{(2 \times 240 \times 27,06)} = 15 \text{ mm} < 5 \text{ mm} \Rightarrow 10 \times Q1200 \text{ (dört yönlü dikişli elyaf)}$$

9.4.3.1 Enine Postaların Bağlantı Laminasyon Planlarının Belirlenmesi

Enine posta elemanının gövde levhasına laminasyonu sırasında uygulanması gereken laminasyon büyüklükleri, Bölüm 9.2.1’de hesaplandığı şekilde aşağıdaki eşitlikler yardımıyla hesaplanır.

$$M_s = \frac{s \times l e^2 \times p}{12} Nm, M_s = \frac{1500 \times 2,^2 \times 110}{12} = 85937,5 Nm \text{ (9.21)’den hesaplanmıştır.}$$

$$b_1 = 0,5 \times bw + 10 \times t_{ap} \text{ (9.22)’den}$$

$$b_1 = 0,5 \times 15 + 10 \times (35,21)$$

$$b_1 = 359,6 mm \Rightarrow 2 \times b_1 = 719,2 mm \text{ olarak hesaplanmıştır.}$$

$$t_{bb} = \frac{130 \times 1,06 + 110 \times 2 \times 1,06 + 90 \times 3 \times 1,06 + 70 \times 4 \times 1,06}{130 + 110 + 90 + 70} = 2,38 mm$$

$$d_{web} = 240 - 2,38 = 237,62 mm \text{ (9.26)’dan hesaplanmıştır.}$$

$$t_{web} = 2 \times 15 \times 1,05 = 31,5 mm \text{ (9.27)’den hesaplanmıştır.}$$

$$E_{web} = 11500 N/mm^2$$

Çökme değeri, (9.13)’de ilgili büyüklüklerin konulmasıyla aşağıdaki eşitlikten elde edilir.

$$\delta_s = \frac{1}{384} \times \frac{110 \times 1500 \times 2,5^4}{1458929746} \times 10^5 = 1,15 mm \Rightarrow \frac{2500}{1,15} = 2173 \geq 150 \text{ olduğundan bu}$$

değer kabul edilebilir bir değerdir.

Her bir elyaf katı, Çizelge 9.9’da mekanik özellikleri ve kalınlıkları tanımlanmak şartı ile yerleştirilerek (9.28), (9.29) ve (9.30)’daki bağıntılar çizelgeye tanımlanır. Ayrıca (9.24), (9.25), (9.26) ve (9.27)’deki girder elemanının gövde levhasına laminasyonu sırasında uygulanması gereken büyüklükler de ilgili çizelgeye tanımlanır. Böylece Lloyd’s hesaplama tablosu oluşturulmuş olur. Her bir elyafta oluşacak gerilme oranının da 0,28 değerini aşmaması gerekmektedir.

Herhangi bir elyaf katındaki gerilme oranı 0,28 den büyük ise, bu değer Lloyd’s müsaade değerleri olan 0,28 değerini aşmış olur. Bu durumda laminasyon katları değiştirilip, hesaplamanın tekrar yapılması gerekmektedir.

Çizelge 9.9 Enine postaların laminasyon planı hesaplama tablosu

	Layer No.	Açıklama	Gc	Ağırlık g/m ²	t (mm)	Genişlik, b (mm)	Tebaka olan mesafe, x (mm)	E (N/mm ²)	t.b	E.t.b	E.t.b.x	t tabanları	Ei tabanları	yi (mm)	Ei x yi	σ_{x1}	σ_{x2}	$\sigma_{x1} / \sigma_{x2}$	
	1	Web		0,55	237,62	31,5	156,4	11500	7485,02	86077845	1,35E+10	1,83E+08	2,11E+12	236,7594	2722733	16,03811	180	0,089101	
	2	bonding		0,55		2,38	260	14500	618,8	8972600	3,27E+08	819885,2	1,19E+10	3,240647	46989,39	0,276789	120	0,002307	
	3	Q1200		0,65	1200	1,05	834,2	34,685	15000	875,91	13138650	4,56E+08	1053763	1,58E+10	4,290647	64359,71	0,379108	210	0,001805
	4	Q1200		0,65	1200	1,05	834,2	33,635	15000	875,91	13138650	4,42E+08	990928,6	1,49E+10	5,340647	80109,71	0,471882	210	0,002247
	5	Q1200		0,65	1200	1,05	834,2	32,585	15000	875,91	13138650	4,28E+08	930025,7	1,4E+10	6,390647	95859,71	0,564657	210	0,002689
	6	Q1200		0,65	1200	1,05	834,2	31,535	15000	875,91	13138650	4,14E+08	871054,2	1,31E+10	7,440647	111609,7	0,657481	210	0,003131
	7	Q1200		0,65	1200	1,05	834,2	30,485	15000	875,91	13138650	4,01E+08	814034	1,22E+10	8,490647	127359,7	0,750206	210	0,003572
	8	Q1200		0,65	1200	1,05	834,2	29,435	15000	875,91	13138650	3,87E+08	758905,3	1,14E+10	9,540647	143109,7	0,84298	210	0,004014
	9	Q1200		0,65	1200	1,05	834,2	28,385	15000	875,91	13138650	3,73E+08	705727,9	1,06E+10	10,59065	158359,7	0,935755	210	0,004456
	10	Q1200		0,65	1200	1,05	834,2	27,335	15000	875,91	13138650	3,59E+08	654481,9	9,82E+09	11,64065	174609,7	1,028529	210	0,004888
	11	Q1200		0,65	1200	1,05	834,2	26,285	15000	875,91	13138650	3,45E+08	605167,3	9,08E+09	12,69065	190359,7	1,121304	210	0,00534
	12	Q1200		0,65	1200	1,05	834,2	25,235	15000	875,91	13138650	3,32E+08	557784,1	8,37E+09	13,74065	206109,7	1,214079	210	0,005781
	13	LT850		0,65	850	0,74	834,2	24,34	19000	617,308	11728852	2,85E+08	365715,2	6,95E+09	14,48065	275132,3	1,620653	250	0,006483
	14	LT850		0,65	850	0,74	834,2	23,6	19000	617,308	11728852	2,77E+08	343815,9	6,53E+09	15,22065	289192,3	1,703472	250	0,006814
	15	LT850		0,65	850	0,74	834,2	22,86	19000	617,308	11728852	2,68E+08	322592,6	6,13E+09	15,96065	303252,3	1,786292	250	0,007145
	16	LT850		0,65	850	0,74	834,2	22,12	19000	617,308	11728852	2,59E+08	302045,3	5,74E+09	16,70065	317312,3	1,869112	250	0,007476
	17	Q1200		0,65	1200	1,05	834,2	21,225	15000	875,91	13138650	2,79E+08	394598	5,92E+09	17,75065	266259,7	1,568389	210	0,007469
	18	Q1200		0,65	1200	1,05	834,2	20,175	15000	875,91	13138650	2,65E+08	356522,2	5,35E+09	18,80065	282009,7	1,661164	210	0,00791
	19	Q1200		0,65	1200	1,05	834,2	19,125	15000	875,91	13138650	2,51E+08	320377,8	4,81E+09	19,85065	297759,7	1,753338	210	0,008352
	20	Q1200		0,65	1200	1,05	834,2	18,075	15000	875,91	13138650	2,37E+08	286164,7	4,29E+09	20,90065	313509,7	1,846713	210	0,008794
	21	Q1200		0,65	1200	1,05	834,2	17,025	15000	875,91	13138650	2,24E+08	253883,1	3,81E+09	21,95065	329259,7	1,939487	210	0,009236
	22	Q1200		0,65	1200	1,05	834,2	15,975	15000	875,91	13138650	2,1E+08	223532,8	3,35E+09	23,00065	345009,7	2,032262	210	0,009677
	23	Q1200		0,65	1200	1,05	834,2	14,925	15000	875,91	13138650	1,96E+08	195113,9	2,93E+09	24,05065	360759,7	2,125036	210	0,010119
	24	Q1200		0,65	1200	1,05	834,2	13,875	15000	875,91	13138650	1,82E+08	168626,4	2,53E+09	25,10065	376509,7	2,217811	210	0,010561
	25	Q1200		0,65	1200	1,05	834,2	12,825	15000	875,91	13138650	1,69E+08	144070,2	2,16E+09	26,15065	392259,7	2,310585	210	0,011003
	26	Q1200		0,65	1200	1,05	834,2	11,775	15000	875,91	13138650	1,55E+08	121445,5	1,82E+09	27,20065	408009,7	2,40336	210	0,011445
	27	Q1200		0,65	1200	1,05	834,2	10,725	15000	875,91	13138650	1,41E+08	100752,1	1,51E+09	28,25065	423759,7	2,496135	210	0,011886
	28	AGX620		0,58	620	0,7	834,2	9,85	30000	583,94	17518200	1,73E+08	56655,32	1,7E+09	28,95065	868519,4	5,115969	300	0,017053
	29	LT850		0,65	850	0,74	834,2	9,13	19000	617,308	11728852	1,07E+08	51456,88	9,78E+08	29,69065	564122,3	3,322333	250	0,013292
	30	LT850		0,65	850	0,74	834,2	8,39	19000	617,308	11728852	9840506,8	43453,61	8,26E+08	30,43065	578182,3	3,405753	250	0,013623
	31	AGX620		0,58	620	0,7	834,2	7,67	30000	583,94	17518200	1,34E+08	34352,55	1,03E+09	31,13065	933919,4	5,501204	300	0,018337
	32	LT850		0,65	850	0,74	834,2	6,95	19000	617,308	11728852	81515521	29817,52	5,67E+08	31,87065	605542,3	3,566916	250	0,014268
	33	LT850		0,65	850	0,74	834,2	6,21	19000	617,308	11728852	72836171	23805,93	4,52E+08	32,61065	619602,3	3,649735	250	0,014599
	34	AGX620		0,58	620	0,7	834,2	5,49	30000	583,94	17518200	96174918	17600,01	5,28E+08	33,31065	999319,4	5,886438	300	0,019621
	35	Q1200		0,65	1200	1,05	834,2	4,615	15000	875,91	13138650	60634870	18655,33	2,8E+08	34,36065	515409,7	3,035994	210	0,014457
	36	LT850		0,65	850	0,74	834,2	3,72	19000	617,308	11728852	43631329	8542,555	1,62E+08	35,10065	666912,3	3,928412	250	0,015714
	37	LT850		0,65	850	0,74	834,2	2,98	19000	617,308	11728852	3							

(Çizelge 9.9) oluşturulmasında [6], [9], [19], [20], [21] ve [22] den faydalanıldı.

9.5 Tankların Laminasyon Planlarının Hesabı

Bu bölümde, tekne tanklarının laminasyon planının belirlenmesi için Lloyd's Register, İngiliz Loydu kuralları doğrultusunda, önceki bölümlerde hesaplanmış olan ilgili tanka ait basınç yükleri, kesme kuvvetleri ve eğilme momentleri göz önünde bulundurularak, gerekli kabuk kalınlıkları hesaplanacaktır. Bulunan kalınlık ölçülerine göre de bu bölgelere uygun olan elyaf planları yani laminasyon planları belirlenecektir.

9.5.1 Yakıt Tankı ve Su Tankı Laminasyon Planlarının Belirlenmesi

9.5.1.1 Yakıt Tankı ve Su Tankı Yan Yüzünün Laminasyon Planlarının Belirlenmesi

Bu bölümde yapılacak hesaplar Bölüm 9.1.2’de yapılan hesaplara benzerdir. Bunun sebebi her iki bölümde de kompozit levha kullanılmasından kaynaklanmaktadır.

Öncelikle gerekli çekirdek malzeme kalınlığı ve cinsini belirlemek için, (9.8)’da ilgili büyüklüklerin konulmasıyla aşağıdaki eşitlik elde edilir.

$$t_s = 0,144 \times 1 \times 750 \times \sqrt[3]{\frac{32,48}{11000}} = 15,49 \text{ mm} \quad 19,1 \text{ mm kalınlıklı çekirdek malzeme}$$

seçildi. Daha sonra malzeme tipi seçimi ve çekirdek malzeme kayma gerilmesi kontrolü yapılabilmesi için (9.9)’da ilgili büyüklüklerin konulması ile aşağıdaki eşitlikler elde edilir.

$$\tau_c = \frac{32,48 \times 750 \times 1}{2 \times 19,1} \times 10^{-3} = 0,637 \frac{N}{mm^2} = > \frac{\tau_c}{\tau_{19,1mm \text{ SB100 Balsa}}} = \frac{0,637}{3}$$

= 0,21 < 0,30 olduğundan 19,1 mm kalınlığında SB100 Balsa seçildi.

Balsa kalınlığı ve tipinin belirlenmesinde [24] den faydalanıldı.

Bir sonraki aşamada iç ve dış katman kalınlık hesapları için, (9.12)’de ilgili büyüklüklerin konulmasıyla aşağıdaki eşitlikler elde edildi.

$$t_{i\text{ katman}} = 0,446 \times \frac{32,48}{11000} \times \frac{750^3}{19,1^2} \times 10^{-3} = 1,52 \text{ mm} ,$$

$t_{i\text{ katman}} = 2,02 \text{ mm}$ olarak hesaplanmıştır.

Sonuçta (9.12)’den hesaplanan kural kalınlık doğrultusunda aşağıdaki şekilde bir laminasyon planı oluşturulmuştur.

1 x LT850 (iki yönlü dikişli elyaf),

1 x Q1200 (dört yönlü dikişli elyaf),

19,1 mm SB100 Balsa,

2 x Q1200 (dört yönlü dikişli elyaf),

1 x LT850 (iki yönlü dikişli elyaf) olacak şekilde laminasyon planı belirlenmiştir.

9.5.1.2 Yakıt Tankı ve Su Tankı Ön Yüz Laminasyon Planlarının Belirlenmesi

Bu bölümde yapılacak hesaplar Bölüm 9.1.2’de yapılan hesaplara benzerdir. Bunun sebebi her iki bölümde de kompozit levha kullanılmasından kaynaklanmaktadır.

Öncelikle gerekli çekirdek malzeme kalınlığı ve cinsini belirlemek için, (9.8)’de ilgili büyüklüklerin konulmasıyla aşağıdaki eşitlik elde edilir.

$$t_s = 0,144 \times 1 \times 625 \times \sqrt[3]{\frac{32,48}{11000}} = 12,91 \text{ mm} \quad 19,1 \text{ mm kalınlıklı çekirdek malzeme}$$

seçildi. Daha sonra malzeme tipi seçimi ve çekirdek malzeme kayma gerilmesi kontrolü yapılabilmesi için (9.9)’da ilgili büyüklüklerin konulması ile aşağıdaki eşitlikler elde edilir.

$$\tau_c = \frac{32,48 \times 625 \times 1}{2 \times 19,1} \times 10^{-3} = 0,531 \frac{N}{mm^2} = > \frac{\tau_c}{\tau_{19,1mm \text{ SB100 Balsa}}} = \frac{0,531}{3} = 0,17$$

0,17 < 0,30 olduğundan 19,1 mm SB100 Balsa seçildi.

Balsa kalınlığı ve tipinin belirlenmesinde [24] den faydalanıldı.

Bir sonraki aşamada iç ve dış katman kalınlık hesapları için, (9.12)’de ilgili büyüklüklerin konulmasıyla aşağıdaki sonuçlar elde edildi.

$$t_{iç \text{ katman}} = 0,88 \text{ mm}$$

$$t_{dış \text{ katman}} = 1,17 \text{ mm}$$

Sonuçta (9.12)’den hesaplanan kural kalınlık doğrultusunda aşağıdaki şekilde bir laminasyon planı oluşturulmuştur.

1 x LT850 (iki yönlü dikişli elyaf),

1 x Q1200 (dört yönlü dikişli elyaf),

19,1 mm SB100 Balsa,

2 x Q1200 (iki yönlü dikişli elyaf),

1 x LT850 (iki yönlü dikişli elyaf) laminasyon planı uygulanmalıdır.

Her bir elyaf katı, Çizelge 9.10’da mekanik özellikleri ve kalınlıkları tanımlanmak şartı ile yerleştirilerek (9.5), (9.6) ve (9.7)’deki bağıntılar çizelgeye tanımlanır. Böylece Lloyd’s hesaplama tablosu oluşturulmuş olur.

Herhangi bir elyaf katındaki gerilme oranı 0,28 den büyük ise, bu değer Lloyd's müsaade değerleri olan 0,28 değerini aşmış olur. Bu durumda laminasyon katları değiştirilip, hesaplamaların tekrar yapılması gerekmektedir.

Çizelge 9.10 Yakıt tankı ve su tankı laminasyon planı hesaplama tablosu

Fuel Tank																	
	Layer No.	Açıklama	Gc	Ağırlık (g/m ²)	t (mm)	Tabana olan mesafe,x (mm)	E (N/mm ²)	E.t	E.t.x	I tabandaki	El tabandaki	yl (mm)	El x yl	σ_{ss} N/mm ²	σ_{ult} N/mm ²	α_{ss}	β_{ss}
İç Yüzey	1	L1850	0,65	850	0,74	23,36	20000	14800	345728	4038,10304	80762060,8	12,89658	257931,6	47,61089	169,5	0,28089	
	3	Q1200	0,65	1200	1,05	22,465	11500	12075	271264,9	5299,100363	60939654,17	12,15658	139800,7	25,80542	180	0,143363	
	4	100kg/m ³			19,1	12,39	3570	68187	844836,9	29320,8111	104675295,6	11,10658	39650,5	7,318976	23,5	0,311446	
SB100 Balsa	5	Q1200	0,65	1200	1,05	2,315	15000	15750	36461,25	56,2718625	844077,9375	9,043419	135651,3	25,0895	210	0,119236	
	6	Q1200	0,65	1200	1,05	1,265	15000	15750	19923,75	16,8023625	252035,4375	10,09942	151401,3	27,94675	210	0,13308	
	7	L1850	0,65	850	0,74	0,37	19000	14060	5202,2	1,01306	19248,14	10,83342	205835	37,99451	250	0,151978	
Diş Yüzey					23,73			140622	1523417		247492372,1						
Nötreksenin base den mesafesi (mm)			10,83342	E.t.x/E.t													
Kesitin Çekme Elastisite Modülü (N/mm ²)				5925,917	E.t/İ												
Nötreksendeki El rijitliği (Ncm ⁴ /mm ²)			8245,423	(1cm ilk şerit genişliğine göre)													
Water Tank																	
	Layer No.	Açıklama	Gc	Ağırlık (g/m ²)	t (mm)	Tabana olan mesafe,x (mm)	E (N/mm ²)	E.t	E.t.x	I tabandaki	El tabandaki	yl (mm)	El x yl	σ_{ss} N/mm ²	σ_{ult} N/mm ²	α_{ss}	β_{ss}
İç Yüzey	1	L1850	0,65	1200	0,74	23,36	20000	14800	345728	4038,10304	80762060,8	12,89658	257931,6	47,61089	169,5	0,28089	
	3	Q1200	0,65	1200	1,05	22,465	11500	12075	271264,9	5299,100363	60939654,17	12,15658	139800,7	25,80542	180	0,143363	
	4	100kg/m ³			19,1	12,39	3570	68187	844836,9	29320,8111	104675295,6	11,10658	39650,5	7,318976	23,5	0,311446	
SB100 Balsa	5	Q1200	0,65	1200	1,05	2,315	15000	15750	36461,25	56,2718625	844077,9375	9,043419	135651,3	25,0895	210	0,119236	
	6	Q1200	0,65	1200	1,05	1,265	15000	15750	19923,75	16,8023625	252035,4375	10,09942	151401,3	27,94675	210	0,13308	
	7	L1850	0,65	1200	0,74	0,37	19000	14060	5202,2	1,01306	19248,14	10,83342	205835	37,99451	250	0,151978	
Diş Yüzey					23,73			140622	1523417		247492372,1						
Nötreksenin base den mesafesi (mm)			10,83342	E.t.x/E.t													
Kesitin Çekme Elastisite Modülü (N/mm ²)				5925,917	E.t/İ												
Nötreksendeki El rijitliği (Ncm ⁴ /mm ²)			8245,423	(1cm ilk şerit genişliğine göre)													
Tank Baffles																	
	Layer No.	Açıklama	Gc	Ağırlık (g/m ²)	t (mm)	Tabana olan mesafe,x (mm)	E (N/mm ²)	E.t	E.t.x	I tabandaki	El tabandaki	yl (mm)	El x yl	σ_{ss} N/mm ²	σ_{ult} N/mm ²	α_{ss}	β_{ss}
İç Yüzey	1	CSM450	0,33	450	1,25	27,055	7200	9000	243495	9149,662813	65877572,25	13,99811	100750,4	13,09294	121,5	0,107761	
	2	CSM450	0,33	450	1,25	25,805	7200	9000	232245	8323,725313	59930822,25	12,74311	91750,4	11,92335	121,5	0,098135	
	3	Q1200	0,55	1200	1,05	24,655	11500	12075	297709,1	6382,624763	73400184,77	11,49811	132170,8	17,17615	180	0,095423	
SB100 Balsa	4	L1850	0,55	850	0,74	23,76	20000	14800	351648	4177,57824	83551564,8	10,44311	208862,2	27,14252	169,5	0,160133	
	5	100kg/m ³	0,55		19,1	13,84	3570	68187	943708,1	36585,2096	130609198,3	9,703111	34640,11	4,501627	23,5	0,191559	
	6	L1850	0,55	850	0,74	3,92	19000	14060	55115,2	113,71136	2160515,84	10,13689	192600,9	25,02929	250	0,100117	
Diş Yüzey	7	Q1200	0,55	1200	1,05	3,025	15000	15750	47643,75	96,0815625	1441223,438	11,18689	167803,3	21,80675	210	0,103842	
	8	CSM450	0,33	450	1,25	1,875	6950	8687,5	16289,06	43,9453125	305419,9219	12,43689	86436,38	11,23277	91	0,123437	
	9	CSM450	0,33	450	1,25	0,625	6950	8687,5	5429,687	4,8828125	33935,54687	13,68689	95123,88	12,36175	91	0,135843	
					27,68			160247	2193283		417310437,1						
Nötreksenin base den mesafesi (mm)			13,68689	E.t.x/E.t													
Kesitin Çekme Elastisite Modülü (N/mm ²)				5789,27	E.t/İ												
Nötreksendeki El rijitliği (Ncm ⁴ /mm ²)			11711,82	(1cm ilk şerit genişliğine göre)													

(Çizelge 9.10) oluşturulmasında [6], [7], [11], [15], [16], [17] ve [18] dan faydalanıldı.

