
Araştırma Makalesi / Research Article

Kar Yüğü Etkin Bölgelerde Çelik Kafes Sistem Güçlendirmesi

Mehmet Cihan AYDIN¹, Ercan IŞIK^{1*}

¹Bitlis Eren Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü

Özet

Yapılar, servis ömürleri boyunca çok farklı nedenlerden dolayı onarılmakta veya güçlendirilmektedir. Güçlendirme nedenlerinden biri yapıların yapım aşamasında projelerinde öngörülen kesit şekil ve boyutlarına uygun elemanların seçilmemesidir. Bu çalışmada spor salonu olarak kullanılan bir yapının çelik çatı sistemi değerlendirilmiştir. Yapı ile ilgili proje ve yerinde yapılan ölçümler sonucu, proje üzerinde verilen kesit boyutları ile mevcut kesit boyutları karşılaştırılmış ve kesit boyutları ile profillerin projesine uygun olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Uygun olmayan profiller ve kesit boyutları için güçlendirme yapılmasına için gerekli işlemler yapılmıştır. Güçlendirme işleminin çelik elemanlar ile yapılması önerilmiştir. Böylelikle yapı için projesinde öngörülen kesit alanlarına ve istenilen güvenlik düzeyine çıkması sağlanmıştır. Çalışmaya konu olan çelik yapı için güçlendirme esasları ve imalat esnasında dikkat edilecek unsurlar belirtilmiştir. Bu çalışma, çelik yapıların güçlendirilmesi konusunda yapılacak çalışmalara katkı sağlayacaktır.

Anahtar Kelimeler: Güçlendirme, çelik yapılar, çelik elemanlar

Strengthening of Trussed Steel Joint System at the Region of Forceful Snow Loads

Abstract

Buildings have been repaired or strengthened for many different reasons throughout of their service life. There can be many reasons for repairing or strengthening buildings. One reason of strengthening of structure is the improper selection of sectional shape and dimensions of structures that given in their projects. In this study, the trussed steel joint system of the structure has been evaluated that has been used as gym. The projects of trussed steel joint system and the results of measurement that made on the spot have been compared. It has been concluded that sectional dimensions and profiles are improper to the system's project. The calculation has been made as a result of improper sectional dimensions and profiles of trussed steel roof system. Steel members have been used for strengthening. Thus, foreseen sectional areas and required safety level of trussed steel joint system has been provided as given in its project. Strengthening and construction principals for this steel roof system have been given in this study. This study will contribute to future studies for strengthening of steel structures.

Keywords: Strengthening, steel structures, steel members

1. Giriş

Yapıların dayanımlarının arttırılması değişik nedenlerle ortaya çıkmaktadır. Projesinde ve yapımında hata, kusur ve eksiklikler olan yapının çeşitli elemanlarında zaman içinde hasar ve zayıflık belirtileri ortaya çıkabilir; yapıların kullanma amacının zaman içinde değiştirilmesi sonucu yapıda bazı taşıyıcı sistem değişikliklerinin yapılması gerekebilir [1]. İyi projelendirilmemiş veya uygulamasında özen gösterilmemiş binalarda hasar meydana gelme olasılığı, sistem üzerine etkiyecek yüklere bağlı olarak büyüktür. Bunun yanında, projelendirilmesi ve uygulamasına gerekli özen gösterilen binalarda da değişik sebeplerden dolayı hasar meydana gelebilir. Bu nedenle, hasarın belirlenmesi ve devamında gerekli güçlendirmenin yapılması inşaat mühendisliğinin önemli konularından biridir [2].

* Sorumlu yazar: ercanbitliseren@gmail.com

Güçlendirilmeden amaç yapıların servis yükleri altında hasarlara neden olacak kusurlarının giderilmesi, yapı güvenliğini arttırmaya yönelik olarak yeni elemanlar eklenmesi, kütle azaltılması, mevcut elemanlarının yük altındaki davranışlarının geliştirilmesi, kuvvet aktarımında sürekliliğin sağlanması türündeki işlemleri içermektedir [3]. Güçlendirme, esas olarak hasar görmemiş bir yapıyı veya yapıyı meydana getiren yapı elemanlarını geçerli bir güvenlik düzeyine çıkarmak için yapılan işlemlerin bütünüdür. Güçlendirme işleminde amaç yapının dayanım ve benzeri karakteristiklerini önceki düzeyinin üzerine çıkarmaktır [4].