9.5.1.3 Yakıt ve Su Tankı Limit Çökme Değerleri Hesabı

Yakıt tankı ve su tankı eğilme moment büyüklüğü, (9.10)'da ilgili büyüklüklerin konulmasıyla aşağıdaki eşitlikler ile elde edilir.

$$M_{E \text{ yakıt-su}} = \frac{k \times p \times b^2}{12} \times 10^{-5} \text{ Nm} \Rightarrow M_b = \frac{1 \times 32,48 \times 750^2}{12} \times 10^{-5} = 15,22 \text{ Nm}$$

$$M_{E \text{ bölme}} = \frac{k \times p \times b^2}{12} \times 10^{-5} \text{ Nm} \Rightarrow M_b = \frac{1 \times 32,48 \times 750^2}{12} \times 10^{-5} = 15,22 \text{ Nm}$$

Çökme değeri, (9.13)'de ilgili büyüklüklerin konulmasıyla aşağıdaki eşitlikten elde edilir.

$$\delta = \frac{32,48 \times 750^2}{8 \times 19,1} \left(\frac{750^2}{24 \times 8245,423 \times 2,84 \times 19,1} + \frac{1}{160} \right) \times 10^{-3} \text{ mm} = 7 \text{ mm}$$

$7 \text{ mm} < \frac{750}{100} = 7,5 \text{ mm}$ olduğundan bu değer kabul edilir bir değerdir.

9.5.1.4 Pis Su ve Gri Su Tankları Laminasyon Planlarının Belirlenmesi

Pis su ve gri su tankı laminasyon kalınlığının belirlenmesinde (9.16) eşitliği kullanılır.

Bağıntıya ilgili büyüklüklerin konulmasıyla aşağıdaki eşitliklerden kalınlık hesaplanır.

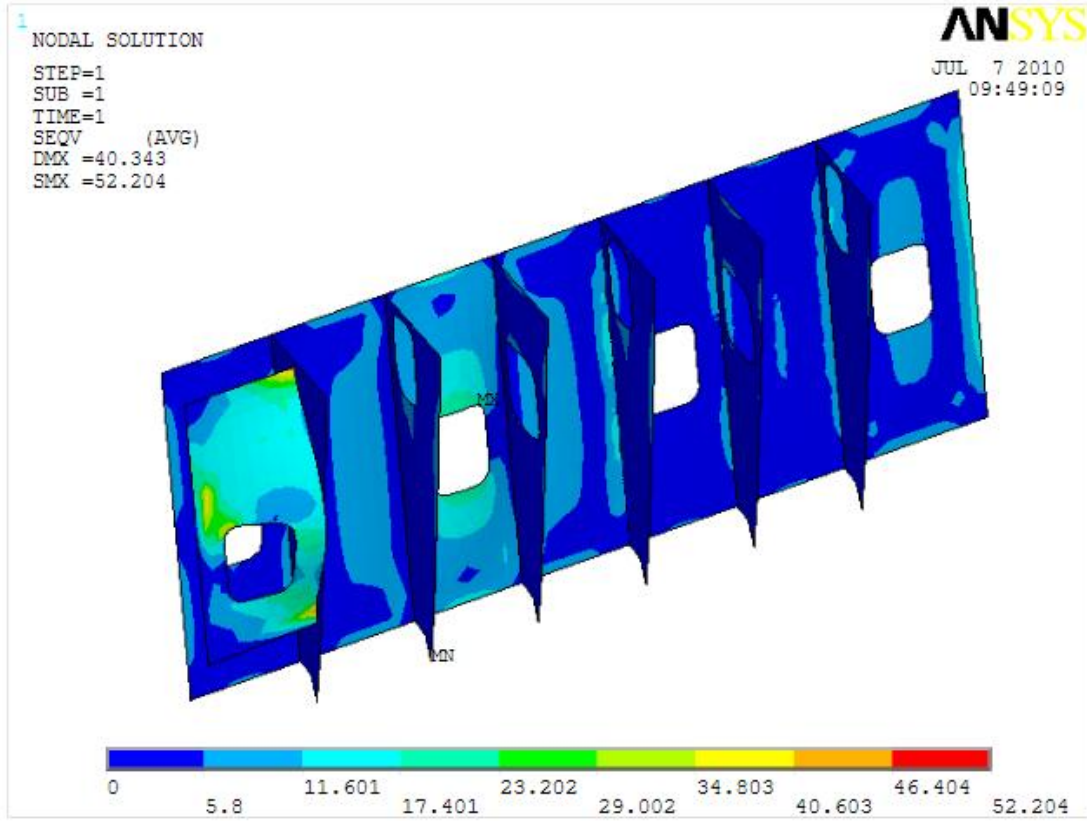
$$t = 0,146 \times b \times \sqrt[3]{\frac{p}{E_{tp}}} = 0,146 \times 1050 \times \sqrt[3]{\frac{17,17}{14500}} = 17,78 \text{ mm} \text{ (Pis Su ve Gri Su)}$$

XM600/225 elyafı kullanılarak (9.19)'den hesaplanan kalınlığa göre uygulanacak olan elyaf planında, on sekiz kat iki yönlü mat elyafli keçe kumaşı kullanılacaktır.

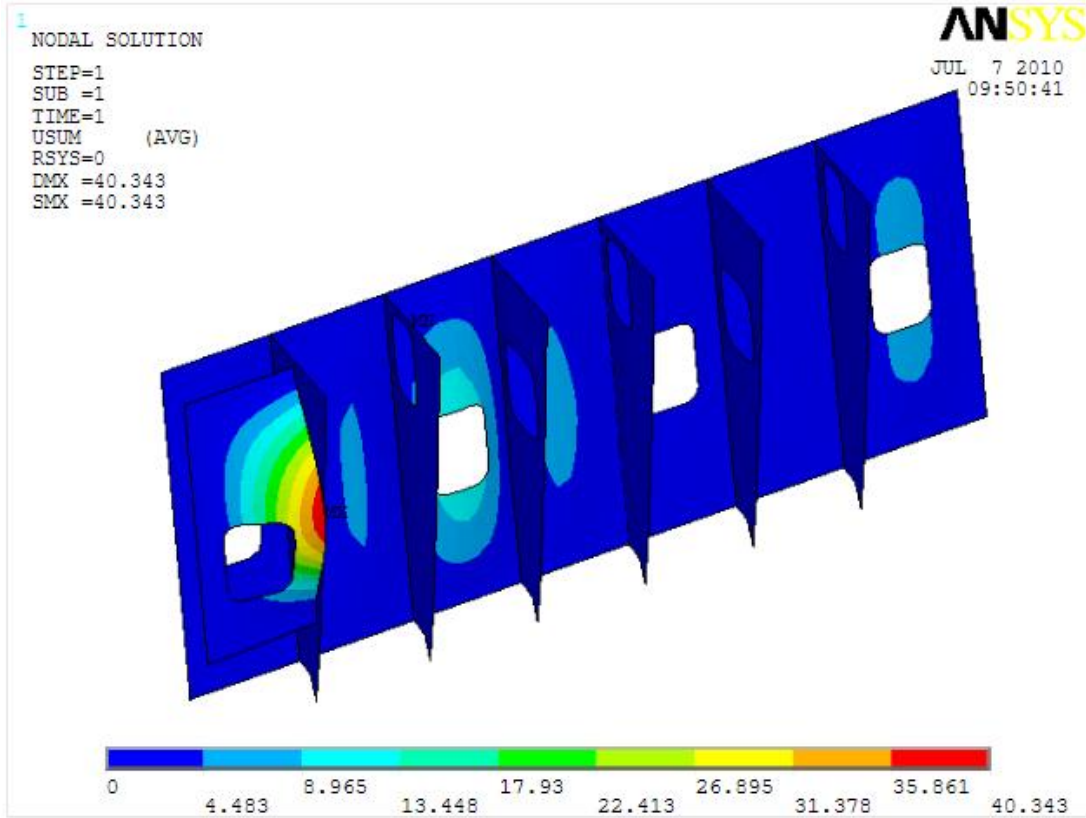
$$t = 0,146 \times b \times \sqrt[3]{\frac{p}{E_{tp}}} = 0,146 \times 600 \times \sqrt[3]{\frac{14,56}{14500}} = 8,77 \text{ mm} \text{ (Lazerette)}$$

XM600/225 elyafı kullanılarak (9.19)'den hesaplanan kalınlığa göre uygulanacak olan elyaf planında, on kat iki yönlü mat elyafli keçe kumaşı kullanılacaktır.

9.5.2 ANSYS Yazılımı İle Yakıt ve Su Tankı Hesaplama Sonuçları



Şekil 9.7 ANSYS yakıt ve su tankı gerilme görüntüsü



Şekil 9.8 ANSYS yakıt ve su tankı çökme görüntüsü

Sonuçlar karşılaştırıldığında, elyaf katmanlarında, ANSYS yazılımı ile Şekil 9.7’de, en fazla su tankı perdesi menhol ve çevresinde 30 – 35 MPa lık bir gerilmenin olduğu görülmektedir. Lloyd’s hesaplama tablosu Çizelge 9.10’da bakıldığında, tank perdelerinde en fazla 25 MPa büyüklüğünde bir gerilme olduğu da hesaplanmıştır. En fazla tank kabuğu gerilmesinin, her bir su tankı ve yakıt tankı için 30 - 35 MPa dolaylarında olduğu, ve ANSYS yazılımının 25 – 30 MPa değerine de yakın bir değer olduğu saptanmıştır. Böylelikle, her iki hesaplama sonucu bu bölgelerin hesabında birbirine yakındır. Ayrıca çökme değerlerine de değinecek olursak, ANSYS yazılımında Şekil 9.8’de her bir su tankı ve yakıt tankı kabuk bölgesinde, en fazla çökmenin 7 ile 13 mm arasında çökme olduğu görülmektedir. Lloyd’s hesabında, denklem (9.13)’den elde edilen değer de 7 mm olduğu, ve bunun da ANSYS yazılımının bulduğu değerler arasında olması da gözlemlenmiştir.

9.6 Perdelerin Laminasyon Planlarının Hesabı

Bu bölümde, tekne perdelerinin laminasyon planının belirlenmesi için Lloyd’s Register, İngiliz Loydu kuralları doğrultusunda, önceki bölümlerde hesaplanmış olan ilgili perdeye ait basınç yükleri, kesme kuvvetleri ve eğilme momentleri göz önünde bulundurularak, gerekli kabuk kalınlıkları hesaplanacaktır. Bulunan kalınlık ölçülerine göre de bu bölgelere uygun olan elyaf planları yani laminasyon planları belirlenecektir.

9.6.1 Enine Perdelerin Laminasyon Planlarının Belirlenmesi

Bu bölümde yapılacak hesaplar Bölüm 9.1.2’de yapılan hesaplara benzerdir. Bunun sebebi her iki bölümde de kompozit levha kullanılmasından kaynaklanmaktadır.

Öncelikle gerekli çekirdek malzeme kalınlığı ve cinsini belirlemek için, (9.8) eşitliği yardımıyla ilgili büyüklüklerin konulmasıyla aşağıdaki eşitlik elde edilir.

$$t_s = \phi x k_s x b x \sqrt[3]{\frac{p}{E_{tps}}} \text{ mm} = 0,144 \times 1 \times 1000 \times \sqrt[3]{\frac{21,6}{2202,12}} = 30,82 \text{ mm} , 40\text{mm}$$

kalınlıklı çekirdek malzeme seçildi. Daha sonra malzeme tipi seçimi ve çekirdek malzeme kayma gerilmesi kontrolü yapılabilmesi için (9.9)’da ilgili büyüklüklerin konulması ile aşağıdaki eşitlikler elde edilir.

$$\tau_c = \frac{p \times b \times k_s}{2 \times t_c} \times 10^{-3} \text{ N/mm}^2 = \frac{21,6 \times 1000 \times 1}{2 \times 40} \times 10^{-3} \cong 0,27 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

40mm Airex C70.75 köpük kayma gerilme dayanımı = 1,2 N/mm² [23]

$$\frac{\tau_c}{\tau_{köpük}} = \frac{0,27}{1,2} = 0,225 \leq 0,3 \text{ olduğundan 40 mm Airex C70.75 H80 köpük seçildi.}$$

Bir sonraki aşamada iç ve dış katman kalınlık hesapları için, (9.12)'de ilgili büyüklüklerin konulmasıyla aşağıdaki eşitlikler elde edilir.

$$t_{iç \text{ katman}} = 0,446 \times \frac{21,6}{2202,12} \times \frac{1000^3}{40^2} \times 10^{-3} = 2,73 \text{ mm}$$

$$t_{dış \text{ katman}} = 0,594 \times \frac{21,6}{2200} \times \frac{1000^3}{40^2} \times 10^{-3} = 3,63 \text{ mm}$$

Sonuçta (9.12)'den hesaplanan kural kalınlık doğrultusunda aşağıdaki şekilde bir laminasyon planı oluşturulmuştur.

1 x LT850 (iki yönlü dikişli elyaf),

2 x Q1200 (dört yönlü dikişli elyaf),

40 mm Airex C70.75 H80 Köpük,

3 x Q1200 (dört yönlü dikişli elyaf),

1 x LT850 (iki yönlü dikişli elyaf) laminasyon planı uygulanmalıdır.

9.6.1.1 Enine Perdeler Limit Çökme Değerleri Hesabı

Yakıt tankı ve su tankı eğilme moment büyüklüğü, (9.10)'da ilgili büyüklüklerin konulmasıyla aşağıdaki eşitlikler ile elde edilir.

$$M_{E \text{ Bhd}} = \frac{k \times p \times b^2}{12} \times 10^{-5} \text{ Nm} \Rightarrow M_b = \frac{1 \times 21,6 \times 1000^2}{12} \times 10^{-5} = 18 \text{ Nm}$$

Çökme değeri, (9.13)'de ilgili büyüklüklerin konulmasıyla aşağıdaki eşitlikten elde edilir.

$$\delta = \frac{21,6 \times 1000^2}{8 \times 40} \left(\frac{1000^2}{24 \times 2200,12 \times 3,67 \times 40} + \frac{1}{30} \right) \times 10^{-3} \text{ mm} = 11,82 \text{ mm toplam çökme,}$$

11,82 mm $\cong \frac{1000}{100}$ olduğundan bu değer kabul edilebilir bir değerdir.

Her bir elyaf katı, Çizelge 9.11’de mekanik özellikleri ve kalınlıkları tanımlanmak şartı ile yerleştirilerek, (9.5), (9.6) ve (9.7)’deki bağıntılar çizelgeye tanımlanır. Böylece Lloyd’s hesaplama tablosu oluşturulmuş olur.

Herhangi bir elyaf katındaki gerilme oranı, 0,28 den büyük ise bu değer Lloyd’s müsaade değerleri olan 0,28 değerini aşmış olur. Bu durumda, laminasyon katları değiştirilip, hesaplamanın tekrar yapılması gerekmektedir.

Çizelge 9.11 Enine perdeler laminasyon planı hesaplama tablosu

Enine Perdeler																
	Layer No.	Açıklama	Gc	Ağırlık (g/m^2)	t (mm)	Tabana olan mesafe, x (mm)	E (N/mm^2)	E.t	E.t.x	l tabanda	El tabanda	yl (mm)	El x yl	σ_{x1} N/mm^2	σ_{x2} N/mm^2	σ_{x1} / σ_{x2}
İç Yüzey	1	L7850	0,65	850	0,74	46,36	20000	14800	686128	15904,45	3,18E+08	27,78846	555769,2	22,69295	169,5	0,133882
	2	Q1200	0,65	1200	1,05	45,465	11500	12075	548989,9	21704,2	2,5E+08	27,04846	311057,3	12,70097	180	0,070561
	3	Q1200	0,65	1200	1,05	44,415	11500	12075	536311,1	20713,27	2,38E+08	25,99846	298982,3	12,20793	180	0,067822
Alrex C70.75	4	80kg/m^3			40	23,89	66	2640	63069,6	228292,8	15067327	24,94846	1646,598	0,067233	2	0,033617
	5	Q1200	0,65	1200	1,05	3,365	15000	15750	52998,75	118,8939	1783408	16,10154	241523,1	9,861776	210	0,046961
	6	Q1200	0,65	1200	1,05	2,315	15000	15750	36461,25	56,27186	844077,9	17,15154	257273,1	10,50487	210	0,050023
	7	Q1200	0,65	1200	1,05	1,265	15000	15750	19923,75	16,80236	252035,4	18,20154	273023,1	11,14797	210	0,053086
Dış Yüzey	8	L7850	0,65	850	0,74	0,37	19000	14060	5202,2	1,01306	19248,14	18,94154	359889,3	14,69486	250	0,058779
					46,73			102900	1949085		8,24E+08					
Nötr eksenin base den mesafesi (mm)			18,94154 E.t.x/E.t													
Kesitin Çekme Elastisite Modülü (N/mm^2)			2202,012 E.t/t													
Nötr eksendeki El rijitliği (Ncm^4/mm^2)			45466,92 (1cm lik şerit genişliğine göre)													

(Çizelge 9.11) oluşturulmasında [6], [10], [11], [15], [16], [17] ve [18] dan faydalanıldı.

9.6.2 Boyuna Perdeler Laminasyon Planlarının Belirlenmesi

Boyuna perde eğilme moment büyüklüğü, (9.10)’da ilgili büyüklüklerin konulmasıyla aşağıdaki eşitlikler ile elde edilir.

$$M_{E Bhd} = \frac{k x p x b^2}{12} x 10^{-5} Nm \Rightarrow M_b = \frac{1 x 21,6 x 1500^2}{12} x 10^{-5} = 40,5 Nm$$

Öncelikle gerekli çekirdek malzeme kalınlığı ve cinsini belirlemek için, (9.8) ve (9.9)’da ilgili büyüklüklerin konulmasıyla aşağıdaki eşitlik elde edilir.

$$\tau_c = \frac{p x b x k_s}{2 x t_c} x 10^{-3} N/mm^2 = \frac{21,6 x 1500 x 1}{2 x 31,8} x 10^{-3} \cong 0,510 \frac{N}{mm^2}$$

31,8mm SB150 balsa kayma gerilmesi dayanımı = 3 N/mm² [24] ve 31,8 mm balsa seçildi.

$$\frac{\tau_c}{\tau_{köpük}} = \frac{0,510}{3} = 0,17 \leq 0,3 \quad 31,8 \text{ mm SB150 Balsa seçildi.}$$

Bir sonraki aşamada iç ve dış katman kalınlık hesapları için, (9.12)'de ilgili büyüklüklerin konulmasıyla aşağıdaki eşitlikler elde edildi.

$$t_{i\text{ katman}} = 0,446 \times \frac{21,6}{8500} \times \frac{1500^3}{31,8^2} \times 10^{-3} = 3,7 \text{ mm}$$

$$t_{d\text{ış katman}} = 0,594 \times \frac{21,6}{8500} \times \frac{1000^3}{31,8^2} \times 10^{-3} = 5,04 \text{ mm}$$

Çökme değeri, (9.13)'de ilgili büyüklüklerin konulmasıyla aşağıdaki eşitlikten elde edilir.

$$\delta = \frac{21,6 \times 1500^2}{8 \times 31,8} \left(\frac{1500^2}{24 \times 8500 \times 4,38 \times 31,8} + \frac{1}{309} \right) \times 10^{-3} \text{ mm} = 15,74 \text{ mm toplam çökme,}$$

15,74 mm $\cong \frac{1500}{100}$ olduğundan bu değer kabul edilebilir bir değerdir.