Yapıların güçlendirilmesi hassas bir iş olup, süreç yapının değerlendirilmesi ile başlamaktadır. Mevcut bir yapının değerlendirilebilmesi için öncelikle yapı hakkında temin edilebilecek her türlü verinin toplanması gereklidir. Bunlar, mevcut yapıların taşıyıcı sistem elemanlarının kapasitelerinin hesaplanmasında ve deprem dayanımlarının değerlendirilmesinde kullanılacak eleman detayları ve boyutlarından, taşıyıcı sistem geometrisine ve malzeme özelliklerine ilişkin bilgilerden, yapıların projelerinden ve raporlarından, yapıda yapılacak gözlem ve ölçümlerden, yapıdan alınacak malzeme örneklerine uygulanacak deneylerden elde edilmektedir. Bu bilgiler ışığında yapılacak değerlendirme sonucunda binanın güçlendirilmesinin uygun olabileceği görüşü hakimse bina sahiplerinin isteği doğrultusunda binanın güçlendirme projeleri hazırlanmalıdır. Yapılar ile ilgili tespitler yapılırken birçok parametreye bağlı olan karmaşık bir çalışma gerekmektedir. Onarılmasına ve güçlendirilmesine karar verilmesinin en önemli adımını bu çalışma oluşturmaktadır. Bu aşamada yapılacak yanlış veya eksiklik istenmeyen sonuçlara yol açmaktadır. Bu çalışmada Bitlis il merkezinde bulunan ve spor salonu olarak kullanılan çelik çatı sistemi değerlendirilmiş ve çelik çatının güçlendirilmesi gerektiği ve güçlendirmenin nasıl yapılacağı konusunda çelik elemanlar ile güçlendirme yapılması önerilmiştir.

2. Mevcut Uygulamanın Değerlendirilmesi

Betonarme olarak inşa edilen binanın 29x16 m boyutundaki Spor Salonu bölümü çelik çatı sistemiyle kapatılmıştır. Çatı sistemi enine doğrultuda 7 adet çelik çatı kafes sistemle taşınmaktadır. Çatı üzeri, çatının üst başlık düğüm noktalarına yerleştirilmiş aşıklar ile taşınan kenetli sistem çatı örtüsüyle kapatılmıştır. Çatı makasları iki uçtan betonarme kolonlar üzerine oturtulmuş ve bir ucu tutulu diğer ucu ise kayıcı mesnet oluşturacak şekilde cıvata ile ankraj yapılmıştır. Çatı kafes sistemin düğüm noktaları kaynaklı olarak tespit edilmiştir. Kafes ve aşıkların kenar açıklıkları boyunca çapraz L profilden yatay stabilize bağlantıları kullanılmıştır. İmalattan bazı görüntüler Şekil 1’de verilmiştir.



Şekil 1. Çelik çatı uygulamasından bazı görüntüler

2.1. Kesitlerin Karşılaştırılması

Bu çalışmada yapının Spor Merkezi olarak kullanılan kısmında kullanılan çelik çatı sisteminin taşıyıcısı olan çelik kafes sisteminin tasarımı üzerinde durulmuştur. Yerinde ve proje üzerinde yapılan incelemelere göre çatı makaslarıyla ilgili özellikler Tablo 1’de karşılaştırılmıştır.

Tablo 1. Proje ve uygulanan kesitlerin karşılaştırılması

Türü	Projesindeki numarası	Proje Profili		Kullanılan Profil		Projeye Uygunluğu
		Profil	Alanı (cm ²)	Profil	Alanı (cm ²)	
Üst Başlık	1	HEA180	45.3	I180	27.9	Uygun Değil
Alt Başlık	2	HEA160	38.8	I160	22.8	Uygun Değil
Diyagonal	26	HEA160	38.8	I100	22.8	Uygun Değil
Dikme	27	HEA160	38.8	I100	22.8	Uygun Değil
Diğer dikme ve diyagonaller	3-25	HEA100	21.2	I100	10.6	Uygun Değil

Yapılan incelemeler sonucu uygulamada kullanılan profillerin ve kesit alanlarının projesine uygun olmadığı tespit edilmiştir. Bununla beraber çatı makası incelendiğinde projesinde 12 gözlü tasarlanmasına rağmen yerinde 11 gözlü olarak imal edilmiştir. Bu nedenle de düğüm noktaları arasındaki profil boyları uzamıştır. Yine çatı makasındaki diyagonaller projesinde çatı makasının ortasında yön değiştirirken uygulamasında tüm diyagonaller aynı doğrultuda atılmıştır. Bunların dışında gözle yapılan incelemeler sonucu çatı aşıkları ve yatay stabilite elemanları projesine uygun olduğu gözlemlenmiştir. Çatı makasının mesnet detaylarının gözle gözlemlendiği kadarıyla projesine uygun olduğu kabul edilmiştir.