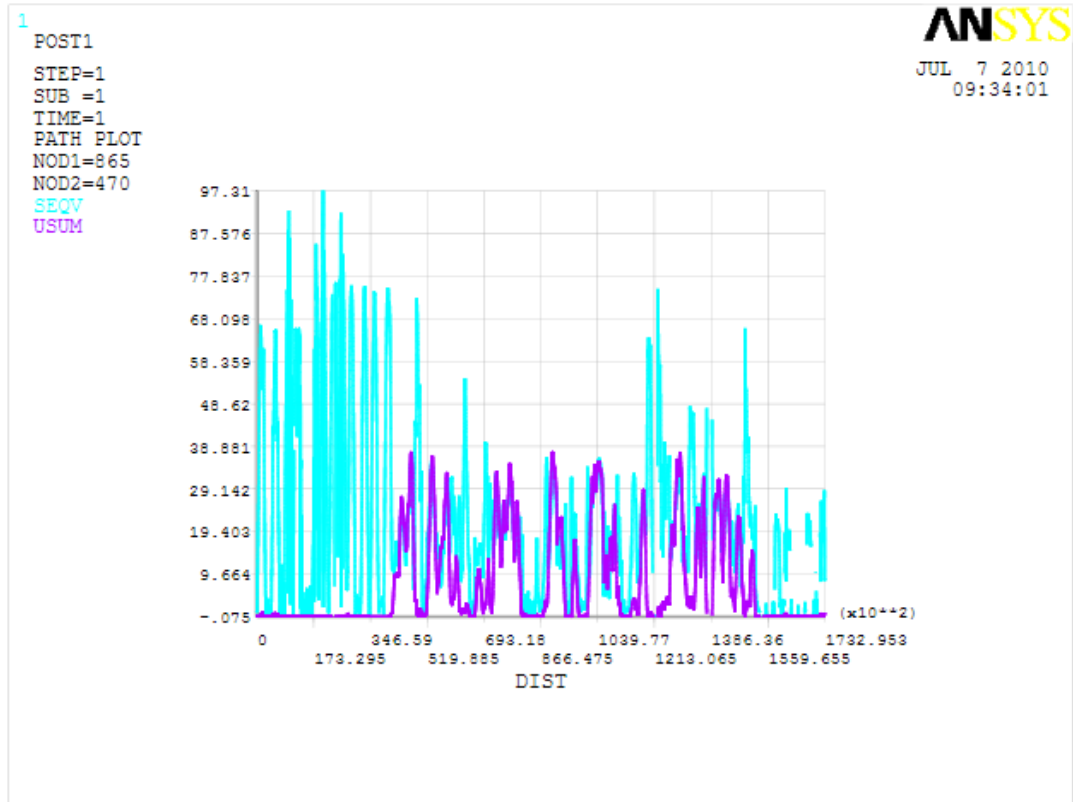
Her bir elyaf katı, Çizelge 9.12'de mekanik özellikleri ve kalınlıkları tanımlanmak şartı ile yerleştirilerek, (9.5), (9.6) ve (9.7)'deki bağıntılar çizelgeye tanımlanır. Böylece Lloyd's hesaplama tablosu oluşturulmuş olur. Her bir elyaf katındaki gerilme oranı 0,28 değerinden büyük olmamalıdır.

Çizelge 9.12 Boyuna perdeler laminasyon planı hesaplama tablosu

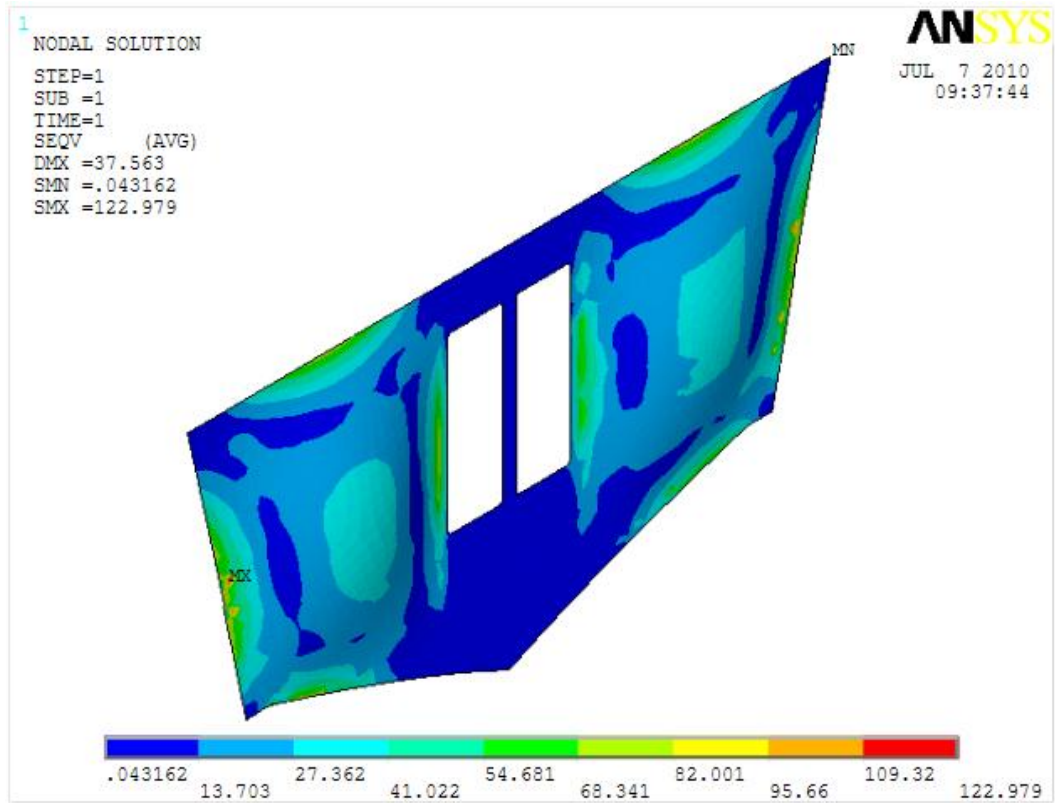
Longitudinal Bulkheads															
Layer No.	Açıklama	Gc	Ağırlık (g/m²)	t (mm)	Tabana olan mesafe, x (mm)	E (N/mm²)	E.t	E.t.x	l tabandaki	El tabandaki	yi (mm)	El x yi	σ_{ei}	σ_{ult}	$\sigma_{ei} / \sigma_{ult}$
													N/mm²	N/mm²	
İç Yüzey	1 LT850	0,65	850	0,74	40,19	20000	14800	594812	11952,74714	239054942,8	20,51621	410324,3	31,03595	169,5	0,183103
	2 LT850	0,65	850	0,74	39,45	20000	14800	583860	11516,6385	230332770	19,77621	395524,3	29,91651	169,5	0,176499
	3 LT850	0,65	850	0,74	38,71	20000	14800	572908	11088,63434	221772686,8	19,03621	380724,3	28,79707	169,5	0,169894
	4 LT850	0,65	850	0,74	37,97	20000	14800	561956	10668,73466	213374693,2	18,29621	365924,3	27,67764	169,5	0,16329
	5 LT850	0,65	850	0,74	37,23	20000	14800	551004	10256,93946	205138789,2	17,55621	351124,3	26,5582	169,5	0,156686
SB150 Balsa	6 250kg/m³			31,8	20,96	5759	183136,2	3838535	139704,2688	804556884	16,81621	96844,57	7,325092	23,5	0,311706
	7 Q1200	0,65	1200	1,05	4,535	15000	15750	71426,25	215,9453625	3299180,437	16,03379	240506,8	18,19136	210	0,086626
	8 Q1200	0,65	1200	1,05	3,485	15000	15750	54888,75	127,5248625	1912872,937	17,08379	256256,8	19,38265	210	0,092298
	9 LT850	0,65	850	0,74	2,59	19000	14060	36415,4	49,63994	943158,86	17,82379	338651,9	25,61482	250	0,102459
	10 LT850	0,65	850	0,74	1,85	19000	14060	26011	25,3265	481203,5	18,56379	352711,9	26,67829	250	0,106713
	11 LT850	0,65	850	0,74	1,11	19000	14060	15606,6	9,11754	173233,26	19,30379	366771,9	27,74175	250	0,110967
Dış Yüzey	12 LT850	0,65	850	0,74	0,37	19000	14060	5202,2	1,01306	19248,14	20,04379	380831,9	28,80522	250	0,115221
				40,56											
Nötr eksenin base den mesafesi (mm)			20,04379	E.t.x/E.t											
Kesitin Çökme Elastisite Modülü (N/mm²)			8502,865	E.t/t											
Nötr eksendeki B rijitliği (Ncm⁴/mm²)			53544,79	(1cm lik şerit genişliğine göre)											

(Çizelge 9.12) oluşturulmasında [6], [7], [11], [15], [16], [17] ve [18] dan faydalanıldı.

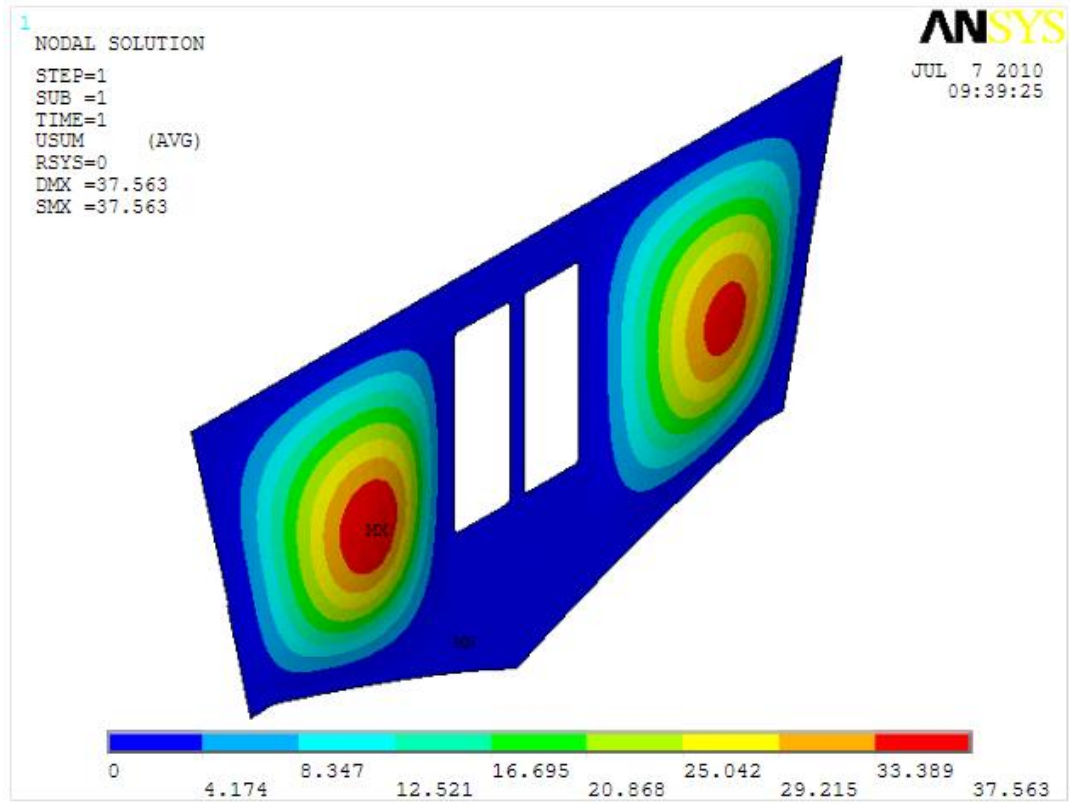
9.6.3 Ansys Yazılımı İle Enine Perde Hesaplama Sonuçları



Şekil 9.9 ANSYS enine perde gerilme grafiği



Şekil 9.10 ANSYS enine perde gerilme görüntüsü



Şekil 9.11 ANSYS enine perde çökme görüntüsü

Sonuçlar karşılaştırıldığında, elyaf katmanlarında, ANSYS yazılımı ile Şekil 9.10'da, en fazla perde ortasında 30 – 40 MPa büyüklüğünde bir gerilmenin olduğu görülmektedir. Lloyd's hesaplama tablosu, Çizelge 9.11'de bakıldığında, enine perdede en fazla 21 MPa büyüklüğünde bir gerilme olduğu da hesaplanmıştır. Böylelikle, her iki hesaplama sonucu bu bölgelerin hesabında birbirine yakındır. Ayrıca, çökme değerlerine de değinecek olursak, ANSYS yazılımında en fazla çökmenin, Şekil 9.11'de 30 - 40 mm arasında bir çökme olduğu görülmektedir. Lloyd's hesabında, denklem (9.13)'den elde edilen değer de, 11,82 mm olduğu hesaplanmıştır. Her iki yöntem arasında farkın oluşmasındaki sebep, ANSYS yazılımında perde üzerindeki desteksiz mesafenin, gövdenin her iki iskele – sancak doğrultusu arasında oluşudur. Yani en kötü koşullar göz önünde bulundurulmuştur. Ancak gerçekte, bu perdeler boyuna perde ve diğer yapısal elemanlar tarafından desteklenmektedir. Dolayısıyla, Lloyd's hesaplarında bu desteksiz boy ortalama 1000 mm olarak hesaplanmıştır.

9.7 Güverte Kaplaması Laminasyon Planları Hesabı

Bu bölümde, tekne güverte kabuk kaplaması için Lloyd's Register, İngiliz Loydu kuralları doğrultusunda, önceki bölümlerde hesaplanmış olan ilgili bölgeye ait basınç yükleri, kesme kuvvetleri ve eğilme momentleri göz önünde bulundurularak, gerekli kabuk kalınlıkları hesaplanacaktır. Bulunan kalınlık ölçülerine göre de bu bölgelere uygun olan elyaf planları yani laminasyon planları belirlenecektir. Belirlenecek olan elyaf planları ve kalınlık değerlerine göre de bu bölgelerdeki gerilme ve çökme değerleri, Lloyd's Register, İngiliz Loydu kuralları doğrultusunda hesaplanacaktır. Ayrıca hesaplanacak olan değerler, Lloyd's Register, İngiliz Loydu'nun müsaade ettiği değerler ile karşılaştırılacaktır. Bir sonraki aşamada da belirlenen elyaf planı yani laminasyon planları üzerinde hesaplanan gerilme ve çökme değerleri ile ANSYS yazılımı ile elde edilecek simülasyon sonuçlarındaki değerler karşılaştırılacaktır.

9.7.1 Açık Güverte Kaplaması Laminasyon Planlarının Belirlenmesi

Bu bölümde yapılacak hesaplar Bölüm 9.1.2'de yapılan hesaplara benzerdir. Bunun sebebi her iki bölümde de kompozit levha kullanılmasından kaynaklanmaktadır. Öncelikle gerekli çekirdek malzeme kalınlığı ve cinsini belirlemek için, (9.8) eşitliği yardımıyla ilgili büyüklüklerin konulmasıyla aşağıdaki eşitlik elde edilir.

$$t_s = \phi x k_s x b x^3 \sqrt{\frac{p}{E_{tps}}} \text{ mm} = 0,144 \times 1000 \times \sqrt[3]{\frac{28,49}{11000}} = 19,77 \text{ mm} \cong 30 \text{ mm}$$

Yukarıdaki eşitlik sonucuna göre 30 mm kalınlıklı çekirdek malzeme seçildi. Daha sonra malzeme tipi seçimi ve çekirdek malzeme kayma gerilmesi kontrolü yapılabilmesi için (9.9)'da ilgili büyüklüklerin konulması ile aşağıdaki eşitlikler elde edilir.

$$\tau_c = \frac{p x b x k_s}{2 x t_c} \times 10^{-3} \text{ N/mm}^2 = \frac{28,49 \times 1000 \times 1}{2 \times 30} \times 10^{-3} \cong 0,4748 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

30mm Airex C70.90 H100 kayma gerilmesi dayanımı = 1,6 N/mm² [23]

$$\frac{\tau_c}{\tau_{foam}} = \frac{0,4748}{1,6} = 0,296 \leq 0,3 \text{ olduğundan 30mm C70.90 H100 köpük seçildi.}$$

Açık güverte kaplaması eğilme moment büyüklüğü, (9.10)'da ilgili büyüklüklerin konulmasıyla, aşağıdaki eşitlikler ile elde edilir.

$$\gamma = \frac{bw}{b} = \frac{150}{1000} = 0,15, \quad k = \frac{\gamma^3+1}{\gamma+1} = 0,8725 ,$$

$$p = 28,49 \text{ kN} / m^2, (3.11)'den,$$

$$b = 1000 \text{ mm},$$

$$M_b = 20,71 \text{ Nm} \text{ olarak hesaplanır.}$$

Bir sonraki aşamada iç ve dış katman kalınlık hesapları için, (9.12)'de ilgili büyüklüklerin konulmasıyla aşağıdaki eşitlikler elde edilir.

$$t_{i\text{ katman}} = 0,446 \times \frac{28,49}{11000} \times \frac{1000^3}{30^2} \times 10^{-3} = 1,283 \text{ mm}$$

$$t_{d\text{ış katman}} = 0,594 \times \frac{28,49}{11000} \times \frac{1000^3}{30^2} \times 10^{-3} = 1,708 \text{ mm}$$

$$t_{i\text{ katman}} = 2 \text{ mm}, t_{d\text{ış katman}} = 3 \text{ mm} \text{ olarak seçildi.}$$

Bu bölümde laminasyon planlarının oluşturulmasında [12] den faydalanıldı.

9.7.1.1 Dış Katman Laminasyon Planının Belirlenmesi

(9.12)'den hesaplanan kural kalınlık doğrultusunda, dış katman için aşağıdaki şekilde bir laminasyon planı oluşturulmuştur.

1 x CSM300 (Mat elyaf), $G_c = 0,27 = 0,84 \text{ mm}$ kalınlığında,

3 x LT850 (iki yönlü dikişli elyaf), $G_c = 0,65 = 2,22 \text{ mm}$ kalınlığında olmak üzere

Toplam dış katman kalınlığı = 3,06 mm kalınlık hesaplanmıştır.

Toplam dış katman birim metrekare kütlesi = 2850gr / m^2 olarak belirlenmiştir.

9.7.1.2 İç Katman Laminasyon Planının Belirlenmesi

(9.12)'den hesaplanan kural kalınlık doğrultusunda, iç katman için aşağıdaki şekilde bir laminasyon planı oluşturulmuştur.

2 x LT850 (iki yönlü dikişli elyaf), $G_c = 0,65 = 1,48 \text{ mm}$ kalınlığında,

1 x LT600 (iki yönlü dikişli elyaf), $G_c = 0,65 = 0,52 \text{ mm}$ kalınlığında olmak üzere

Toplam iç katman kalınlığı = 2 mm olarak hesaplanmıştır.

Toplam iç katman birim metrekare kütlesi = 2300 gr / m² olarak belirlenmiştir.

Her bir elyaf katı, Çizelge 9.13’de mekanik özellikleri ve kalınlıkları tanımlanmak şartı ile yerleştirilerek, (9.5), (9.6) ve (9.7)’deki bağıntılar çizelgeye tanımlanır. Böylece Lloyd’s hesaplama tablosu oluşturulmuş olur. Her bir elyaf katındaki gerilme oranı 0,28 değerinden büyük olmamalıdır.

Herhangi bir elyaf katındaki gerilme oranı 0,28 den büyük ise, bu değer Lloyd’s müsaade değerleri olan 0,28 değerini aşmış olur. Bu durumda laminasyon katları değiştirilip, hesaplamanın tekrar yapılması gerekmektedir.

Çizelge 9.13 Açık güverte laminasyon planı hesaplama tablosu

	Layer No.	Açıklama	Gc	Ağırlık (g/m ²)	t (mm)	Tabana olan mesafe,x (mm)	E (N/mm ²)	E.t	E.t.x	I tabandaki	EI tabandaki	yi (mm)	EI x yi	σ_{ti}	σ_{ult}	$\sigma_{ti} / \sigma_{ult}$
Açık Güverte																
İç Yüzey																
	1	LT600	0,65	650	0,52	34,8	20000	10400	361920	6297,408	125948160	18,43867	368773,3	33,77877	169,5	0,199285
	2	LT850	0,65	850	0,74	34,17	20000	14800	505716	8640,15786	172803157	17,91867	358373,3	32,82616	169,5	0,193665
	3	LT850	0,65	850	0,74	33,43	20000	14800	494764	8269,98026	165399605	17,17867	343573,3	31,47051	169,5	0,185667
Aİrex C70.90																
	4	100kg/m ³			30	18,06	84	2520	45511,2	97849,08	8219322,72	16,43867	1380,848	0,126482	2,7	0,046845
	5	LT850	0,65	850	0,74	2,69	19000	14060	37821,4	53,54714	1017395,66	14,30133	271725,4	24,88941	250	0,099558
	6	LT850	0,65	850	0,74	1,95	19000	14060	27417	28,1385	534631,5	15,04133	285785,4	26,17727	250	0,104709
	7	LT850	0,65	850	0,74	1,21	19000	14060	17012,6	10,83434	205852,46	15,78133	299845,4	27,46513	250	0,109861
Dış Yüzey																
	8	CSM300	0,27	300	0,84	0,42	6050	5082	2134,44	1,48176	8964,648	16,62133	100559,1	9,210976	79	0,116595
Nötr eksenin base den mesafesi (mm)																
					35,06			89782	1492297		474137089					
Kesitin Çekme Elastisite Modülü (N/mm ²)																
					17245,45	E.t/t										
Nötr eksenindeki EI rijitliği (Ncm ⁴ /mm ²)																
					22609,75	(1cm lik şerit genişliğine göre)										

(Çizelge 9.13) oluşturulmasında [6], [15], [16], [17] ve [18] dan faydalanıldı.

Açık güverte levhasının çökme değeri, (9.13)’de ilgili büyüklüklerin konulmasıyla aşağıdaki eşitlikten elde edilir.