Bu inceleme sonucu çatı makasının teşkili ve seçilen kesitler projesine uygun olmadığından çatı makasının mevcut haliyle yeniden analiz edilmesi ve uygunluğunun kontrol edilmesi gerekmektedir.

3. Çelik Kafes Analizleri

3.1. Yük Analizi

Kullanım süresince yapıya etkiyebilecek ve tasarımında dikkate alınması gerekli olan çeşitli fiziksel etkiler yük olarak tanımlanmaktadır. Bir yapının amaca uygun olarak projelendirilebilmesi için, hizmet süresi boyunca etkisinde kalacağı yüklerin gerçekçi bir şekilde belirlenmesi gerekmektedir. Çünkü taşıma gücü ve kullanılabilirlik sınır durumları için, yapılar kendilerine etkiyen yüklere karşı yeterli dayanıma sahip olmalı ve kullanılabilir olmalıdır[5]. Bu çalışmada, çelik çatı yük analizi için öncelikle ülkemizin en fazla kar yağışı alan yörelerinden biri olan Bitlis için TS 498’ e göre kar yükü hesaplanmıştır [6]. Kar yağışı genel olarak Kasım ayı başında başlamakta ve Nisan ayında kar kalkmaktadır. Bu sürenin uzun olması Bitlis’te risk süresini artırmaktadır [7]. Bu da özellikle kar yükünü doğrudan taşıyacak olan sistemlerin tasarımında daha fazla hassasiyet gösterilmesi sonucunu doğurmaktadır.

3.1.1. Kar Yükü Hesap Değeri (P_k)

Kar yükü hesap değeri (P_k) için alınacak yük, kar yağışı artış şartlarına göre değişkenlik göstermektedir. Kar yükü (P_{k0}), hareketli yük sınıfına girmektedir [5]. Bunun bağlı olduğu etkenler coğrafi ve meteorolojik şartlardır. (Kar yağmayan yerlerde kar yükü hesap değeri sıfır alınır). 30°'ye kadar eğimli çatılarda kar yükü hesap değeri (P_k), kar yükü (P_{k0}) değerine eşit kabul edilir ve çatı alanının plandaki düzgün yayılı yükü olarak dikkate alınır. Yatayla α açısı kadar eğim yapan ve kar kaymasının engellenmediği çatılarda kar yükü hesap değeri olarak Denklem (1) verilmiştir [6].

$$P_k = m \cdot P_{k0} \quad m = 1 - \frac{\alpha - 30^\circ}{40^\circ} \quad (1)$$

Tablo 2. Çatı Eğimine (α) Bağlı Olarak Azaltma Değeri (m) [6]

α	0°	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9°
0-30°	1,0									
30°	1,00	0,97	0,95	0,92	0,90	0,87	0,85	0,82	0,80	0,77
40°	0,75	0,72	0,70	0,67	0,65	0,62	0,60	0,57	0,55	0,52
50°	0,50	0,47	0,45	0,42	0,40	0,37	0,35	0,32	0,30	0,27
60°	0,25	0,22	0,20	0,17	0,15	0,12	0,10	0,07	0,05	0,02
70° - 90°										

Kar yükü (P_{ko}) değeri, kar yağış yüksekliğine göre düzenlenmiş haritadaki bölgelerin numarası ile Tablo 3'ten alınır.

Tablo 3. Zati Kar Yükü (P_{ko}) Değerleri kN/m^2 [6]

	1	2	3	4	5
1	Yapı yerinin denizden yüksekliği	BÖLGELER			
	m	I	II	III	IV
	≤ 200	0,75	0,75	0,75	0,75
2	300	0,75	0,75	0,75	0,80
	400	0,75	0,75	0,75	0,80
	500	0,75	0,75	0,75	0,85
3	600	0,75	0,75	0,80	0,90
	700	0,75	0,75	0,85	0,95
	800	0,80	0,85	1,25	1,40
4	900	0,80	0,95	1,30	1,50
	1000	0,80	1,05	1,35	1,60
5	> 1000	1000 m'ye tekabül eden değerler, 1500 m'ye kadar %10, 1500 m'den yukarı yüksekliklerde %15 artırılır.			