Burada,

$$E_{ms} = 17245,45 \text{ N/mm}^2, \text{ Çizelge 9.13’den elde edilmiştir.}$$

$$b = 1000 \text{ mm, eğilme yönündeki genişlik,}$$

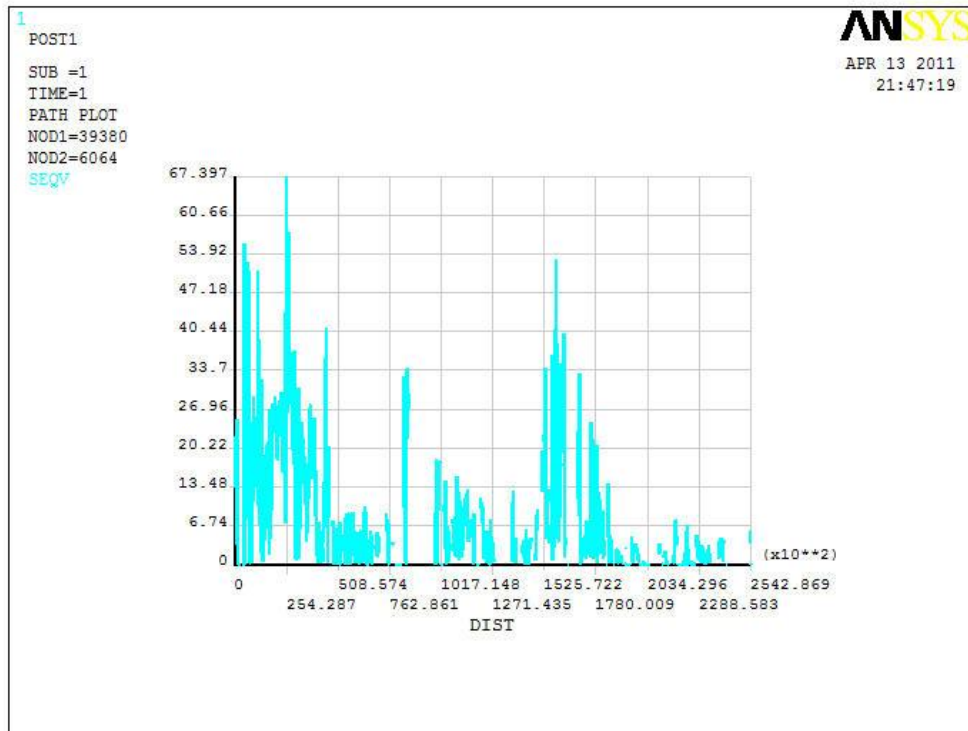
$$G = 38 \text{ N/mm}^2, 100 \text{ kg/m}^3 \text{ yoğunluklu köpük için kayma modülü [23],}$$

$$t_s = \frac{(3,06+2)}{2} = 2,53 \text{ mm , ortalama kat kalınlığı olarak hesaplanmıştır.}$$

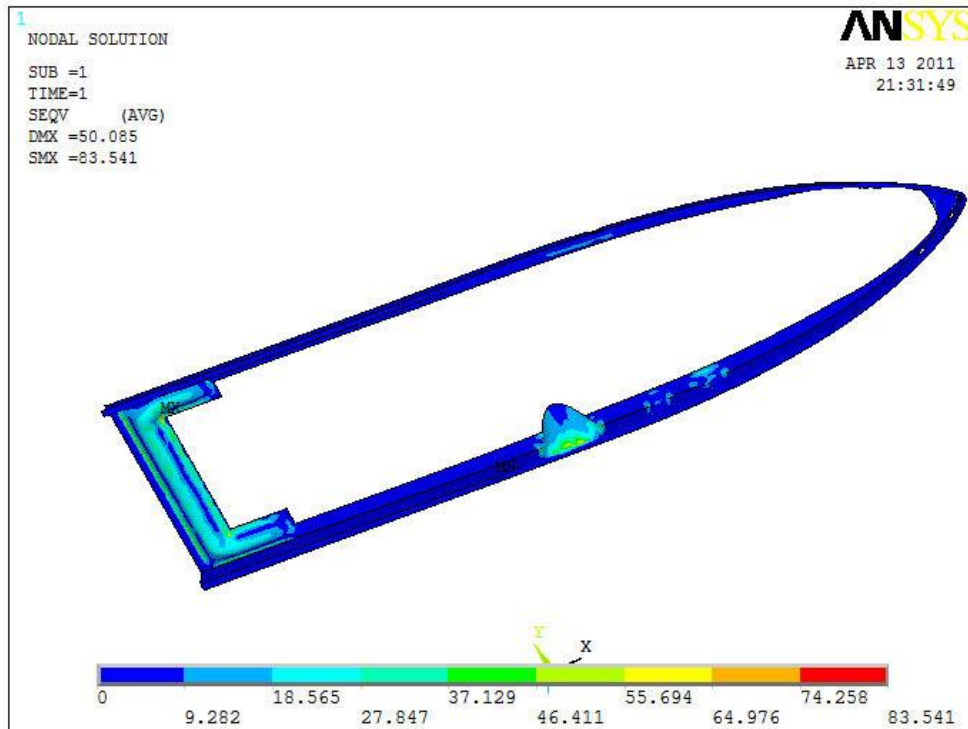
$$\delta = \frac{28,49 \times 1000^2}{8 \times 30} \left(\frac{1000^2}{24 \times 17245 \times 2,53 \times 30} + \frac{1}{38} \right) \times 10^{-3} \text{ mm} = 6,89 \text{ mm toplam çökme,}$$

$$\delta_{kural} = \frac{b}{100} \Rightarrow 6,89 \leq \frac{1000}{100} \text{ olduğundan bu değer kabul edilebilir bir değerdir.}$$

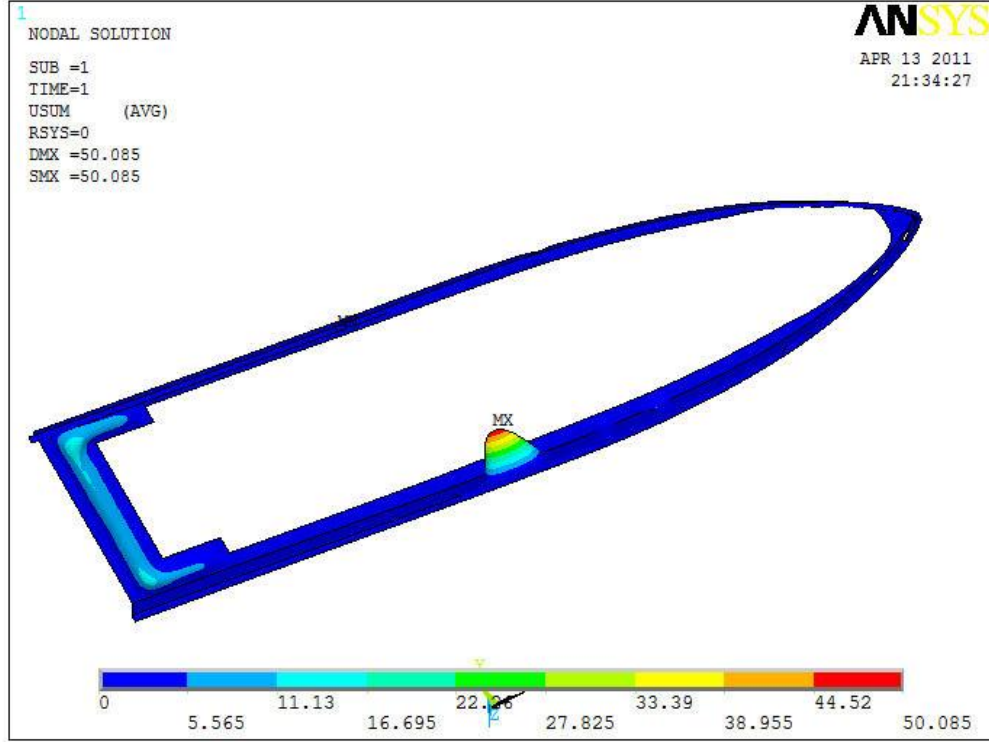
9.7.1.3 Ansys Yazılımı İle Açık Güverte Kaplaması Hesaplama Sonuçları



Şekil 9.12 Ansys açık güverte gerilme grafiği



Şekil 9.13 ANSYS açık güverte gerilme görüntüsü



Şekil 9.14 ANSYS açık güverte çökme görüntüsü

Sonuçlar karşılaştırıldığında, elyaf katmanlarında, ANSYS yazılımı ile Şekil 13’de, en fazla güverte arka kısımlarda ve güverte ortasında 10 – 30 MPa büyüklüğünde bir gerilme aralığı olduğu görülmektedir. Lloyd’s hesaplama tablosu Çizelge 9.13’de bakıldığında, güverte kaplamasında en fazla 33 MPa lık bir gerilme olduğu da hesaplanmıştır. Böylelikle, her iki hesaplama sonucu, açık güverte kaplaması hesabında birbirine yakındır. Ayrıca çökme değerlerine de değinecek olursak, ANSYS yazılımında Şekil 9.14’de, ortalama çökmenin 5 - 10 mm arasında bir çökme olduğu görülmektedir. Lloyd’s hesabında (9.13)’den elde edilen değer de 6,89 mm olduğu hesaplanmıştır. Yine çökme değerleri hem ANSYS yazılımı hem de Lloyd’s hesabı ile karşılaştırıldığında birbirlerine yakındır.

9.7.2 Kapalı Güverte Kaplaması Laminasyon Planlarının Belirlenmesi

Bu bölümde yapılacak hesaplar Bölüm 9.1.2’de yapılan hesaplara benzerdir. Bunun sebebi her iki bölümde de kompozit levha kullanılmasından kaynaklanmaktadır. Öncelikle gerekli çekirdek malzeme kalınlığı ve cinsini belirlemek için, (9.8) eşitliği yardımıyla ilgili büyüklüklerin konulmasıyla aşağıdaki eşitlik elde edilir.

$$t_s = \phi x k_s x b x^3 \sqrt{\frac{p}{E_{tps}}} \text{ mm} = 0,144 \times 1000 \times \sqrt[3]{\frac{14,113}{11000}} = 15,64 \text{ mm} \cong 20 \text{ mm}$$

Yukarıdaki eşitlik sonucuna göre 20 mm kalınlıklı çekirdek malzeme seçildi. Daha sonra malzeme tipi seçimi ve çekirdek malzeme kayma gerilmesi kontrolü yapılabilmesi için (9.9)'da ilgili büyüklüklerin konulması ile aşağıdaki eşitlikler elde edilir.

$$\tau_c = \frac{p \times b \times k_s}{2 \times t_c} \times 10^{-3} \text{ N/mm}^2 = \frac{14,113 \times 1000 \times 1}{2 \times 20} \times 10^{-3} \cong 0,352825 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

20 mm Airex C70.75 H80 kayma gerilmesi dayanımı = 1,2 N/mm² [23].

$$\frac{\tau_c}{\tau_{foam}} = \frac{0,352825}{1,2} = 0,294 \leq 0,3 \text{ olduğundan 20mm C70.75 H80 köpük seçildi.}$$

Açık güverte kaplaması eğilme moment büyüklüğü, (9.10)'da ilgili büyüklüklerin konulmasıyla, aşağıdaki eşitlikler ile elde edilir.

Burada,

$$\gamma = \frac{bw}{b} = \frac{150}{1000} = 0,15, \quad k = \frac{\gamma^3 + 1}{\gamma + 1} = 0,8725, \text{ (9.11)'den hesaplanmıştır.}$$

$p = 14,113 \text{ kN} / \text{m}^2$, (3.13)'den hesaplanmıştır.

$b = 1000 \text{ mm}$,

$M_b = 10,26 \text{ Nm}$, olarak hesaplanır.

Bir sonraki aşamada iç ve dış katman kalınlık hesapları için, (9.12)'de ilgili büyüklüklerin konulmasıyla aşağıdaki eşitlikler elde edilir.

$$t_{iç \text{ katman}} = 0,446 \times \frac{14,113}{11000} \times \frac{1000^3}{20^2} \times 10^{-3} = 1,430 \text{ mm}$$

$$t_{dış \text{ katman}} = 0,594 \times \frac{14,113}{11000} \times \frac{1000^3}{20^2} \times 10^{-3} = 1,905 \text{ mm}$$

$t_{iç \text{ katman}} = 2 \text{ mm}$, $t_{dış \text{ katman}} = 3 \text{ mm}$, olarak seçildi.

Bu bölümde laminasyon planlarının oluşturulmasında [12] den faydalanıldı.

9.7.2.1 Dış Katman Laminasyon Planının Belirlenmesi

(9.12)'den hesaplanan kural kalınlık doğrultusunda, dış katman için aşağıdaki şekilde bir laminasyon planı oluşturulmuştur.

1 x CSM300 (Mat elyaf), $G_c = 0,27 = 0,84 \text{ mm}$ kalınlığında,

3 x LT850 (2 yönlü dikişli elyaf), $G_c = 0,65 = 2,22 \text{ mm}$ kalınlığında dır.

Toplam dış katman kalınlığı = 3,06 mm olarak hesaplandı.

Toplam dış katman birim metrekare kütlesi = 2850 gr / m^2 olarak belirlenmiştir.

9.7.2.2 İç Katman Laminasyon Planının Belirlenmesi

(9.12)'den hesaplanan kural kalınlık doğrultusunda, iç katman için aşağıdaki şekilde bir laminasyon planı oluşturulmuştur.

2 x LT850 (2 yönlü dikişli elyaf), $G_c = 0,65 = 1,48 \text{ mm}$ kalınlığında,

1 x LT600 (2 yönlü dikişli elyaf), $G_c = 0,65 = 0,52 \text{ mm}$ kalınlığında dır.

Toplam iç katman kalınlığı = 2 mm olarak hesaplandı.

Toplam iç katman birim metrekare kütlesi = 2300 gr / m^2 olarak belirlenmiştir.

Her bir elyaf katı, Çizelge 9.14'de mekanik özellikleri ve kalınlıkları tanımlanmak şartı ile yerleştirilerek, (9.5), (9.6) ve (9.7)'deki bağıntılar çizelgeye tanımlanır. Böylece Lloyd's hesaplama tablosu oluşturulmuş olur. Her bir elyaf katındaki gerilme oranı 0,28 değerinden büyük olmamalıdır.

Herhangi bir elyaf katındaki gerilme oranı 0,28 den büyük ise, bu değer Lloyd's müsaade değerleri olan 0,28 değerini aşmış olur. Bu durumda laminasyon katları değiştirilip, hesaplamanın tekrar yapılması gerekmektedir.

Çizelge 9.14 Kapalı güverte laminasyon planı hesaplama tablosu

	Layer No.	Açıklama	Gc	Ağırlık (g/mm ²)	t (mm)	Tabana olan mesafe,x (mm)	E (N/mm ²)	E.t	E.t.x	I tabandaki	Ei tabandaki	yi (mm)	Ei x yi	σ_{xi}	σ_{ult}	$\sigma_{xi} / \sigma_{ult}$
Kapalı Güverte														N/mm ²	N/mm ²	
İç Yüzey	1	LT600	0,65	650	0,52	24,8	20000	10400	257920	3198,208	63964160	13,04825	260965	24,81897	169,5	0,146425
	2	LT850	0,65	850	0,74	24,17	20000	14800	357716	4322,99786	86459957,2	12,52825	250565	23,82988	169,5	0,140589
	3	LT850	0,65	850	0,74	23,43	20000	14800	346764	4062,34026	81246805,2	11,78825	235765	22,42233	169,5	0,132285
Airex C70.75	4	80kg/m ³			20	13,06	66	1320	17239,2	34112,72	2251439,52	11,04825	729,1846	0,069349	2	0,034674
	5	LT850	0,65	850	0,74	2,69	19000	14060	37821,4	53,54714	1017395,66	9,691748	184143,2	17,51286	250	0,070051
	6	LT850	0,65	850	0,74	1,95	19000	14060	27417	28,1385	534631,5	10,43175	198203,2	18,85003	250	0,0754
	7	LT850	0,65	850	0,74	1,21	19000	14060	17012,6	10,83434	205852,46	11,17175	212263,2	20,1872	250	0,080749
Dış Yüzey	8	CSM300	0,27	300	0,84	0,42	6050	5082	2134,44	1,48176	8964,648	12,01175	72671,07	6,911351	79	0,087485
					25,06			88582	1064025		235689206					
Nötr eksenin base den mesafesi (mm)			12,01175	E.t.x/E.t												
Kesitin Çekme Elastisite Modülü (N/mm ²)			17245,45	E.t/t												
Nötr eksendeki Ei rijitliği (Ncm ⁴ /mm ²)			10788,13	(1cm lik şerit genişliğine göre)												

(Çizelge 9.14) oluşturulmasında [6], [15], [16], [17] ve [18] den faydalanıldı.

Kapalı güverte levhasının çökme değeri, (9.13)'de ilgili büyüklüklerin konulmasıyla aşağıdaki eşitlikten elde edilir.

Burada,

$$E_{ms} = 17245,45 \text{ N/mm}^2 \text{ Çizelge 9.14'den elde dilmıştır.}$$

$$b = 1000 \text{ mm, eğilme yönündeki genişlik}$$

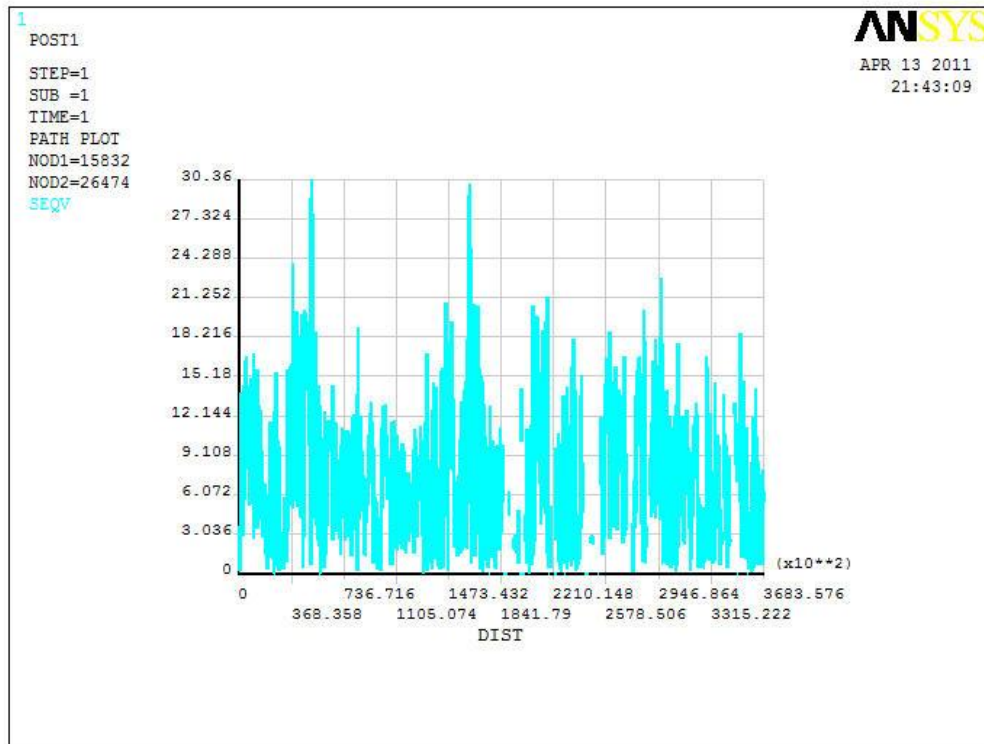
$$G = 30 \text{ N/mm}^2, 80 \text{ kg/m}^3 \text{ yoğunluklu köpük için kayma modülü [23],}$$

$$t_s = \frac{(3,06+2)}{2} = 2,53 \text{ mm , ortalama kat kalınlığı olarak hesaplanmıştır.}$$

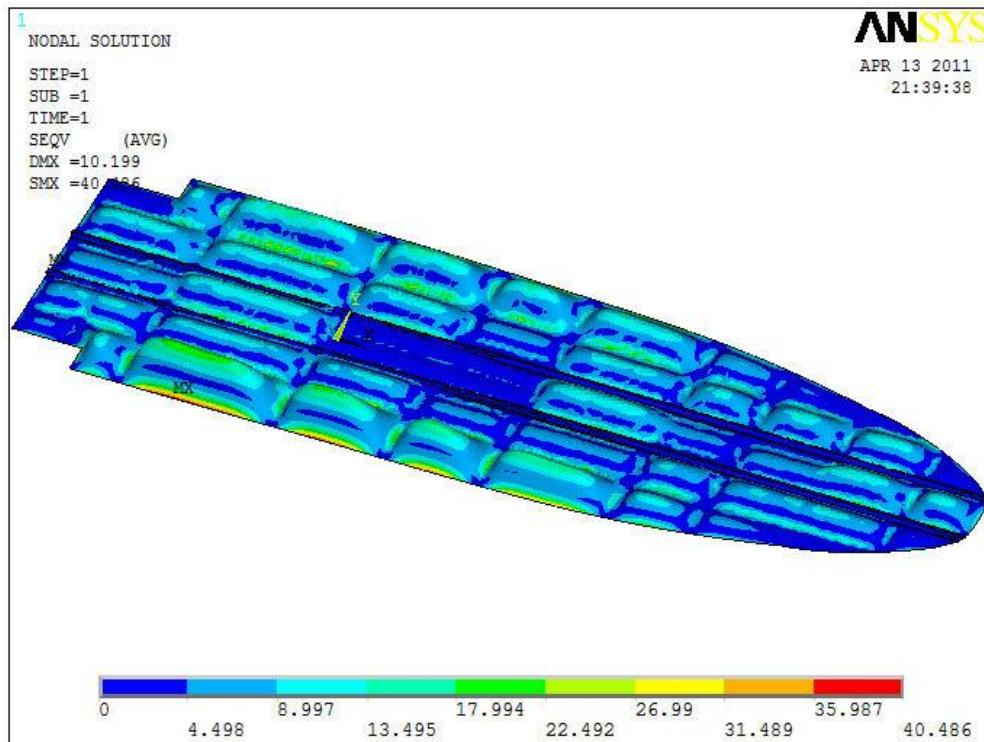
$$\delta = \frac{14,113 \times 1000^2}{8 \times 20} \left(\frac{1000^2}{24 \times 17245 \times 2,53 \times 20} + \frac{1}{30} \right) \times 10^{-3} \text{ mm} = 6,89 \text{ mm toplam eğilme}$$

$$\delta_{kural} = \frac{b}{100} \Rightarrow 7,147 \leq \frac{1000}{100} \text{ olduğundan bu değer kabul edilebilir bir değerdir.}$$

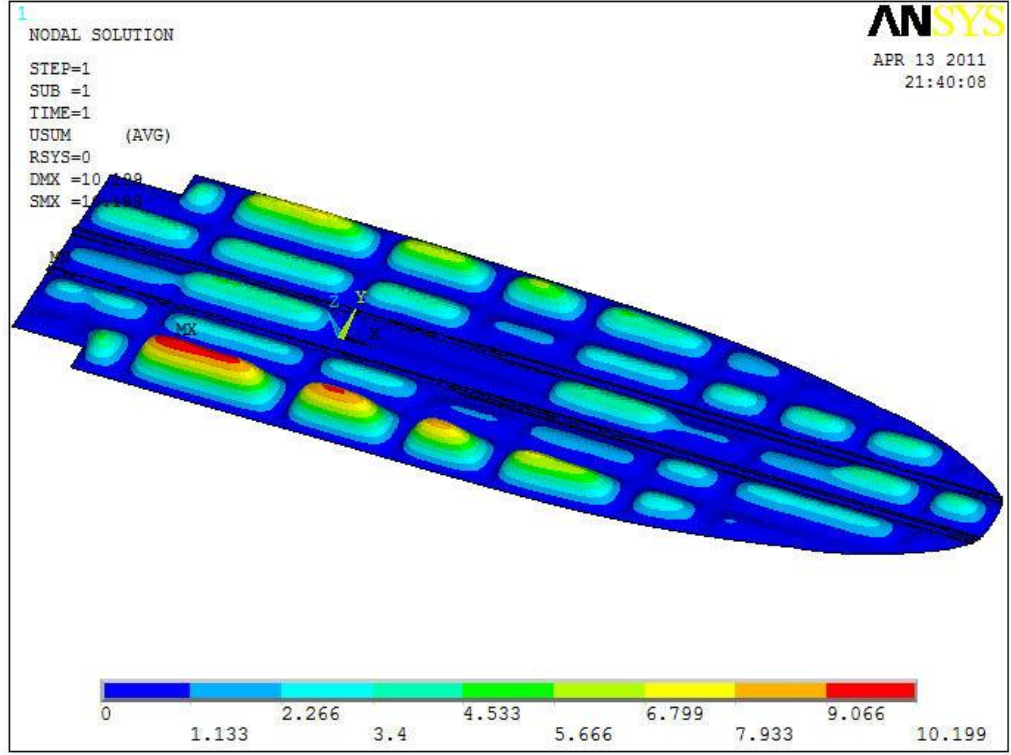
9.7.2.3 ANSYS Yazılımı İle Kapalı Güverte Kaplaması Hesaplama Sonuçları



Şekil 9.15 ANSYS kapalı güverte gerilme grafiği



Şekil 9.16 ANSYS kapalı güverte gerilme görüntüsü



Şekil 9.17 ANSYS kapalı güverte çökme görüntüsü

Sonuçlar karşılaştırıldığında, elyaf katmanlarında, ANSYS yazılımı ile Şekil 9.16’da, en fazla güverte yan yürüme alanlarında, 10 – 20 MPa büyüklüğünde bir gerilme aralığı olduğu görülmektedir. Lloyd’s hesaplama tablosu Çizelge 9.13’de bakıldığında, güverte kaplamasında en fazla 24 MPa büyüklüğünde bir gerilme oluştuğu da hesaplanmıştır. Böylelikle, her iki hesaplama sonucu kapalı güverte kaplaması hesabında birbirine yakındır. Ayrıca çökme değerlerine de değinecek olursak, ANSYS yazılımında Şekil 9.17’de ortalama çökmenin, 4 - 10 mm arasında bir çökme olduğu görülmektedir. Lloyd’s hesabında denklem (9.13)’den elde edilen değerin de 7,147 mm olduğu hesaplanmıştır. Yine çökme değerleri, hem ANSYS yazılımı hem de Lloyd’s hesabı ile karşılaştırıldığında birbirlerine yakındır.

9.7.3 Flybridge Ön ve Yan Kısımlar Laminasyon Planlarının Belirlenmesi

Bu bölümde, yapılacak hesaplar Bölüm 9.1.2’de yapılan hesaplara benzerdir. Bunun sebebi, her iki bölümde de kompozit levha kullanılmasından kaynaklanmaktadır. Öncelikle gerekli çekirdek malzeme kalınlığı ve cinsini belirlemek için, (9.8) eşitliği yardımıyla ilgili büyüklüklerin konulmasıyla aşağıdaki eşitlik elde edilir.

$$t_s = \phi x k_s x b x^3 \sqrt{\frac{p}{E_{tps}}} \text{ mm} = 0,144 \times 1000 \times \sqrt[3]{\frac{35,61}{11000}} = 21,30 \text{ mm} \cong 30 \text{ mm}$$

Yukarıdaki eşitlik sonucuna göre 30 mm kalınlıklı çekirdek malzeme seçildi. Daha sonra malzeme tipi seçimi ve çekirdek malzeme kayma gerilmesi kontrolü yapılabilmesi için (9.9)'da ilgili büyüklüklerin konulması ile aşağıdaki eşitlikler elde edilir.

$$\tau_c = \frac{p \times b \times k_s}{2 \times t_c} \times 10^{-3} \text{ N/mm}^2 = \frac{35,61 \times 1000 \times 1}{2 \times 30} \times 10^{-3} \cong 0,586 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

30mm SB100 Balsa kayma gerilmesi dayanımı = 3 N/mm² [24]

$$\frac{\tau_c}{\tau_{balsa}} = \frac{0,586}{3} = 0,195 \leq 0,3 \text{ olduğundan bu malzeme seçilmiştir.}$$

Açık güverte kaplaması eğilme moment büyüklüğü, (9.10)'da ilgili büyüklüklerin konulmasıyla, aşağıdaki eşitlikler ile elde edilir.

Burada,

$$\gamma = \frac{bw}{b} = \frac{150}{1000} = 0,15, \quad k = \frac{\gamma^3 + 1}{\gamma + 1} = 0,8725 \text{ (9.11)'den hesaplanmıştır.}$$

$$p = 35,61 \text{ kN / m}^2, \text{ (3.15)'den hesaplanmıştır.}$$

$$b = 1000 \text{ mm,}$$

$$M_b = 25,89 \text{ Nm olarak hesaplanır.}$$

Bir sonraki aşamada iç ve dış katman kalınlık hesapları için, (9.12)'de ilgili büyüklüklerin konulmasıyla aşağıdaki eşitlikler elde edilir.

$$t_{i\text{ katman}} = 0,446 \times \frac{35,61}{11000} \times \frac{1000^3}{30^2} \times 10^{-3} = 1,6 \text{ mm}$$

$$t_{dış katman} = 0,594 \times \frac{35,61}{11000} \times \frac{1000^3}{22^2} \times 10^{-3} = 2,130 \text{ mm}$$

$$t_{i\text{ katman}} = 2 \text{ mm, } t_{dış katman} = 3 \text{ mm, olarak seçildi.}$$

Bu bölümde laminasyon planlarının oluşturulmasında [12] den faydalanıldı.

9.7.3.1 Dış Katman Laminasyon Planının Belirlenmesi

(9.12)'den hesaplanan kural kalınlık doğrultusunda, dış katman için aşağıdaki şekilde bir laminasyon planı oluşturulmuştur.

1 x CSM300 (Mat elyaf), $G_c = 0,27 = 0,84 \text{ mm}$ kalınlığında,

3 x LT850 (iki yönlü dikişli elyaf), $G_c = 0,65 = 2,22 \text{ mm}$ kalınlığında dır.

Toplam dış katman kalınlığı = 3,06 mm, olarak hesaplandı

Toplam dış katman birim metrekare ağırlığı = $2850 \text{ gr} / \text{m}^2$, olarak belirlenmiştir.

9.7.3.2 İç Katman Laminasyon Planının Belirlenmesi

(9.12)'den hesaplanan kural kalınlık doğrultusunda, iç katman için aşağıdaki şekilde bir laminasyon planı oluşturulmuştur.

2 x LT850 (iki yönlü dikişli elyaf), $G_c = 0,65 = 1,48 \text{ mm}$ kalınlığında

1 x LT600 (iki yönlü dikişli elyaf), $G_c = 0,65 = 0,52 \text{ mm}$ kalınlığında dır.

Toplam iç katman kalınlığı = 2 mm, olarak hesaplanmıştır.

Toplam iç katman birim metrekare kütlesi = $2300 \text{ gr} / \text{m}^2$, olarak belirlenmiştir.

Her bir elyaf katı, Çizelge 9.15'de mekanik özellikleri ve kalınlıkları tanımlanmak şartı ile yerleştirilerek, (9.5), (9.6) ve (9.7)'deki bağıntılar çizelgeye tanımlanır. Böylece Lloyd's hesaplama tablosu oluşturulmuş olur. Her bir elyaf katındaki gerilme oranı 0,28 değerinden büyük olmamalıdır.

Çizelge 9.15 Flybridge ön ve yan kısımlar laminasyon planı hesaplama tablosu

	Layer No.	Açıklama	Gc	Ağırlık (g/m ²)	t (mm)	Tabana olan mesafe,x (mm)	E (N/mm ²)	E.t	E.t.x	İ tabandaki	EI tabandaki	yi (mm)	Ei x yi	σ_{ti}	σ_{ult}	$\sigma_{ti} / \sigma_{ult}$
Fly Bridge Yan ve Ön														N/mm ²	N/mm ²	
İç Yüzey	1	LT600	0,65	650	0,52	34,8	20000	10400	361920	6297,408	125948160	17,66457	353291,3	40,27661	169,5	0,23762
	2	LT850	0,65	850	0,74	34,17	20000	14800	505716	8640,15786	172803157	17,14457	342891,3	39,09097	169,5	0,230625
	3	LT850	0,65	850	0,74	33,43	20000	14800	494764	8269,98026	165399605	16,40457	328091,3	37,40371	169,5	0,220671
Balsa SB100	4	150kg/m ³			30	18,06	3570	107100	1944226	97849,08	349321216	15,66457	55922,5	6,375387	13,2	0,482984
	5	LT850	0,65	850	0,74	2,69	19000	14060	37821,4	53,54714	1017395,66	15,07543	286433,3	32,65453	250	0,130618
	6	LT850	0,65	850	0,74	1,95	19000	14060	27417	28,1385	534631,5	15,81543	300493,3	34,25742	250	0,13703
	7	LT850	0,65	850	0,74	1,21	19000	14060	17012,6	10,83434	205852,46	16,55543	314553,3	35,86032	250	0,143441
Dış Yüzey	8	CSM300	0,27	300	0,84	0,42	6050	5082	2134,44	1,48176	8964,648	17,39543	105242,4	11,99805	79	0,151874
					35,06			194362	3381011		815238982					
Nötr eksenin base den mesafesi (mm)			17,39543 E.t.x/E.t													
Kesitin Çekme Elastisite Modülü (N/mm ²)			17245,45 E.t/t													
Nötr eksendeki EI rijitliği (Ncm ⁴ /mm ²)			22709,74 (1cm lik şerit genişliğine göre)													

(Çizelge 9.15) oluşturulmasında [6], [15], [16], [17] ve [18] den faydalanıldı.

Flybridge levhasının çökme değeri, (9.13)'de ilgili büyüklüklerin konulmasıyla aşağıdaki eşitlikten elde edilir.

Burada,

$E_{ms} = 17245,45 \text{ N/mm}^2$ Çizelge 9.15'den elde dılmıştır,

$b = 1000 \text{ mm}$, eğilme yönündeki genişlik,

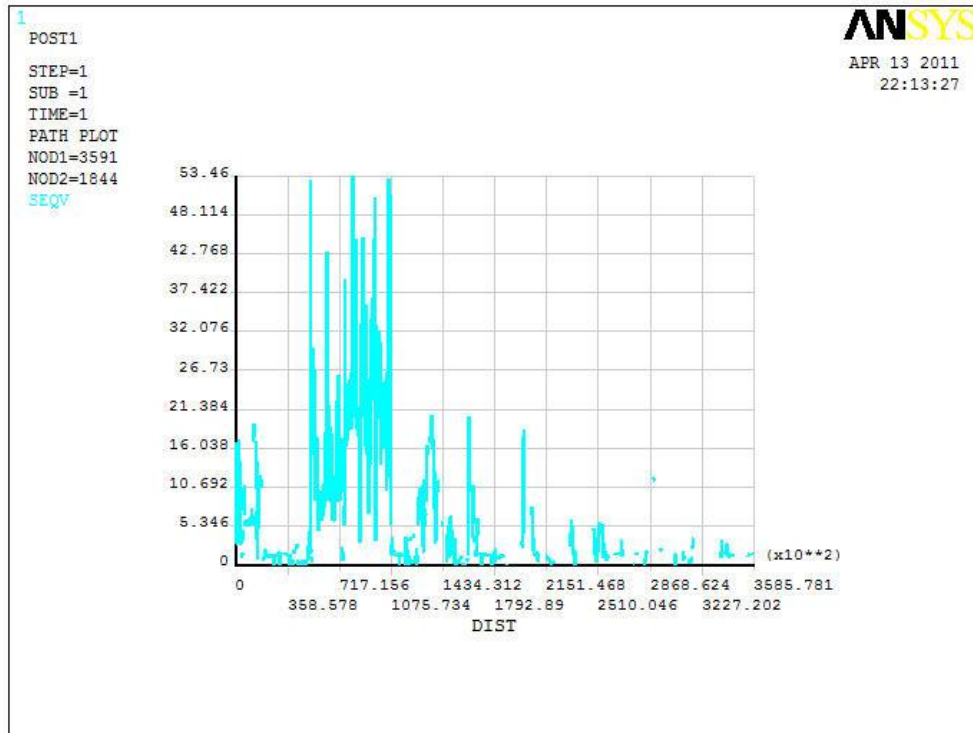
$G = 160 \text{ N/mm}^2$, 150 kg/m^3 yoğunluklu balsa için kayma modülü [24],

$t_s = \frac{(3,06+2)}{2} = 2,53 \text{ mm}$, ortalama kat kalınlığı olarak hesaplanmıştır.

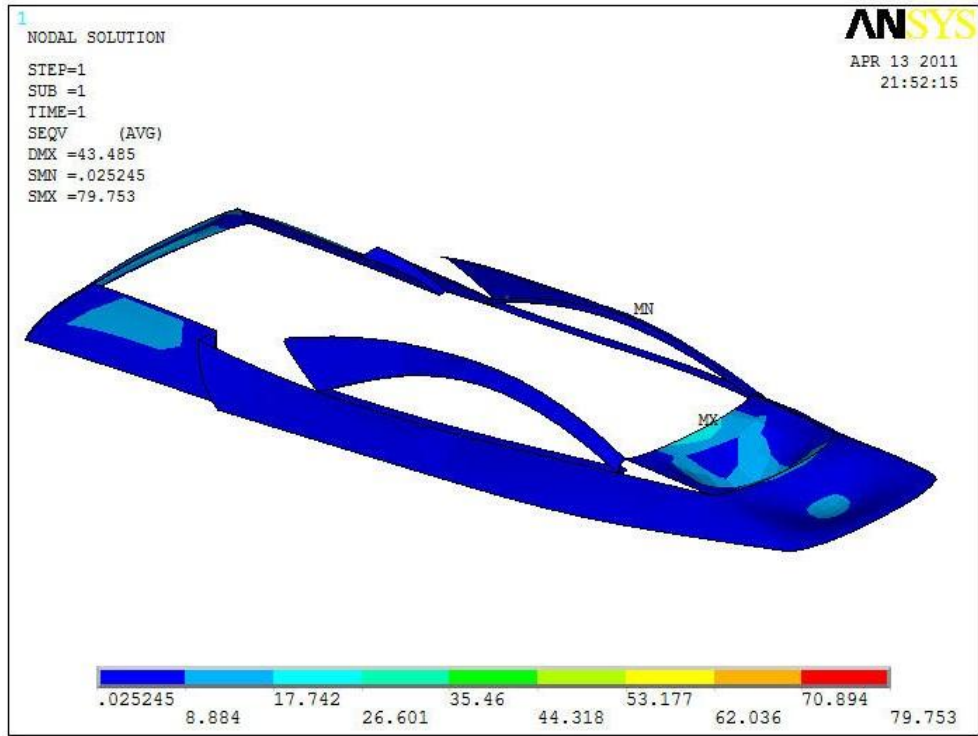
$\delta = \frac{35,61 \times 1000^2}{8 \times 30} \left(\frac{1000^2}{24 \times 17245 \times 2,53 \times 30} + \frac{1}{160} \right) \times 10^{-3} \text{ mm} = 5,64 \text{ mm}$ toplam eğilme

$\delta_{kural} = \frac{b}{100} \Rightarrow 5,64 \leq \frac{1000}{100}$ olduğundan bu değer kabul edilebilir bir değerdir.

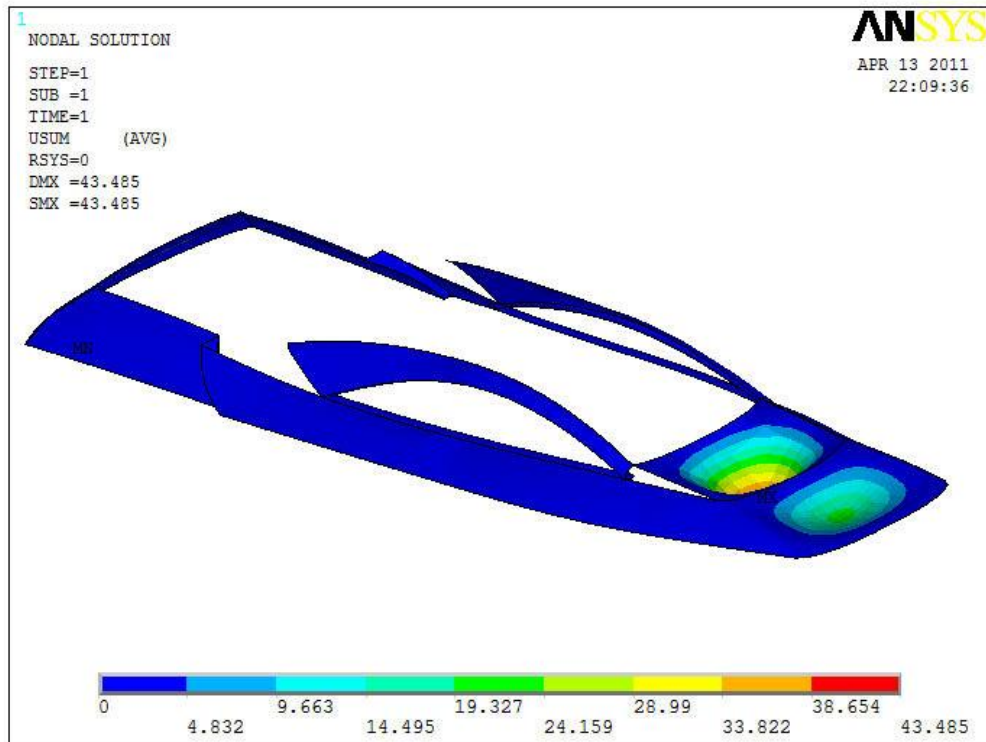
9.7.3.3 ANSYS Yazılımı İle Flybridge Kaplaması Hesaplama Sonuçları



Şekil 9.18 ANSYS flybridge gerilme grafiği



Şekil 9.19 ANSYS flybridge gerilme görüntüsü



Şekil 9.20 ANSYS flybridge güverte çökme görüntüsü

Sonuçlar karşılaştırıldığında, elyaf katmanlarında, ANSYS yazılımı ile Şekil 9.19'da, en fazla flybridge ön alanlarında 10 – 30 MPa büyüklüğünde bir gerilme aralığı olduğu görülmektedir. Lloyd's hesaplama tablosu Çizelge 9.15'de bakıldığında, flybridge kaplamasında, en fazla 40 MPa büyüklüğünde bir gerilme olduğu da hesaplanmıştır. Böylelikle, her iki hesaplama sonucu, flybridge kaplaması hesabında birbirine yakındır. Ayrıca, çökme değerlerine de değinecek olursak, ANSYS yazılımında ortalama çökmenin Şekil 9.20'de 4 - 10 mm arasında bir çökme olduğu görülmektedir. Lloyd's hesabında denklem (9.13)'den elde edilen değerin de 5,64 mm olduğu hesaplanmıştır. Yine çökme değerleri, hem ANSYS yazılımı hem de Lloyd's hesabı ile karşılaştırıldığında birbirlerine yakındır.