Çatı Eğimi (α) = 5.71° olduğundan $P_k = P_{ko} = 1.60 \text{ kN/m}^2$ alınır. İnşaatın bulunduğu yerin rakımı yaklaşık 1600m olduğuna göre Tablo 3'ten bu yük %15 arttırılırsa;
 $P_k = 1.60 \times 1.15 = 1.84 \text{ kN/m}^2 = 188 \text{ kg/m}^2$

3.1.2. Rüzgar Yükü Hesap Değeri (W)

Çelik çatı sisteminde dikkate alınan yüklerden biri de rüzgar yükleridir. Rüzgar yükü hesabı TS 498'e göre yapılmıştır [6]. Rüzgâr yükü hesabı yapının geometrisine bağlıdır [2] (Şekil 2). Basınç, emme ve sürtünme etkileri birleştirilerek hesaba alınır. Bir yapının bütününde rüzgâr yükü bileşkesinin büyüklüğü;

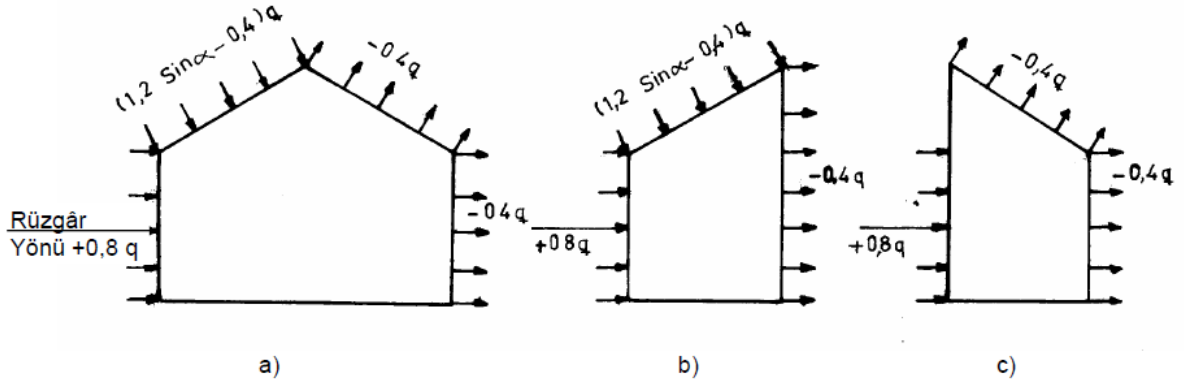
$$W = C_f \cdot q \cdot A \quad \text{kN}^* \quad (2)$$

denklemlerle bulunur. Burada; C_f : Aerodinamik yük katsayısı, q : Emme (hız basıncı) kN/m^2 , A : Etkilenen yüzey alanı (m^2)dir. Emme (Hız basıncı) aşağıdaki formül ve Tablo 4 ile hesaplanmıştır.

$$q = \frac{v^2}{1600} \quad \text{kN/m}^2 \quad (3)$$

Tablo 4. Yüksekliğe Bağlı Olarak Rüzgar Hızı ve Emme [6]

Zeminden Yükseklik m	Rüzgar Hızı v m/s	Emme q (kN/m ²)
0 - 8	28	0,5
9 - 20	36	0,8
21 - 100	42	1,1
> 100	46	1,3

**Şekil 2.** Planda Kare Kesitli ve Eğik Çatılı Kapalı Yapılarda Rüzgar Yükünün Ana Taşıyıcı Sistem Doğrultusunda Dağıtımını [6]

Yukarıdaki hesaplamalara göre rüzgar yükleri aşağıdaki gibi elde edilmiştir:

$$p_{re} = -23.17 \text{ kg/m}^2 \text{ (emme)}$$

$$p_{rf} = -33.03 \text{ kg/m}^2 \text{ (emme)}$$

3.2. Çubuk Kuvvetlerinin Hesabı

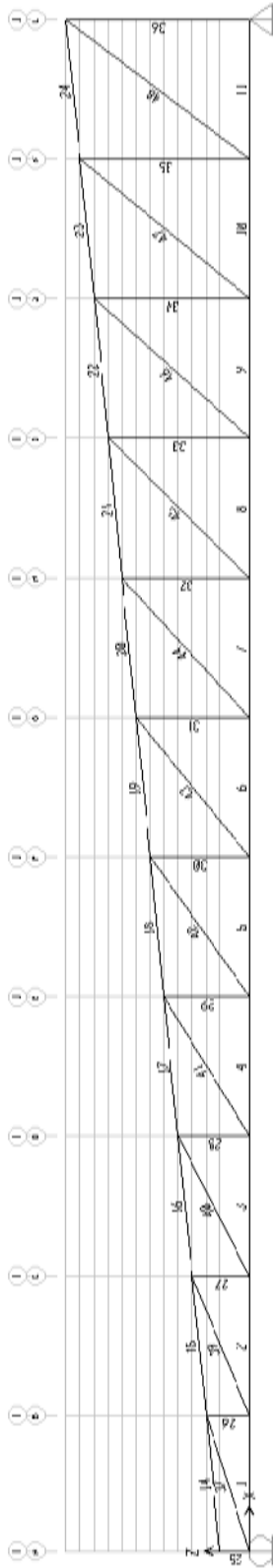
Elde edilen birim yükler düğüm noktasına tesir ettirilecek şekilde alanlar ile çarpılarak düğüm noktalarına etki eden yükler aşağıdaki gibi elde edilir:

Öz ağırlıklar	: $P_g = 277 \text{ kg}$ (Düşey Doğrultuda)
Kar Yüğü	: $P_k = 1308 \text{ kg}$ (Düşey Doğrultuda)
Rüzgar (sağdan)	: $P_{re} = -162 \text{ kg}$ (Çatı Düzlemine Dik)
Rüzgar (soldan)	: $P_{rf} = -231 \text{ kg}$ (Çatı Düzlemine Dik)

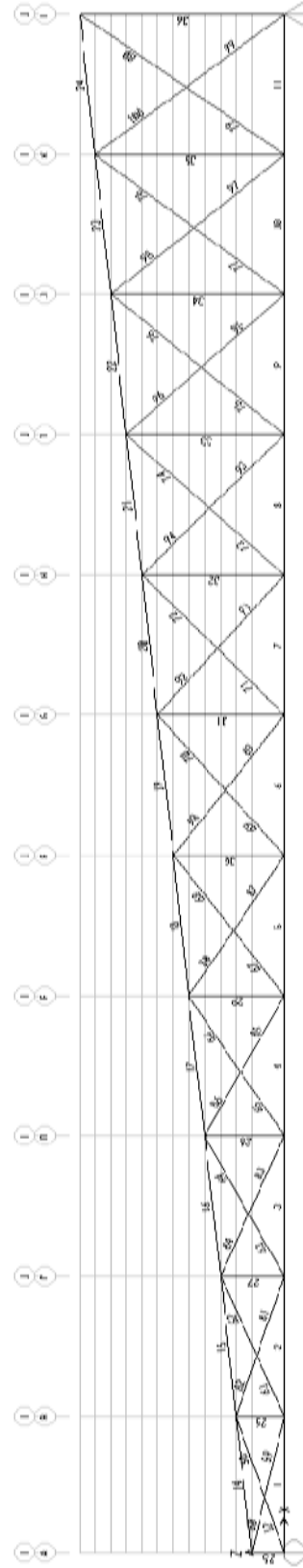
Elde edilen bu yüklere göre çelik kafes sistemin statik analizleri SAP2000 programı yardımıyla hesaplanmış ve sonuçlar Tablo 5'te sunulmuştur. Tablo 5'te etki eden tüm yük kombinasyonları dikkate alınarak en gayri müsait yük halleri için H ve HZ yükleri hesaplanmıştır. Kesit hesaplarında bu yüklerden en büyüğü dikkate alınacaktır.

Tablo 5. Yük Hesap Tablosu

YÜK HESAP TABLOSU										
Çubuk		Çubuk Kuvvetleri (kg)							Çubuk Kesiti	
		Öz Ağırlık	Kar	Rüzgar		Maksimum				
Tür	No:		(a)	Tam (b)	Sağdan (c)	Soldan (d)	"H" Yük. (a)+(b)	"HZ" Yükleme (a)+(b)+(c),(d)	(a)+(c),(d)	Kaynaklı
Alt Başlık	1	4378.17	20673.83	-2511.42	-3580.50	25,052.00	22,540.58	1,866.75	I160	
	2	6028.02	28464.46	-3448.24	-4916.15	34,492.48	31,044.24	2,579.78	I160	
	3	6483.83	30616.81	-3696.14	-5269.60	37,100.64	33,404.50	2,787.69	I160	
	4	6334.45	29911.40	-3594.85	-5125.24	36,245.85	32,651.00	2,739.60	I160	
	5	5836.18	27558.58	-3292.27	-4693.90	33,394.76	30,102.49	2,543.91	I160	
	6	5118.52	24169.75	-2863.11	-4082.08	29,288.27	26,425.16	2,255.41	I160	
	7	4253.92	20087.09	-2349.17	-3349.40	24,341.01	21,991.84	1,904.75	I160	
	8	3286.10	15517.02	-1775.67	-2531.81	18,803.12	17,027.45	1,510.43	I160	
	9	2243.00	10591.48	-1158.73	-1652.30	12,834.48	11,675.75	1,084.27	I160	
	10	1143.31	5398.71	-509.15	-726.24	6,542.02	6,032.87	634.16	I160	
	11	0.00	0.00	165.60	235.70	0.00	235.70	235.70	I160	
Üst Başlık	14	0.00	0.00	14.48	20.61	0.00	20.61	20.61	I180	
	15	-4400.01	-20776.94	2552.89	3639.56	-25,176.95	-22,624.06	-1,847.12	I180	
	16	-6058.09	-28606.43	3508.86	5002.47	-34,664.52	-31,155.66	-2,549.23	I180	
	17	-6516.17	-30769.51	3772.46	5378.30	-37,285.68	-33,513.22	-2,743.71	I180	
	18	-6366.04	-30060.58	3685.14	5253.81	-36,426.62	-32,741.48	-2,680.90	I180	
	19	-5865.29	-27696.03	3395.53	4840.92	-33,561.32	-30,165.79	-2,469.76	I180	
	20	-5144.05	-24290.30	2978.69	4246.66	-29,434.35	-26,455.66	-2,165.36	I180	
	21	-4275.13	-20187.27	2476.66	3530.92	-24,462.40	-21,985.74	-1,798.47	I180	
	22	-3302.49	-15594.41	1914.77	2729.86	-18,896.90	-16,982.13	-1,387.72	I180	
	23	-2254.18	-10644.30	1309.23	1866.56	-12,898.48	-11,589.25	-944.95	I180	
	24	-1149.01	-5425.64	670.88	956.48	-6,574.65	-5,903.77	-478.13	I180	
	Dikme	25	-277.00	-1308.00	162.88	232.21	-1,585.00	-1,422.12	-114.12	I100
		26	673.69	3181.17	-382.54	-545.39	3,854.86	3,472.32	291.15	I100
27		231.70	1094.11	-126.01	-179.67	1,325.81	1,199.80	105.69	I100	
28		-90.88	-429.12	61.62	87.82	-520.00	-458.38	-29.26	I100	
29		-352.94	-1666.58	214.33	305.54	-2,019.52	-1,805.19	-138.61	I100	
30		-580.11	-2739.30	346.91	494.55	-3,319.41	-2,972.50	-233.20	I100	
31		-785.35	-3708.42	466.83	665.52	-4,493.77	-4,026.94	-318.52	I100	
32		-975.89	-4608.15	578.28	824.40	-5,584.04	-5,005.76	-397.61	I100	
33		-1156.10	-5459.15	683.77	974.79	-6,615.25	-5,931.48	-472.33	I100	
34		-1328.79	-6274.59	784.91	1118.99	-7,603.38	-6,818.47	-543.88	I100	
35		-1495.82	-7063.31	882.80	1258.53	-8,559.13	-7,676.33	-613.02	I100	
36		-1519.49	-7177.44	896.74	1278.36	-8,696.93	-7,800.19	-622.75	I100	
Diyagonal		37	-4593.08	-21688.61	2634.69	3756.25	-26,281.69	-23,647.00	-1,958.39	I100
	39	-1782.10	-8415.09	1011.92	1442.71	-10,197.19	-9,185.27	-770.18	I100	
	40	-511.32	-2414.47	278.09	396.50	-2,925.79	-2,647.70	-233.23	I100	
	41	174.86	825.68	-118.55	-168.98	1,000.54	881.99	56.31	I100	
	42	610.60	2883.28	-370.80	-528.59	3,493.88	3,123.08	239.80	I100	
	43	922.81	4357.51	-551.84	-786.70	5,280.32	4,728.48	370.97	I100	
	44	1168.03	5515.48	-694.31	-989.82	6,683.51	5,989.20	473.72	I100	
	45	1374.42	6490.04	-814.44	-1161.07	7,864.46	7,050.02	559.98	I100	
	46	1557.12	7352.77	-920.95	-1312.92	8,909.89	7,988.94	636.17	I100	
	47	1724.82	8144.65	-1018.85	-1452.49	9,869.47	8,850.62	705.97	I100	
	48	1882.72	8890.25	-1111.13	-1584.06	10,772.97	9,661.84	771.59	I100	