9.7.4 Ana Güverte – Üst Bina – Flybridge Arka Kısımlar Laminasyon Planlarının Belirlenmesi

Bu bölümde, yapılacak hesaplar Bölüm 9.1.2'de yapılan hesaplara benzerdir. Bunun sebebi, her iki bölümde de kompozit levha kullanılmasından kaynaklanmaktadır. Öncelikle gerekli çekirdek malzeme kalınlığı ve cinsini belirlemek için, (9.8) eşitliği yardımıyla ilgili büyüklüklerin konulmasıyla aşağıdaki eşitlik elde edilir.

$$t_s = \phi x k_s x b x \sqrt[3]{\frac{p}{E_{tps}}} \text{ mm} = 0,144 \times 1000 \times \sqrt[3]{\frac{11,39}{11000}} = 14,56 \text{ mm} \cong 15 \text{ mm}$$

Yukarıdaki eşitlik sonucuna göre 30 mm kalınlıklı çekirdek malzeme seçildi. Daha sonra malzeme tipi seçimi ve çekirdek malzeme kayma gerilmesi kontrolü yapılabilmesi için (9.9)'da ilgili büyüklüklerin konulması ile aşağıdaki eşitlikler elde edilir.

$$\tau_c = \frac{p x b x k_s}{2 x t_c} \times 10^{-3} \text{ N/mm}^2 = \frac{11,39 \times 1000 \times 1}{2 \times 15} \times 10^{-3} \cong 0,379 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

15mm Airex C70.75 H80 kayma gerilmesi dayanımı = 1,2 N/mm² [23]

$$\frac{\tau_c}{\tau_{foam}} = \frac{0,379}{1,2} = 0,30 \leq 0,3 \text{ olduğundan bu malzeme seçimi yapılmıştır.}$$

Bir sonraki aşamada iç ve dış katman kalınlık hesapları için, (9.12)'de ilgili büyüklüklerin konulmasıyla aşağıdaki eşitlikler elde edilir.

Burada,

$$\gamma = \frac{bw}{b} = \frac{150}{1000} = 0,15, \quad k = \frac{\gamma^3+1}{\gamma+1} = 0,8725 \text{ (9.11)' den hesaplanmıştır.}$$

$$p = 11,39 \text{ kN / m}^2, \text{ (3.19)'dan hesaplanmıştır.}$$

$$b = 1000 \text{ mm dir.}$$

$$M_b = 8,28 \text{ Nm olarak hesaplanır.}$$

Bir sonraki aşamada iç ve dış katman kalınlık hesapları için, (9.12)'de ilgili büyüklüklerin konulmasıyla aşağıdaki eşitlikler elde edilir.

$$t_{i\text{ç katman}} = 0,446 \times \frac{8,28}{11000} \times \frac{1000^3}{15^2} \times 10^{-3} = 1,49 \text{ mm}$$

$$t_{dış katman} = 0,594 \times \frac{8,28}{11000} \times \frac{1000^3}{15^2} \times 10^{-3} = 1,98 \text{ mm}$$

$$t_{i\text{ç katman}} = 2 \text{ mm}, t_{dış katman} = 3 \text{ mm, olarak seçildi.}$$

Bu bölümde laminasyon planlarının oluşturulmasında [12] den faydalanıldı.

9.7.4.1 Dış Katman Laminasyon Planının Belirlenmesi

(9.12)'den hesaplanan kural kalınlık doğrultusunda, dış katman için aşağıdaki şekilde bir laminasyon planı oluşturulmuştur.

$$1 \times \text{CSM300 (Mat elyaf)}, G_c = 0,27 = 0,84 \text{ mm kalınlığında,}$$

$$3 \times \text{LT850 (iki yönlü dikişli elyaf)}, G_c = 0,65 = 2,22 \text{ mm kalınlığında dır.}$$

$$\text{Toplam dış katman kalınlığı} = 3,06 \text{ mm, olarak hesaplandı.}$$

$$\text{Toplam dış katman birim metrekare kütlesi} = 2850 \text{ gr / m}^2, \text{ olarak belirlenmiştir.}$$

9.7.4.2 İç Katman Laminasyon Planının Belirlenmesi

(9.12)'den hesaplanan kural kalınlık doğrultusunda, iç katman için aşağıdaki şekilde bir laminasyon planı oluşturulmuştur.

$$2 \times \text{LT850 (iki yönlü dikişli elyaf)}, G_c = 0,65 = 1,48 \text{ mm kalınlığında,}$$

$$1 \times \text{LT600 (iki yönlü dikişli elyaf)}, G_c = 0,65 = 0,52 \text{ mm kalınlığında dır.}$$

$$\text{Toplam iç katman kalınlığı} = 2 \text{ mm, olarak hesaplanmıştır.}$$

Toplam iç katman birim metrekaare ağırlığı = $2300 \text{ gr} / m^2$, olarak belirlenmiştir.

Her bir elyaf katı, Çizelge 9.16’da mekanik özellikleri ve kalınlıkları tanımlanmak şartı ile yerleştirilerek, (9.5), (9.6) ve (9.7)’deki bağıntılar çizelgeye tanımlanır. Böylece Lloyd’s hesaplama tablosu oluşturulmuş olur. Her bir elyaf katındaki gerilme oranı 0,28 değerinden büyük olmamalıdır.

Herhangi bir elyaf katındaki gerilme oranı 0,28 den büyük ise, bu değer Lloyd’s müsaade değerleri olan 0,28 değerini aşmış olur. Bu durumda laminasyon katları değiştirilip, hesaplamanın tekrar yapılması gerekmektedir.

Çizelge 9.16 Ana Güverte, üst bina, flybridge arka kısımlar laminasyon planı hesaplama tablosu

	Layer No.	Açıklama	Gc	Ağırlık (g/m ²)	t (mm)	Tabana olan mesafe,x (mm)	E (N/mm ²)	E.t	E.t.x	İ tabandaki	EI tabandaki	yi (mm)	EI x yi	σ_{ti}	σ_{ult}	$\sigma_{ti} / \sigma_{ult}$
Fly Bridge ,Superstructure arka kısımlar														N/mm ²	N/mm ²	
İç Yüzey	1	LT600	0,65	650	0,52	19,8	20000	10400	205920	2038,608	40772160	10,34645	206929,1	26,34606	169,5	0,155434
	2	LT850	0,65	850	0,74	19,17	20000	14800	283716	2719,41786	54388357,2	9,826454	196529,1	25,02194	169,5	0,147622
	3	LT850	0,65	850	0,74	18,43	20000	14800	272764	2513,52026	50270405,2	9,086454	181729,1	23,13761	169,5	0,136505
Aİrex C70.75	4	80kg/m ³			15	10,56	66	990	10454,4	16727,04	1103984,64	8,346454	550,866	0,070136	2	0,035068
	5	LT850	0,65	850	0,74	2,69	19000	14060	37821,4	53,54714	1017395,66	7,393546	140477,4	17,88547	250	0,071542
	6	LT850	0,65	850	0,74	1,95	19000	14060	27417	28,1385	534631,5	8,133546	154537,4	19,67558	250	0,078702
	7	LT850	0,65	850	0,74	1,21	19000	14060	17012,6	10,83434	205852,46	8,873546	168597,4	21,46569	250	0,085863
Dış Yüzey	8	CSM300	0,27	300	0,84	0,42	6050	5082	2134,44	1,48176	8964,648	9,713546	58766,95	7,482165	79	0,094711
					20,06				88252	857239,8		148301751				
Nötr eksenin base den mesafesi (mm)			9,713546	E.t.x/E.t												
Kesitin Çekme Elastisite Modülü (N/mm ²)				17245,45	E.t/t											
Nötr eksendeki EI rijitliği (Ncm ⁴ /mm ²)			6503,337	(1cm lik şerit genişliğine göre)												

(Çizelge 9.16) oluşturulmasında [6], [15], [16], [17] ve [18] den faydalanıldı.

Flybridge levhasının çökme değeri, (9.13)’de ilgili büyüklüklerin konulmasıyla aşağıdaki eşitlikten elde edilir.

Burada,

$$E_{ms} = 17245,45 \text{ N/mm}^2 \text{ Çizelge 9.16’dan elde edilmiştir.}$$

$$b = 1000 \text{ mm, eğilme yönündeki genişlik,}$$

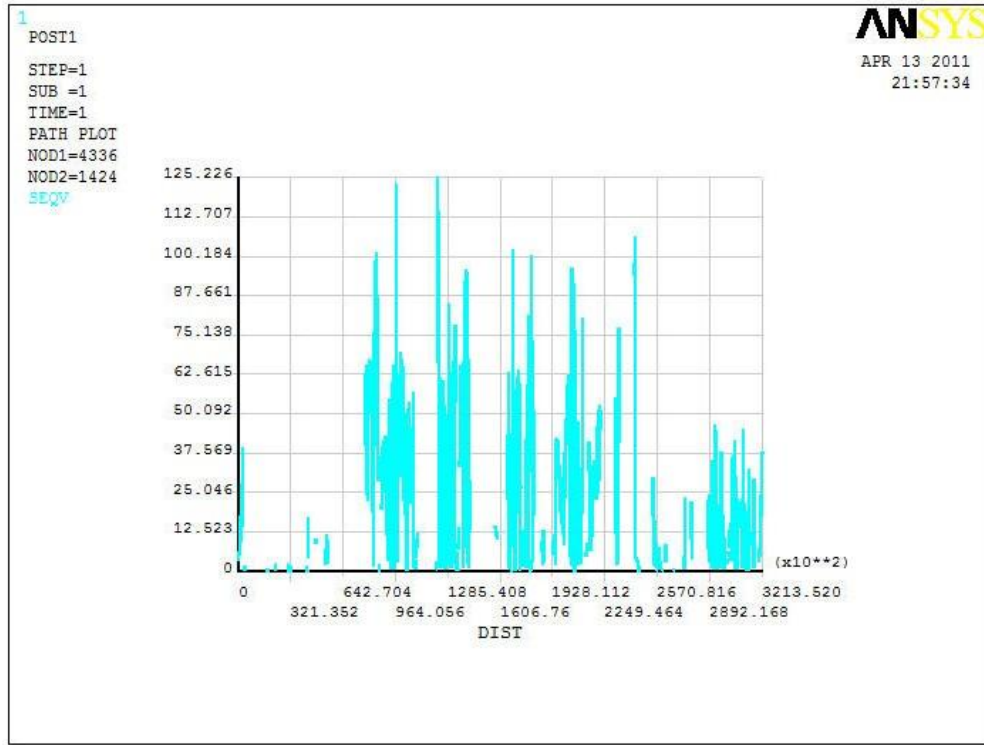
$$G = 30 \text{ N/mm}^2, 80 \text{ kg/m}^3 \text{yoğunluklu köpük için kayma modülü [23],}$$

$$t_s = \frac{(3,06+2)}{2} = 2,53 \text{ mm , ortalama kat kalınlığı olarak hesaplanmıştır.}$$

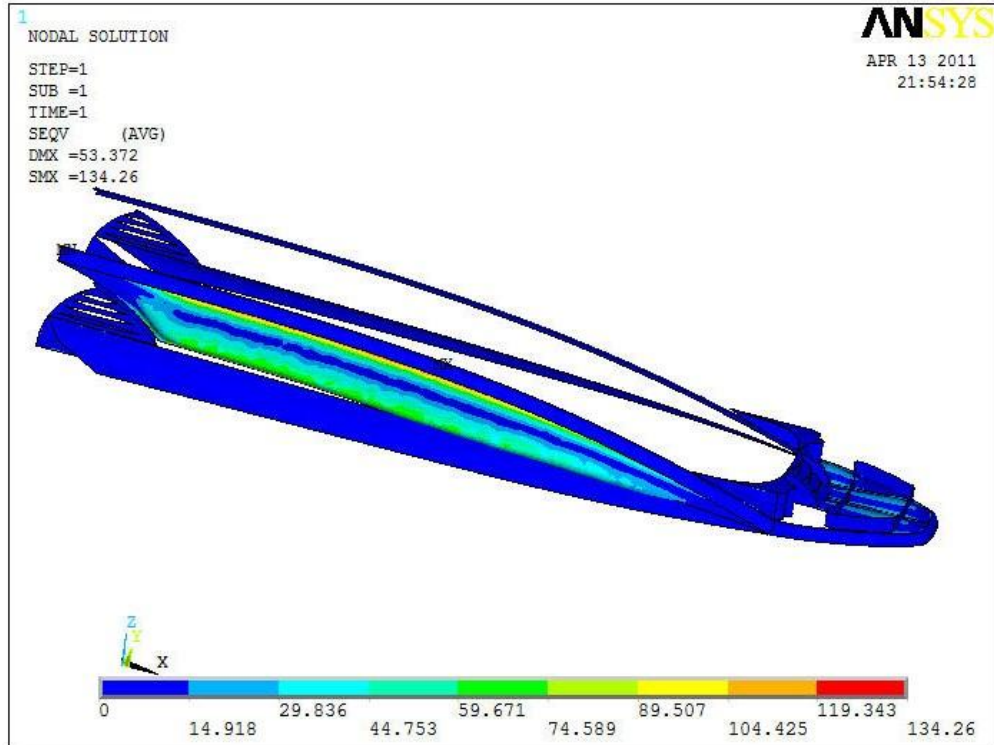
$$\delta = \frac{11,39 \times 1000^2}{8 \times 15} \left(\frac{1000^2}{24 \times 17245 \times 2,53 \times 15} + \frac{1}{30} \right) \times 10^{-3} \text{ mm} = 9,2 \text{ mm toplam eğilme,}$$

$$\delta_{kural} = \frac{b}{100} \Rightarrow 9,2 \leq \frac{1000}{100} \text{ olduğundan bu değer kabul edilebilir bir değerdir.}$$

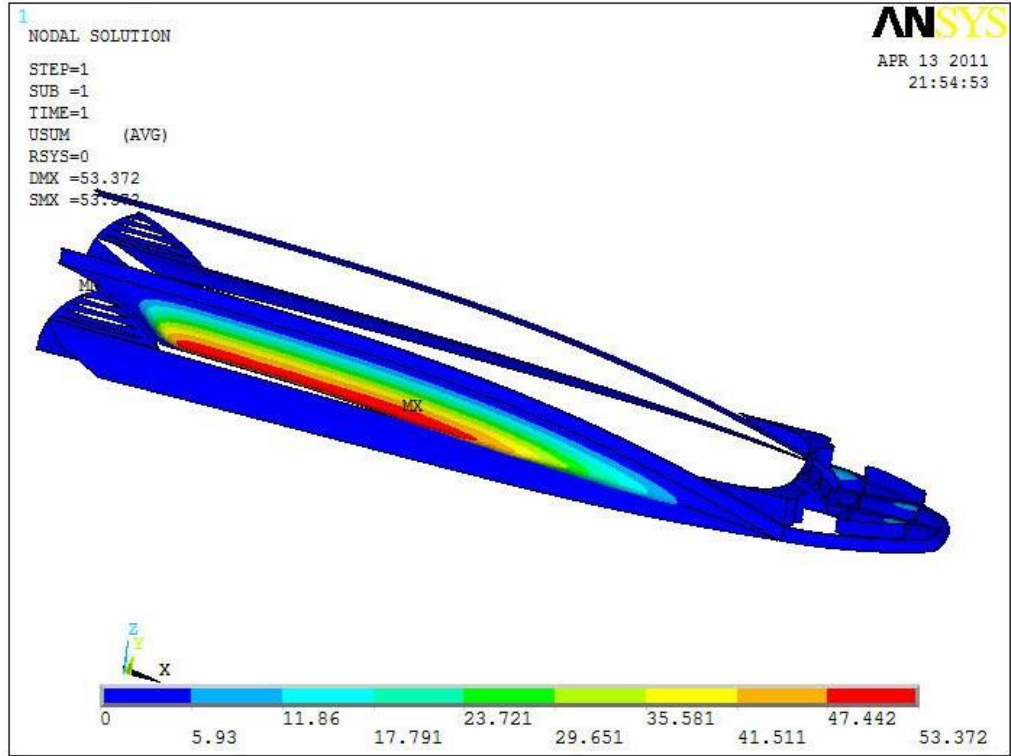
9.7.4.3 ANSYS Yazılımı İle Üst Bina Kaplaması Hesaplama Sonuçları



Şekil 9.21 ANSYS üst bina gerilme grafiği



Şekil 9.22 ANSYS üst bina gerilme görüntüsü



Şekil 9.23 ANSYS üst bina çökme görüntüsü

Sonuçlar karşılaştırıldığında, elyaf katmanlarında, ANSYS yazılımı ile Şekil 9.22’de, en fazla üst bina yan alanlarında, ortalama 30 MPa büyüklüğünde bir gerilme aralığı olduğu görülmektedir. Lloyd’s hesaplama tablosu Çizelge 9.16’da bakıldığında, üst bina kaplamasında, en fazla 27 MPa büyüklüğünde bir gerilme oluştuğu da hesaplanmıştır. Böylelikle, her iki hesaplama sonucu, üst bina kaplaması hesabında birbirine yakındır. Ayrıca, çökme değerlerine de değinecek olursak, ANSYS yazılımında, Şekil 9.23’de, ortalama çökmenin 10 mm bir çökme olduğu görülmektedir. Ancak, çökme değerlerinin yan cam bölgelerinde fazla gözükmemesinin sebebi, bu bölgenin, hesaplamanın sağlıklı olması açısından yüzey olarak tanımlanmasıdır. Fakat gerçekte bu alan, kesim alanı ve cam bölgesi olmasının yanı sıra, bu bölge takviye bölgesi olduğundan, yüksek gerilme değerleri ve çökme değerleri önemsenmemiştir. Lloyd’s hesabında denklem (9.13)’den elde edilen çökme değerinin, 9,2 mm olduğu hesaplanmıştır. Cam kenar bölgeleri hariç yine çökme değerleri, hem ANSYS yazılımı hemde Lloyd’s hesabı ile karşılaştırıldığında birbirlerine yakındır.

9.7.5 Irgat Güvertesi Laminasyon Planlarının Belirlenmesi

Bu bölümde, yapılacak hesaplar Bölüm 9.1.2’de yapılan hesaplara benzerdir. Bunun sebebi, her iki bölümde de kompozit levha kullanılmasından kaynaklanmaktadır. Öncelikle gerekli çekirdek malzeme kalınlığı ve cinsini belirlemek için, (9.8) eşitliği yardımıyla ilgili büyüklüklerin konulmasıyla aşağıdaki eşitlik elde edilir.

Burada,

$$b = \frac{3313}{2} = 1656,5 \text{ mm},$$

$$k_s = 0,32 \times 0,69 + 0,36 = 0,582, \text{ levha boyutları oranı kat sayısı},$$

$$P_{açık\ güverte} = 28,49 \text{ kN/m}^2, (3.9)'dan,$$

$$E_{tps}, 11000 \text{ N/mm}^2 \text{ olarak aşağıdaki eşitliklere konulursa},$$

$$t_s = \phi \times k_s \times b \times \sqrt[3]{\frac{p}{E_{tps}}} \text{ mm} = 0,144 \times 1656,5 \times 0,58 \times \sqrt[3]{\frac{28,49}{11000}} = 18,99 \text{ mm} \text{ olarak elde edilir.}$$

Yukarıdaki eşitlik sonucuna göre 38,1 mm kalınlıklı çekirdek malzeme seçildi. Daha sonra malzeme tipi seçimi ve çekirdek malzeme kayma gerilmesi kontrolü yapılabilmesi için (9.9)’da ilgili büyüklüklerin konulması ile aşağıdaki eşitlikler elde edilir.

$$\tau_c = \frac{p \times b \times k_s}{2 \times t_c} \times 10^{-3} \Rightarrow \frac{28,49 \times 1656,5 \times 0,69}{2 \times 38,1} \times 10^{-3} = 0,427 \Rightarrow \frac{0,427}{3} < 0,3$$

olduğundan SB100 38,1 mm balsa seçilir.

Balsa kalınlığı ve tipinin belirlenmesinde [24] den faydalanıldı.

Bir sonraki aşamada iç ve dış katman kalınlık hesapları için, (9.12)’de ilgili büyüklüklerin konulmasıyla aşağıdaki eşitlikler elde edilir.

$$t_{iç\ katman} = 0,446 \times \frac{28,49}{11000} \times \frac{1656,5^3}{38,1^2} \times 10^{-3} = 3,617 \text{ mm} \text{ olduğundan}$$

2 x Q1200 (dört yönlü dikişli elyaf), 2,1 mm kalınlığında,

3 x LT600 (iki yönlü dikişli elyaf), 1,71 mm kalınlığında.

Toplam iç katman kalınlığı = 3,81 mm, olarak laminasyon planı belirlenmiştir.

$$t_{dış\ katman} = 4,81 \text{ mm} \text{ olduğundan},$$

3 x Q1200 (dört yönlü dikişli elyaf), 3,15 mm kalınlığında,

2 x LT600 (iki yönlü dikişli elyaf), 1,14 mm kalınlığında,

2 x LT850 (iki yönlü dikişli elyaf), 1,48 mm kalınlığında.

Toplam dış katman kalınlığı = 5,77 mm, olarak laminasyon planı belirlenmiştir.

Laminasyon planlarının oluşturulmasında [6], [15], [16], [17] ve [18] den faydalanıldı.

9.8 Güverte Yapısal Elemanların Laminasyon Planlarının Hesabı

Bu bölümde, açık güverte kaplaması, kapalı güverte kaplaması, üst bina kaplaması, güverte elemanları kaplaması ve flybridge kaplaması yapısal destek elemanlarının boyut, kalınlık ve laminasyon planı hesapları yapılacaktır.