Şekil 3. Mevcut çatı makası eleman numaraları



Şekil 4. Güçlendirme sonrası çatı makası çubuk elemanları

4. Kesit Kontrolleri

TS 498'e göre hesaplanan yüklere göre Şekil 3.'de verilen mevcut çelik kafes sitemin statik analiz sonuçları ve halihazırda kullanılan profil kesitleri Tablo 5'de verilmiştir. Tablodan görüleceği gibi H yüklemesi maksimum yüklemeye halini vermektedir. Projesine göre malzeme St37 çeliği ve H yüklemesine göre çeliğin emniyet gerilmesi olarak $\sigma_{em}=1.44\text{ton/cm}^2$ alınmıştır. Buna göre basınç ve çekme çubuklarının ayrı ayrı hesap ve kontrolleri Tablo 6 ve Tablo 7'de verilmiştir.

Bu iki hesap tablosunda görüleceği gibi Basınç Çubuklarından, Üst Başlık çubuklarının, 33, 34, 35 ve 36 nolu dikmelerin ve 37 ve 39 nolu diyagonallerin (Tablo 6); Çekme çubuklarından ise, Alt Başlık Çubuk kesitlerinin (Tablo 7) yetersiz kaldığı görülmektedir. Tüm çekme ve basınç çubuklarının hesapları TS 648'e göre yapılmıştır [8].

Tablo 6. Basınç Çubukları Kesit Kontrolü

BASINÇ ÇUBUKLARI KESİT KONTROLÜ															
Çubuk		Kullanılan Profil	Max Basınç Kuvveti S_{max} (kg)	Burkulma Boyu		Kesit Alanı F_1 (m ²)	Atalet Yarıçapı		Narinlik			Burkulma Katsayısı ω	Gerilme σ (t/cm ²)	Emniyet Gerimesi σ_{em} (t/cm ²)	Uygunluk Kontrolü
Türü	No			S_{kx} (cm)	S_{ky} (cm)		i_x (cm)	i_y (cm)	λ_x	λ_y	λ_{max}				
Üst Başlık	14	I180	0.00	141	141	27.9	7.2	1.71	19.58	82.46	82	1.64	1.71E-15	1.44	UYGUN
Üst Başlık	15	I180	-25176.95	145	145	27.9	7.2	1.71	20.14	84.80	85	1.69	1.525055	1.44	UYGUN DEĞİL
Üst Başlık	16	I180	-34664.52	145	145	27.9	7.2	1.71	20.14	84.80	85	1.74	2.161873	1.44	UYGUN DEĞİL
Üst Başlık	17	I180	-37285.68	145	145	27.9	7.2	1.71	20.14	84.80	85	1.79	2.392164	1.44	UYGUN DEĞİL
Üst Başlık	18	I180	-36426.62	145	145	27.9	7.2	1.71	20.14	84.80	85	1.84	2.402329	1.44	UYGUN DEĞİL
Üst Başlık	19	I180	-33561.32	145	145	27.9	7.2	1.71	20.14	84.80	85	1.89	2.273509	1.44	UYGUN DEĞİL
Üst Başlık	20	I180	-29434.35	145	145	27.9	7.2	1.71	20.14	84.80	85	1.94	2.04669	1.44	UYGUN DEĞİL
Üst Başlık	21	I180	-24462.40	145	145	27.9	7.2	1.71	20.14	84.80	85	1.99	1.744809	1.44	UYGUN DEĞİL
Üst Başlık	22	I180	-18896.90	145	145	27.9	7.2	1.71	20.14	84.80	85	2.04	1.381709	1.44	UYGUN
Üst Başlık	23	I180	-12898.48	145	145	27.9	7.2	1.71	20.14	84.80	85	2.09	0.96623	1.44	UYGUN
Üst Başlık	24	I180	-6574.65	145	145	27.9	7.2	1.71	20.14	84.80	85	2.14	0.504292	1.44	UYGUN
Dikme	25	I100	-1585.00	30	30	10.6	4.01	1.07	7.48	28.04	28	1.08	0.161491	1.44	UYGUN
Dikme	28	I100	-520.00	73.2	73.2	10.6	4.01	1.07	18.25	68.41	68	1.45	0.071132	1.44	UYGUN
Dikme	29	I100	-2019.52	87.6	87.6	10.6	4.01	1.07	21.85	81.87	82	1.64	0.312454	1.44	UYGUN
Dikme	30	I100	-3319.41	102	102	10.6	4.01	1.07	25.44	95.33	95	1.86	0.582463	1.44	UYGUN
Dikme	31	I100	-4493.77	116.4	116.4	10.6	4.01	1.07	29.03	108.79	109	2.18	0.92419	1.44	UYGUN
Dikme	32	I100	-5584.04	130.8	130.8	10.6	4.01	1.07	32.62	122.24	122	2.59	1.364402	1.44	UYGUN
Dikme	33	I100	-6615.25	145.2	145.2	10.6	4.01	1.07	36.21	135.70	136	3.21	2.003297	1.44	UYGUN DEĞİL
Dikme	34	I100	-7603.38	159.6	159.6	10.6	4.01	1.07	39.80	149.16	149	3.86	2.768778	1.44	UYGUN DEĞİL
Dikme	35	I100	-8559.13	174	174	10.6	4.01	1.07	43.39	162.62	163	4.61	3.722414	1.44	UYGUN DEĞİL
Dikme	36	I100	-8696.93	188.4	188.4	10.6	4.01	1.07	46.98	176.07	176	5.38	4.414102	1.44	UYGUN DEĞİL
Diyagonal	37	I100	-26281.69	146.9	146.9	10.6	4.01	1.07	36.63	137.29	137	3.26	8.082859	1.44	UYGUN DEĞİL
Diyagonal	39	I100	-10197.19	155.5	155.5	10.6	4.01	1.07	38.78	145.33	145	3.65	3.511297	1.44	UYGUN DEĞİL
Diyagonal	40	I100	-2925.79	161.5	161.5	10.6	4.01	1.07	40.27	150.93	151	3.96	1.093031	1.44	UYGUN