9.8.1 Açık Güverte Stringer Laminasyon Planlarının Belirlenmesi

Tekne boyu yönünde ana yapısal eleman olan açık güverte stringer laminasyon planının belirlenmesi için, bu elemanın gerekli boyut analizinin yapılması ve güverte levhasına laminasyonu sırasında uygulanması gereken laminasyon büyüklükleri, Bölüm 9.2.1’de hesaplandığı şekilde, aşağıdaki eşitlikler yardımıyla hesaplanmalıdır. Ayrıca bu bölümde, eleman üzerinde oluşacak eğilme momenti değeri de aşağıdaki eşitlikten hesaplanmıştır.

$$M_s = \frac{s \times l e^2 \times p}{12} Nm, M_s = \frac{1000 \times 3,3^2 \times 22,79}{12} = 20410 Nm \text{ (9.21)'den hesaplandı.}$$

$$b_1 = 0,5 \times bw + 10 \times t_{ap} \text{ (9.22)'den}$$

$$b_1 = 0,5 \times bw + 10 \times (t_{dış katman} + t_{iç katman})$$

$$b_1 = 0,5 \times 150 + 10 \times (3,06 + 2)$$

$$b_1 = 125,6 mm \Rightarrow 2 \times b_1 = 251,2 mm$$

$$t_{bb} = \frac{(7,42 \times 50) + (6+5+4+3+2+1) \times 0,079 \times 15}{50 + (14 \times 15)} = 2,82 mm$$

$$t_{w1} = \frac{0,025dw+1,1}{1,3fw+0,61} = \frac{0,025 \times 100 + 1,1}{1,3 \times 0,55 + 0,61} = 2,71 mm \text{ (9.35)'den hesaplandı.}$$

$$F_s = \phi_s \times p \times s \times l e N = 0,5 \times 22,79 \times 1000 \times 3,3 = 37603 N \quad (9.32)'den \text{ hesaplandı.}$$

$t_w = \frac{37603}{(2 \times 100 \times 27,06)} = 6,94 \text{ mm} = 7 \times XM600/225$ (9.32)'den hesaplanan kalınlığa göre uygulanacak olan elyaf planında, yedi kat iki yönlü mat elyafli keçe kumaşı kullanılacaktır.

$$d_{web} = 100 - 2,82 = 97,17 \text{ mm} \text{ (9.26)'dan hesaplandı.}$$

$$t_{web} = 2 \times 7 \times 1,06 = 14,84 \text{ mm} \text{ (9.27)'den hesaplandı.}$$

$$E_{web} = 14500 \text{ N/mm}^2 \text{ dir.}$$

$$b_{bonding} = 2 \times (50 + 6 \times 15) = 280 \text{ mm}$$

Her bir elyaf katı, Çizelge 9.17'de mekanik özellikleri ve kalınlıkları tanımlanmak şartı ile yerleştirilerek (9.28), (9.29) ve (9.30)'daki bağıntılar çizelgeye tanımlanır. Ayrıca (9.24), (9.25), (9.26) ve (9.27)'deki stringerin güverte levhasına laminasyonu sırasında uygulanması gereken büyüklükler de ilgili çizelgeye tanımlanır. Böylece Lloyd's hesaplama tablosu oluşturulmuş olur.

Herhangi bir elyaf katındaki gerilme oranı 0,28 den büyük ise, bu değer Lloyd's müsaade değerleri olan 0,28 değerini aşmış olur. Bu durumda laminasyon katları değiştirilip, hesaplamanın tekrar yapılması gerekmektedir.

Çizelge 9.17 Açık güverte stringer laminasyon planı hesaplama tablosu

Deck Weather Shell Stringers													
Açıklama	Gc	Ağırlık (g/m ²)	t (mm)	Genişlik, b (mm)	Tabana olan mesafe, x (mm)	E (N/mm ²)	t.b	E.t.b	E.t.b.x	İtabandaki	Eİ tabandaki	yi (mm)	Ei x yi
													σ_{ti} N/mm ²
													σ_{ult} N/mm ²
													$\sigma_{ti} / \sigma_{ult}$
XM600/225	0,5	825	1,06	100	141,94	14500	106	1537000	2,18E+08	2135578,142	30965883053	80,14007	1162031
XM600/225	0,5	825	1,06	100	140,88	14500	106	1537000	2,17E+08	2103800,486	30505107053	79,08007	1146661
XM600/225	0,5	825	1,06	100	139,82	14500	106	1537000	2,15E+08	2072261,034	30047784999	78,02007	1131291
XM600/225	0,5	825	1,06	100	138,76	14500	106	1537000	2,13E+08	2040959,786	29593916891	76,96007	1115921
XM600/225	0,5	825	1,06	100	137,7	14500	106	1537000	2,12E+08	2009896,74	29143502730	75,90007	1100551
XM600/225	0,5	825	1,06	100	136,64	14500	106	1537000	2,1E+08	1979071,898	28696542515	74,84007	1085181
XM600/225	0,5	825	1,06	100	135,58	14500	106	1537000	2,08E+08	1948485,258	28253036247	73,78007	1069811
Web	0,5		97,17	14,84	86,465	14500	1442,003	20909041	1,81E+09	10780695,89	1,5632E+11	72,72007	1054441
bonding	0,5		2,82	280	36,47	14500	789,6	11449200	4,18E+08	1050216,087	15228133256	27,26993	395414
LT600	0,65	600	0,52	251,2	34,8	20000	130,624	2612480	90914304	158190,889	3163817779	27,78993	555798,6
LT850	0,65	850	0,74	251,2	34,17	20000	185,888	3717760	1,27E+08	217040,7654	4340815309	28,52993	570598,6
LT850	0,65	850	0,74	251,2	33,43	20000	185,888	3717760	1,24E+08	207741,9041	4154838083	29,26993	585398,6
100kg/m ³			30	251,2	18,06	84	7536	633024	11432413	2457968,89	206469386,7	59,26993	4978,674
LT850	0,65	850	0,74	251,2	2,69	19000	185,888	3531872	9500736	1345,104157	25556978,98	60,00993	1140189
LT850	0,65	850	0,74	251,2	1,95	19000	185,888	3531872	6887150	706,83912	13429943,28	60,74993	1154249
LT850	0,65	850	0,74	251,2	1,21	19000	185,888	3531872	4273565	272,1586208	5171013,795	61,48993	1168309
CSM300	0,27	300	0,84	251,2	0,42	6050	211,008	1276598	536171,3	37,2218112	225191,9578	62,32993	377096,1
			142,47				11780,67	65670479	4,09E+09		3,90664E+11		
62,32992873 E.t.b.x/E.t.b													
5574,4242 E.t.b/t.b													
135533195,5 (1cm lik şerit genişliğine göre)													

(Çizelge 9.17) oluşturulmasında [6], [15], [16], [17] ve [18] den faydalanıldı.

9.8.1.1 Açık Güverte Stringer Limit Çökme Değerleri Hesabı

Açık güverte stringer yapısal elemanının çökme değeri ise, (9.31)'de değerlerin yerine konulmasıyla, aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanır.

$$\delta_s = \frac{1}{384} \times \frac{22,79 \times 1000 \times 3,3^4}{135533195} \times 10^5 = 5,19 \text{ mm} \Rightarrow \frac{3300}{5,19} = 635 \geq 150 \text{ olduğundan bu değer kabul edilebilir bir değerdir.}$$

9.8.2 Kapalı Güverte Stringer Laminasyon Planlarının Belirlenmesi

Tekne boyu yönünde ana yapısal eleman olan kapalı güverte stringer laminasyon planının belirlenmesi için, bu elemanının gerekli boyut analizinin yapılması ve güverte levhasına laminasyonu sırasında, uygulanması gereken laminasyon büyüklükleri, Bölüm 9.2.1'de hesaplandığı şekilde, aşağıdaki eşitlikler yardımıyla hesaplanmalıdır. Ayrıca bu bölümde, eleman üzerinde oluşacak eğilme momenti değeri de aşağıdaki eşitlikten hesaplanmıştır.

$$M_s = \frac{s \times l e^2 \times p}{12} \text{ Nm}, M_s = \frac{1000 \times 5,6^2 \times 11,29}{12} = 29504 \text{ Nm (9.21)'den}$$

$$b_1 = 0,5 \times bw + 10 \times t_{ap} \text{ (9.22)'den}$$

$$b_1 = 0,5 \times bw + 10 \times (t_{dış \text{ katman}} + t_{iç \text{ katman}})$$

$$b_1 = 0,5 \times 150 + 10 \times (3,06 + 2)$$

$$b_1 = 125,6 \text{ mm} \Rightarrow 2 \times b_1 = 251,2 \text{ mm}$$

$$t_{bb} = \frac{(7,42 \times 50) + (6+5+4+3+2+1) \times 0,079 \times 15}{50 + (14 \times 15)} = 2,82 \text{ mm}$$

$$t_{w1} = \frac{0,025dw+1,1}{1,3fw+0,61} = \frac{0,025 \times 100 + 1,1}{1,3 \times 0,55 + 0,61} = 2,71 \text{ mm (9.35)'den hesaplandı.}$$

$$Fs = \phi_s \times p \times s \times l e \text{ N} = 0,5 \times 11,29 \times 1000 \times 5,6 = 31612 \text{ N (9.32)'den}$$

$$t_w = \frac{31612}{(2 \times 100 \times 27,06)} = 5,84 \text{ mm} = 7 \times XM600/225 \text{ (9.32)'den hesaplanan kalınlığa göre uygulanacak olan elyaf planında, yedi kat iki yönlü mat elyafli keçe kumaşı kullanılacaktır.}$$

$$d_{web} = 100 - 2,82 = 97,17 \text{ mm (9.26)'dan hesaplandı.}$$

$$t_{web} = 2 \times 7 \times 1,06 = 14,84 \text{ mm (9.27)'den hesaplandı.}$$

$$E_{web} = 14500 \text{ N/mm}^2 \text{ dir.}$$

$$b_{bonding} = 2 \times (50 + 6 \times 15) = 280 \text{ mm}$$

Her bir elyaf katı, Çizelge 9.18’de mekanik özellikleri ve kalınlıkları tanımlanmak şartı ile yerleştirilerek (9.28), (9.29) ve (9.30)’daki bağıntılar çizelgeye tanımlanır. Ayrıca (9.24), (9.25), (9.26) ve (9.27)’deki stringerin güverte levhasına laminasyonu sırasında uygulanması gereken büyüklükler de ilgili çizelgeye tanımlanır. Böylece Lloyd’s hesaplama tablosu oluşturulmuş olur.

Herhangi bir elyaf katındaki gerilme oranı 0,28 den büyük ise, bu değer Lloyd’s müsaade değerleri olan 0,28 değerini aşmış olur. Bu durumda laminasyon katları değiştirilip, hesaplamanın tekrar yapılması gerekmektedir.

Çizelge 9.18 Kapalı güverte stringer laminasyon planı hesaplama tablosu

Açıklama	Gc	Deck Interior Shell Stringers				E (N/mm ²)	t.b	E.t.b	E.t.b.x	I tabandaki	EI tabandaki	yi (mm)	EI x yi	σ_{ti} N/mm ²	σ_{ult} N/mm ²	$\sigma_{ti} / \sigma_{ult}$
		Ağırlık (g/m ²)	t (mm)	Genişlik, b (mm)	Tabana olan mesafe,x (mm)											
XM600/225	0,5	825	1,06	100	131,94	14500	106	1537000	2,03E+08	1845265,342	26756347453	78,09438	1132369	27,53333	120	0,229444
XM600/225	0,5	825	1,06	100	130,88	14500	106	1537000	2,01E+08	1815734,886	26328155853	77,03438	1116999	27,15961	120	0,22633
XM600/225	0,5	825	1,06	100	129,82	14500	106	1537000	2E+08	1786442,634	25903418199	75,97438	1101629	26,7859	120	0,223216
XM600/225	0,5	825	1,06	100	128,76	14500	106	1537000	1,98E+08	1757388,586	25482134491	74,91438	1086259	26,41218	120	0,220101
XM600/225	0,5	825	1,06	100	127,7	14500	106	1537000	1,96E+08	1728572,74	25064304730	73,85438	1070889	26,03846	120	0,216987
XM600/225	0,5	825	1,06	100	126,64	14500	106	1537000	1,95E+08	1699995,098	24649928915	72,79438	1055519	25,66474	120	0,213873
XM600/225	0,5	825	1,06	100	125,58	14500	106	1537000	1,93E+08	1671655,658	24239007047	71,73438	1040149	25,29102	120	0,210759
Web	0,5		97,17	14,84	76,465	14500	1442,003	20909041	1,6E+09	8431240,728	1,22253E+11	70,67438	1024779	24,9173	120	0,207644
bonding	0,5		2,82	280	26,47	14500	789,6	11449200	3,03E+08	553241,8466	8022006776	29,31562	425076,5	10,33566	120	0,08613
LT600	0,65	600	0,52	251,2	24,8	20000	130,624	2612480	64789504	80338,98496	1606779699	29,83562	596712,4	14,50895	169,5	0,085599
LT850	0,65	850	0,74	251,2	24,17	20000	185,888	3717760	89858259	108593,7062	2171874125	30,57562	611512,4	14,86881	169,5	0,087722
LT850	0,65	850	0,74	251,2	23,43	20000	185,888	3717760	87107117	102045,9873	2040919747	31,31562	626312,4	15,22867	169,5	0,089845
80kg/m ³			20	251,2	13,06	66	5024	331584	4330487	856911,5264	56556160,74	51,31562	3386,831	0,08235	2	0,041175
LT850	0,65	850	0,74	251,2	2,69	19000	185,888	3531872	9500736	1345,104157	25556978,98	52,05562	989056,8	24,04873	250	0,096195
LT850	0,65	850	0,74	251,2	1,95	19000	185,888	3531872	6887150	706,83912	13429943,28	52,79562	1003117	24,3906	250	0,097562
LT850	0,65	850	0,74	251,2	1,21	19000	185,888	3531872	4273565	272,1586208	5171013,795	53,53562	1017177	24,73247	250	0,09893
CSM300	0,27	300	0,84	251,2	0,42	6050	211,008	1276598	536171,3	37,2218112	225191,9578	54,37562	328972,5	7,998906	79	0,101252
			132,47				9268,675	65369039	3,55E+09		3,14619E+11					
		54,37561876	E.t.b.x/E.t.b													
		7052,6845	E.t.b/t.b													
		121341651,9	(1cm lik şerit genişliğine göre)													

(Çizelge 9.18) oluşturulmasında [6], [15], [16], [17] ve [18] den faydalanıldı.

9.8.2.1 Kapalı Güverte Stringer Limit Çökme Değerleri Hesabı

$$\delta_s = \frac{1}{384} \times \frac{11,29 \times 1000 \times 5,6^4}{121341621} \times 10^5 = 23,82 \text{ mm} \Rightarrow \frac{5600}{23,82} = 235 \geq 150 \quad \text{olduğundan}$$

bu değer kabul edilebilir bir değerdir.

9.8.3 Kapalı Güverte Enine Derin Posta Laminasyon Planlarının Belirlenmesi

Tekne eni yönünde ana yapısal eleman olan kapalı güverte enine derin posta laminasyon planının belirlenmesi için, bu elemanın gerekli boyut analizinin yapılması ve güverte levhasına laminasyonu sırasında, uygulanması gereken laminasyon büyüklükleri, Bölüm 9.2.1’de hesaplandığı şekilde, aşağıdaki eşitlikler yardımıyla hesaplanmalıdır. Ayrıca bu bölümde, eleman üzerinde oluşacak eğilme momenti değeri de aşağıdaki eşitlikten hesaplanmıştır.

$$M_s = \frac{s \times l e^2 \times p}{12} \text{ Nm}, \quad M_s = \frac{5600 \times 4,186^2 \times 11,29}{12} = 92320 \text{ Nm (9.21)’den hesaplandı.}$$

$$b_1 = 0,5 \times bw + 10 \times t_{ap} \text{ (9.22)’den hesaplandı.}$$

$$b_1 = 0,5 \times bw + 10 \times (t_{dış \text{ katman}} + t_{iç \text{ katman}})$$

$$b_1 = 0,5 \times 200 + 10 \times (3,06 + 2)$$

$$b_1 = 150,6 \text{ mm} \Rightarrow 2 \times b_1 = 301,2 \text{ mm}$$

$$t_{bb} = \frac{(12,72 \times 50) + (11+10+9+8+7+6+5+4+3+2+1) \times 0,079 \times 15}{50 + (10 \times 15)} = 3,57 \text{ mm}$$

$$t_{w1} = \frac{0,025dw+1,1}{1,3fw+0,61} = \frac{0,025 \times 200 + 1,1}{1,3 \times 0,55 + 0,61} = 4,6 \text{ mm (9.35)’den hesaplandı.}$$

$$Fs = \phi_s \times p \times s \times l e \text{ N} = 0,5 \times 11,29 \times 5600 \times 4,186 = 132327 \text{ N (9.32)’den}$$

$$t_w = \frac{132327}{(2 \times 200 \times 27,06)} = 12,22 \text{ mm} = 12 \times XM600/225 \quad \text{(9.32)’den hesaplanan}$$

kalınlığa göre uygulanacak olan elyaf planında, on iki kat iki yönlü mat elyafli keçe kumaşı kullanılacaktır.

$$d_{web} = 200 - 3,57 = 196,43 \text{ mm (9.26)’dan hesaplandı.}$$

$$t_{web} = 2 \times 12 \times 1,06 = 25,44 \text{ mm (9.27)’den hesaplandı.}$$

$$E_{web} = 14500 \text{ N/mm}^2 \text{ dir.}$$

$$b_{bonding} = 2 \times (50 + 11 \times 15) = 430 \text{ mm}$$

Her bir elyaf katı, Çizelge 9.19’da mekanik özellikleri ve kalınlıkları tanımlanmak şartı ile yerleştirilerek (9.28), (9.29) ve (9.30)’daki bağıntılar çizelgeye tanımlanır. Ayrıca (9.24), (9.25), (9.26) ve (9.27)’deki postanın güverte levhasına laminasyonu sırasında uygulanması gereken büyüklükler de ilgili çizelgeye tanımlanır. Böylece Lloyd’s hesaplama tablosu oluşturulmuş olur.

Herhangi bir elyaf katındaki gerilme oranı 0,28 den büyük ise, bu değer Lloyd’s müsaade değerleri olan 0,28 değerini aşmış olur. Bu durumda laminasyon katları değiştirilip, hesaplamanın tekrar yapılması gerekmektedir.

Çizelge 9.19 Kapalı güverte enine derin posta laminasyon planı hesaplama tablosu

Açıklama	Gc	Ağırlık (g/m ²)	t (mm)	Genişlik, b (mm)	Tabana olan mesafe,x (mm)	E (N/mm ²)	t.b	E.t.b	E.t.b.x	I tabandaki	EI tabandaki	yi (mm)	EI x yi	σ_{ti}	σ_{uit}	$\sigma_{ti} / \sigma_{uit}$
XM600/225	0,5	825	1,06	150	237,25	14500	159	2305500	5,47E+08	8949722,438	1,29771E+11	127,0229	1841832	20,18474	120	0,168206
XM600/225	0,5	825	1,06	150	236,19	14500	159	2305500	5,45E+08	8869928,86	1,28614E+11	125,9629	1826462	20,0163	120	0,166803
XM600/225	0,5	825	1,06	150	235,13	14500	159	2305500	5,42E+08	8790492,587	1,27462E+11	124,9029	1811092	19,84786	120	0,165399
XM600/225	0,5	825	1,06	150	234,07	14500	159	2305500	5,4E+08	8711413,619	1,26315E+11	123,8429	1795722	19,67942	120	0,163995
XM600/225	0,5	825	1,06	150	233,01	14500	159	2305500	5,37E+08	8632691,956	1,25174E+11	122,7829	1780352	19,51098	120	0,162592
XM600/225	0,5	825	1,06	150	231,95	14500	159	2305500	5,35E+08	8554327,598	1,24038E+11	121,7229	1764982	19,34254	120	0,161188
XM600/225	0,5	825	1,06	150	230,89	14500	159	2305500	5,32E+08	8476320,544	1,22907E+11	120,6629	1749612	19,1741	120	0,159784
XM600/225	0,5	825	1,06	150	229,83	14500	159	2305500	5,3E+08	8398670,795	1,21781E+11	119,6029	1734242	19,00566	120	0,15838
XM600/225	0,5	825	1,06	150	228,77	14500	159	2305500	5,27E+08	8321378,351	1,2066E+11	118,5429	1718872	18,83722	120	0,156977
XM600/225	0,5	825	1,06	150	227,71	14500	159	2305500	5,25E+08	8244443,212	1,19544E+11	117,4829	1703502	18,66878	120	0,155573
XM600/225	0,5	825	1,06	150	226,65	14500	159	2305500	5,23E+08	8167865,378	1,18434E+11	116,4229	1688132	18,50034	120	0,154169
XM600/225	0,5	825	1,06	150	225,59	14500	159	2305500	5,2E+08	8091644,848	1,17329E+11	115,3629	1672762	18,3319	120	0,152766
Web	0,5		196,43	25,44	126,845	14500	4997,179	72459098	9,19E+09	80402884,43	1,16584E+12	114,3029	1657392	18,16346	120	0,151362
bonding	0,5		3,57	430	26,845	14500	1535,1	22258950	5,98E+08	1106275,994	16041001910	85,69708	1242608	13,61781	120	0,113482
LT600	0,65	600	0,52	301,2	24,8	20000	156,624	3132480	77685504	96330,02496	1926600499	86,21708	1724342	18,89716	169,5	0,111488
LT850	0,65	850	0,74	301,2	24,17	20000	222,888	4457760	1,08E+08	130208,6955	2604173911	86,95708	1739142	19,05935	169,5	0,112445
LT850	0,65	850	0,74	301,2	23,43	20000	222,888	4457760	1,04E+08	122357,6886	2447153773	87,69708	1753942	19,22155	169,5	0,113401
80kg/m ³			20	301,2	13,06	66	6024	397584	5192447	1027475,126	67813358,34	107,6971	7108,008	0,077897	2	0,038949
LT850	0,65	850	0,74	301,2	2,69	19000	222,888	4234872	11391806	1612,839857	30643957,28	108,4371	2060305	22,73308	250	0,090316
LT850	0,65	850	0,74	301,2	1,95	19000	222,888	4234872	8258000	847,53162	16103100,78	109,1771	2074365	22,73308	250	0,090932
LT850	0,65	850	0,74	301,2	0,84	19000	222,888	4234872								

9.8.4 Flybridge Açık Güverte Stringer Laminasyon Planlarının Belirlenmesi

Tekne boyu yönünde ana yapısal eleman olan flybridge açık güverte stringer laminasyon planının belirlenmesi için, bu elemanın gerekli boyut analizinin yapılması ve güverte levhasına laminasyonu sırasında, uygulanması gereken laminasyon büyüklükleri, Bölüm 9.2.1’de hesaplandığı şekilde, aşağıdaki eşitlikler yardımıyla hesaplanmalıdır. Ayrıca bu bölümde, eleman üzerinde oluşacak eğilme momenti değeri de aşağıdaki eşitlikten hesaplanmıştır.

$$M_s = \frac{s \times l e^2 \times p}{12} Nm, M_s = \frac{1000 \times 5,6^2 \times 22,79}{12} = 59557 Nm \text{ (9.21)'den hesaplandı.}$$

$$b_1 = 0,5 \times bw + 10 \times t_{ap} \text{ (9.22)'den hesaplandı.}$$

$$b_1 = 0,5 \times bw + 10 \times (t_{dış katman} + t_{iç katman})$$

$$b_1 = 0,5 \times 150 + 10 \times (3,06 + 2)$$

$$b_1 = 125,6 mm \Rightarrow 2 \times b_1 = 251,2 mm$$

$$t_{bb} = \frac{(12,72 \times 50) + (11+10+9+8+7+6+5+4+3+2+1) \times 0,079 \times 15}{50 + (10 \times 15)} = 3,57 mm$$

$$t_{w1} = \frac{0,025dw+1,1}{1,3fw+0,61} = \frac{0,025 \times 100 + 1,1}{1,3 \times 0,55 + 0,61} = 2,71 mm \text{ (9.35)'den hesaplandı.}$$

$$Fs = \phi_s \times p \times s \times l e N = 0,5 \times 22,79 \times 1000 \times 5,6 = 63812 N \text{ (9.32)'den}$$

$$t_w = \frac{63812}{(2 \times 100 \times 27,06)} = 11,79 mm = 12 \times XM600/225 \text{ (9.32)'den hesaplanan}$$

kalınlığa göre uygulanacak olan elyaf planında, on iki kat iki yönlü mat elyafli keçe kumaşı kullanılacaktır.

$$d_{web} = 100 - 3,57 = 96,43 mm \text{ (9.26)'dan hesaplandı.}$$

$$t_{web} = 2 \times 12 \times 1,06 = 25,44 mm \text{ (9.27)'den hesaplandı.}$$

$$E_{web} = 14500 N/mm^2 \text{ dir.}$$

$$b_{bonding} = 2 \times (50 + 11 \times 15) = 430 mm$$

Her bir elyaf katı, Çizelge 9.20’de mekanik özellikleri ve kalınlıkları tanımlanmak şartı ile yerleştirilerek (9.28), (9.29) ve (9.30)’daki bağıntılar çizelgeye tanımlanır. Ayrıca (9.24), (9.25), (9.26) ve (9.27)’deki postanın güverte levhasına laminasyonu sırasında

uygulanması gereken büyüklükler de ilgili çizelgeye tanımlanır. Böylece Lloyd's hesaplama tablosu oluşturulmuş olur.

Herhangi bir elyaf katındaki gerilme oranı 0,28 den büyük ise, bu değer Lloyd's müsaade değerleri olan 0,28 değerini aşmış olur. Bu durumda laminasyon katları değiştirilip, hesaplamanın tekrar yapılması gerekmektedir.

Çizelge 9.20 Flybridge açık güverte stringer laminasyon planı hesaplama tablosu

Açıklama	Gc	Ağırlık (g/m ²)	t (mm)	Fly Weather Shell Stringers				t.b	E.t.b	E.t.b.x	I tabandaki	EI tabandaki	yi (mm)	EI x yi	σ_{ti}	σ_{ait}	$\sigma_{ti} / \sigma_{ait}$
				Genişlik, b (mm)	Tabana olan mesafe,x (mm)	E (N/mm ²)											
XM600/225	0,5	825	1,06	100	147,25	14500	106	1537000	2,26E+08	2298351,625	33326098563	77,97913	1130697	33,90124	120	0,28251	
XM600/225	0,5	825	1,06	100	146,19	14500	106	1537000	2,25E+08	2265380,707	32848020246	76,91913	1115327	33,4404	120	0,27867	
XM600/225	0,5	825	1,06	100	145,13	14500	106	1537000	2,23E+08	2232647,991	32373395875	75,85913	1099957	32,97957	120	0,27483	
XM600/225	0,5	825	1,06	100	144,07	14500	106	1537000	2,21E+08	2200153,479	31902225451	74,79913	1084587	32,51874	120	0,27099	
XM600/225	0,5	825	1,06	100	143,01	14500	106	1537000	2,2E+08	2167897,171	31434508974	73,73913	1069217	32,05791	120	0,267149	
XM600/225	0,5	825	1,06	100	141,95	14500	106	1537000	2,18E+08	2135879,065	30970246443	72,67913	1053847	31,59708	120	0,263309	
XM600/225	0,5	825	1,06	100	140,89	14500	106	1537000	2,17E+08	2104099,163	30509437858	71,61913	1038477	31,13624	120	0,259469	
XM600/225	0,5	825	1,06	100	139,83	14500	106	1537000	2,15E+08	2072557,463	30052083219	70,55913	1023107	30,67541	120	0,255628	
XM600/225	0,5	825	1,06	100	138,77	14500	106	1537000	2,13E+08	2041253,967	29598182527	69,49913	1007737	30,21458	120	0,251788	
XM600/225	0,5	825	1,06	100	137,71	14500	106	1537000	2,12E+08	2010188,675	29147735782	68,43913	992367,4	29,75375	120	0,247948	
XM600/225	0,5	825	1,06	100	136,65	14500	106	1537000	2,1E+08	1979361,585	28700742983	67,37913	976997,4	29,29291	120	0,244108	
XM600/225	0,5	825	1,06	100	135,59	14500	106	1537000	2,08E+08	1948772,699	28257204130	66,31913	961627,4	28,83208	120	0,240267	
Web	0,5	96,43	25,44	86,845	14500	2453,179	35571098	3,09E+09	18502010,06	2,68279E+11	65,25913	946257,4	28,37125	120	0,236427		
bonding	0,5	3,57	430	36,845	14500	1535,1	22258950	8,2E+08	2083981,184	30217727165	34,74087	503742,6	15,10351	120	0,125863		
LT600	0,65	600	0,52	251,2	34,8	20000	130,624	2612480	90914304	158190,889	3163817779	35,26087	705217,3	21,14424	169,5	0,124745	
LT850	0,65	850	0,74	251,2	34,17	20000	185,888	3717760	1,27E+08	217040,7654	4340815309	36,00087	720017,3	21,58798	169,5	0,127363	
LT850	0,65	850	0,74	251,2	33,43	20000	185,888	3717760	1,24E+08	207741,9041	4154838083	36,74087	734817,3	22,03173	169,5	0,129981	
100kg/m ³		30	251,2	18,06	66	7536	497376	8982611	2457968,89	162225946,7	66,74087	4404,897	0,13207	2	0,066035		
LT850	0,65	850	0,74	251,2	2,69	19000	185,888	3531872	9500736	1345,104157	25556978,98	67,48087	1282136	38,44177	250	0,153767	
LT850	0,65	850	0,74	251,2	1,95	19000	185,888	3531872	6887150	706,83912	13429943,28	68,22087	1296196	38,86333	250	0,155453	
LT850	0,65	850	0,74	251,2	0,84	19000	185,888	3531872	2966772	131,1625728	2492088,883	68,96087	1310256	39,28488	250	0,15714	
CSM30																	

9.2.1’de hesaplandığı şekilde, aşağıdaki eşitlikler yardımıyla hesaplanmalıdır. Ayrıca bu bölümde, eleman üzerinde oluşacak eğilme momenti değeri de aşağıdaki eşitlikten hesaplanmıştır.

$$M_s = \frac{s \times le^2 \times p}{12} Nm, M_s = \frac{5600 \times 3,7^2 \times 22,79}{12} = 145597 Nm \text{ (9.21)' den}$$

$$b_1 = 0,5 \times bw + 10 \times t_{ap} \text{ (9.22)'den}$$

$$b_1 = 0,5 \times bw + 10 \times (t_{dış katman} + t_{iç katman})$$

$$b_1 = 0,5 \times 350 + 10 \times (3,06 + 2)$$

$$b_1 = 225,6 mm \Rightarrow 2 \times b_1 = 451,2 mm$$

$$t_{bb} = \frac{(12,72 \times 50) + (11+10+9+8+7+6+5+4+3+2+1) \times 0,079 \times 15}{50 + (10 \times 15)} = 3,57 mm$$

$$t_{w1} = \frac{0,025dw+1,1}{1,3fw+0,61} = \frac{0,025 \times 200 + 1,1}{1,3$$

Çizelge 9.21 Flybridge enine derin posta laminasyon planı hesaplama tablosu

Açıklama	Gc	Ağırlık (g/m ²)	t (mm)	Genişlik, b (mm)	Tabana olan mesafe, x (mm)	E (N/mm ²)	t.b	Fly Weather Deck Shell Beam Stringers	
----------	----	-----------------------------	--------	------------------	----------------------------	------------------------	-----	---------------------------------------	--

$t_w = \frac{61875}{(2 \times 100 \times 27,06)} = 10 \times XM600/225$ (9.32)'den hesaplanan kalınlığa göre uygulanacak olan elyaf planında, on kat iki yönlü mat elyafli keçe kumaşı kullanılacaktır.

Laminasyon kalınlıklarının oluşturulmasında [19], [20], [21] ve [22] den faydalanıldı.

9.8.7 Irgat Güvertesi Boyuna Perde Laminasyon Planlarının Belirlenmesi

2 x Q1200 (dört yönlü dikişli elyaf), $G_c = 0,65 = 2,1 \text{ mm}$ kalınlığında,

1 x LT850 (iki yönlü dikişli elyaf), $G_c = 0,65 = 0,74 \text{ mm}$ kalınlığında dır.

Toplam iç katman kalınlığı = 3,84 mm, olarak hesaplanmıştır.

(9.12)'den hesaplanan kural kalınlık doğrultusunda, dış katman için ise aşağıdaki şekilde bir laminasyon planı oluşturulmuştur.

3 x

31 METRE MOTOR YAT GENEL KOMPOZİT YAPI AĞIRLIK TABLOSU

Bu bölümde, Bölüm 9'da Lloyd's kurallarına göre, teknenin her bir bileşeni için hesaplanmış laminasyon kalınlıkları ve bu kalınlıklara göre belirlenmiş kompozit malzemelerin toplam ağırlığının hesaplanmasının yanı sıra, bu toplam ağırlığın tekne üzerindeki konumunun belirlenmesi çalışması da yapılmıştır. Teknenin, toplam kompozit yapı ağırlığının ve bu ağırlığın konumunun belirlenmesi için sırasıyla Çizelge 10.1, Çizelge 10.2, Çizelge 10.3 ve Çizelge 10.4'den yararlanılmıştır. Bu tab

Çizelge 10.1 Gövde kaplaması ağırlık tablosu

105FT-STRUCTURE-A							0	0	0		
XM600/225	142,93	1	117,91725	214	Stringerler	0	16050	2608,07	0	3441040	559157
XM600											

Çizelge 10.3 Tank ve bağlantıları ağırlık tablosu

105FT-TANKS-A									
Q1200	33,36	3	120,096	218	Su ve Yakıt Tankı Kaplamaları	0	21733,42	2948,1	0
LT850	33,3								

SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışma sonucunda, İngiliz Loydu kurallarına göre inşa edilmek istenen kompozit motor yat modelinin, basınç ve çevresel faktörlere dayalı oluşacak olan, kesme kuvveti ve eğilme momenti büyüklüklerinin MAXSURF HYDROMAX yazılımıyla yakın olduğu saptanmıştır. Ancak, büyüklüklerin Lloyd's ampirik hesaplarında daha büyük olması emniyet faktöründen ve bu klas kuruluşunun güvenlik şartlarını maksimize etmesinden kaynaklanabilir. Motor yatın her bir bölümü için belirlenen laminasyon planlarındaki malzemelerin gerilme değerleri ve deformasyondan dolayı oluşacak olan çökme değerleri karşılaştırıldığında, Lloyd

Çizelge 10.6 Gerilme ve çökme değerleri özet tablosu

	ANSYS	Lloyd's	Fark %
Dip Kaplaması Gerilme Değeri (MPa)	30	28,66	4,68%
Borda Kaplaması Gerilme Değeri (MPa)	111	101,24	9,64%
Borda Kaplaması Çökme Değeri (mm)	11	11,23	-2,05%
Yakıt Tankı ve Su Tankı Kaplaması Gerilme Değeri (MPa)	30	25	20,00%
Yakıt Tankı ve Su Tankı Kaplaması Çökme Değeri (mm)	7	7	0,00%
Enine Perde Kaplaması Gerilme Değeri (MPa)	30	21	42,86%
Açık Güverte Kaplaması Gerilme Değeri (MPa)	30	33	-9,09%
Açık Güverte Kaplaması Çökme Değeri (mm)	7	6,89	1,60%
Kapalı Güverte Kaplaması Gerilme Değeri (MPa)	20	24	-16,67%
Kapalı Güverte Kaplaması Çökme Değeri (mm)	7	7,147	-2,06%
Flybridge Kaplaması Gerilme Değeri (MPa)	30	40	-25,00%
Flybridge Kaplaması Çökme Değeri (mm)	6	5,64	6,38%
Üst Bina Kaplaması Gerilme Değeri (MPa)	30	27	11,11%
Üst Bina Kaplaması Çökme Değeri (mm)	10	9,2	8,70%

Tekne inşasında ve tasarımında en önemli parametrelerden biri olan ağırlık konusunda da bu çalışmada inceleme yapılmıştır. Bölüm 10'da oluşturulan ağırlık tablolarında belirlenen kompozit malzemelerin birim alan üzerine ve kullanılan reçine miktarları da göz önünde bulundurularak, motor yatın yaklaşık olarak kompozit iskelet ağırlığı da hesaplanmıştır. Bu kompozit iskelet ağırlığına donatım, dekorasyon ve ek takıntı ağırlıkları dahil olmayıp, gerek gövde ve gerek güverte kabuk elemanları ve yapısal elemanları ile birlikte motoryatın çıplak kompozit ağırlığı hesaplanmıştır. Boyuna, enine ve yüksekliğine ağırlık merkezinin yaklaşık konumu ve toplam ağırlık, optimum sınırlar içerisindedir.

KAYNAKLAR

- [1] Lloyd's Register, (2008). Rules and Regulations For the Classification of Special Service Craft, Part 5, Chapter 1, London.
- [2] Lloyd's Register, (2008). Rules and Regulations For the Classification of Special Service Craft, Part 5, Chapter 2, London.
- [3] Lloyd's Register, (2008). Rules and Regulations For the Classification of Special Service Craft, Part 5, Chapter 3, London.
- [4] Lloyd's Register, (2008). Rules and Regulations For the Classification of Special Service Craft, Part 5, Chapter 4, London.
- [5] Lloyd's Register, (2008). Rules and Regulations For the Classification of Special Service Craft, Part 5, Chapter 5, London.
- [6] Lloyd's Register, (2008). Rules and Regulations For the Classification of Special Service Craft, Volume 6, Part 8, Chapter 3, Section 1, London.
- [7] Lloyd's Register, (2008). Rules and Regulations For the Classification of Special Service Craft, Volume 6, Part 8, Chapter 3, Section 2, London.
- [8] Lloyd's Register, (2008). Rules and Regulations For the Classification of Special Service Craft, Volume 6, Part 8, Chapter 3, Section 3, London.
- [9] Lloyd's Register, (2008). Rules and Regulations For the Classification of Special Service Craft, Volume 6, Part 8, Chapter 3, Section 5, London.
- [10] Lloyd's Register, (2008). Rules and Regulations For the Classification of Special Service Craft, Volume 6, Part 8, Chapter 3, Section 6, London.
- [11] Lloyd's Register, (2008). Rules and Regulations For the Classification of Special Service Craft, Volume 6, Part 8, Chapter 3, Section 7, London.
- [12] Lloyd's Register, (2008). Rules and Regulations For the Classification of Special Service Craft, Volume 6, Part 8, Chapter 3, Section 8, London.
- [13] Lloyd's Register, (2008). Guidance Notes For the Classification of Special Service Craft Calculation Procedures For Composite Construction, Chapter 2, Section 1, London.

- [14] Lloyd's Register, (2008). Guidance Notes For the Classification of Special Service Craft Calculation Procedures For Composite Construction, Chapter 2, Section 2, London.
- [15] Lloyd's Register, (2008). Guidance Notes For the Classification of Special Service Craft Calculation Procedures For Composite Construction, Chapter 3, Section 1, London.
- [16] Lloyd's Register, (2008). Guidance Notes For the Classification of Special Service Craft Calculation Procedures For Composite Construction, Chapter 3, Section 2, London.
- [17] Lloyd's Register, (2008). Guidance Notes For the Classification of Special Service Craft Calculation Procedures For Composite Construction, Chapter 3, Section 3, London.
- [18] Lloyd's Register, (2008). Guidance Notes For the Classification of Special Service Craft Calculation Procedures For Composite Construction, Chapter 3, Section 4, London.
- [19] Lloyd's Register, (2008). Guidance Notes For the Classification of Special Service Craft Calculation Procedures For Composite Construction, Chapter 4, Section 1, London.
- [20] Lloyd's Register, (2008). Guidance Notes For the Classification of Special Service Craft Calculation Procedures For Composite Construction, Chapter 4, Section 2, London.
- [21] Lloyd's Register, (2008). Guidance Notes For the Classification of Special Service Craft Calculation Procedures For Composite Construction, Chapter 4, Section 3, London.
- [22] Lloyd's Register, (2008). Guidance Notes For the Classification of Special Service Craft Calculation Procedures For Composite Construction, Chapter 4, Section 4, London.
- [23] AIREX, (2007). Airex C70 Universally Structural Foam, Second Edition, AG, Sins.
- [24] AIREX, (2005). Baltek SB Structural End-Grain Balsa, Second Edition, New Jersey.
- [25] DNV, (2008). Type Approval Certificate for Telatex Tekstil Ürünleri San. ve Tic. A.Ş, 2006, "Aramid Fibre Products", K-2819, Høvik.
- [26] DNV, (2008). Type Approval Certificate for Telatex Tekstil Ürünleri San. ve Tic. A.Ş, 2006, "CSM Glass Fibre Products", K-2817, Høvik.
- [27] DNV, (2008). Type Approval Certificate for Telatex Tekstil Ürünleri San. ve Tic. A.Ş, 2006, "Biax Glass Fibre Products", K-2814, Høvik.
- [28] DNV, (2008). Type Approval Certificate for Telatex Tekstil Ürünleri San. ve Tic. A.Ş, 2006, "Quadraxial Glass Fibre Products", K-2816, Høvik.
- [29] DNV, (2008). Type Approval Certificate for Telatex Tekstil Ürünleri San. ve Tic. A.Ş, 2006, "Triaxial Glass Fibre Products", K-2815, Høvik.

- [30] DNV, (2008). Type Approval Certificate for Telatex Tekstil Ürünleri San. ve Tic. A.Ş, 2006, “Unidirectional Glass Fibre Products”, K-2813, Høvik.
- [31] Çetkin, A., (2006). “Hibrid Diferansiyel Quadrature Eleman Metodu İle Farklı Mesnetlenmiş İzotropik Dikdörtgensel Serbest Plakların Doğal Titreşimleri”, Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi, 1: 21-28.
- [32] Özben, T., (2010). “Sandvic Kompozit Plakanın Üniform Yük Altında Deformasyonun Analitik ve Sonlu Elemanlar Yöntemiyle Hesaplanması”, Mühendis ve Makine Dergisi, 51(601): 29-35.
- [33] Toma, Ç., (2007). Sandviç Kompozit T Bağlantılarında Gerilme Analizi, Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, İzmir.
- [34] Çam, Y. ve Özdemir, H.O., (2005). Yanal Delaminasyon Bölgesi İçeren Termoplastik Tabakalı Kompozitlerde Burkulma Analizi, Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, İzmir.
- [35] Vatangül, E., (2008). Kompozit Malzemelerin Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi ve Ansys 10 Programı İle Isıl Gerilme Analizi, Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, İzmir.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Kaan ERSUNAY
Doğum Tarihi ve Yeri : 18.04.1984 İstanbul
Yabancı Dili : İngilizce - İtalyanca
E-posta : kaan_ersunay@hotmail.com

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Lisans	Gemi İnşaatı ve Gemi Makineleri Mühendisliği Bölümü	Yıldız Teknik Üniversitesi	2007
Lise	Fen Bölümü	Bostancı Hayrullah Kefoğlu Süper Lisesi	2002

İŞ TECRÜBESİ

Yıl	Firma/Kurum	Görevi
2007	Vicem Yacht A.Ş	Üretim Mühendisi

2008	RMK Marine Gemi Yapım San. ve Deniz Taşımacılığı İşletmesi A.Ş	Üretim Mühendisi
2010	Sirena Marine Denizcilik ve Tic. A.Ş	Üretim Sorumlusu