Tablo 7. Çekme Çubukları Kesit Kontrolü

ÇEKME ÇUBUKLARI KESİT KONTROLÜ												
Çubuk		Kullanılan Profil	Max Çekme Kuvveti S_{max} (kg)	Burkulma (Eksenel) Boyu s (cm)	Kesit Alanı F_1 (m ²)	Atalet Yarıçapı i_{min} (cm)	Narinlik λ	Sınır Değer λ_{max}	Narinlik Kontrolü	Gerilme σ (t/cm ²)	Emniyet Gerimesi σ_{em} (t/cm ²)	Gerilme Kontrolü
Türü	No											
Alt Başlık	1	I160	25052.00	140.0	22.8	1.55	90	250	UYGUN	1.09877	1.44	UYGUN
Alt Başlık	2	I160	34492.48	144.0	22.8	1.55	93	250	UYGUN	1.51283	1.44	UYGUN DEĞİL
Alt Başlık	3	I160	37100.64	144.0	22.8	1.55	93	250	UYGUN	1.62722	1.44	UYGUN DEĞİL
Alt Başlık	4	I160	36245.85	144.0	22.8	1.55	93	250	UYGUN	1.58973	1.44	UYGUN DEĞİL
Alt Başlık	5	I160	33394.76	144.0	22.8	1.55	93	250	UYGUN	1.46468	1.44	UYGUN DEĞİL
Alt Başlık	6	I160	29288.27	144.0	22.8	1.55	93	250	UYGUN	1.28457	1.44	UYGUN
Alt Başlık	7	I160	24341.01	144.0	22.8	1.55	93	250	UYGUN	1.06759	1.44	UYGUN
Alt Başlık	8	I160	18803.12	144.0	22.8	1.55	93	250	UYGUN	0.8247	1.44	UYGUN
Alt Başlık	9	I160	12834.48	144.0	22.8	1.55	93	250	UYGUN	0.56292	1.44	UYGUN
Alt Başlık	10	I160	6542.02	144.0	22.8	1.55	93	250	UYGUN	0.28693	1.44	UYGUN
Alt Başlık	11	I160	0.00	144.0	22.8	1.55	93	250	UYGUN	0	1.44	UYGUN
Dikme	26	I100	3854.86	44.4	10.6	1.07	41	250	UYGUN	0.36367	1.44	UYGUN
Dikme	27	I100	1325.81	58.8	10.6	1.07	55	250	UYGUN	0.12508	1.44	UYGUN
Diyagonal	41	I100	1000.54	168.5	10.6	1.07	157	250	UYGUN	0.09439	1.44	UYGUN
Diyagonal	42	I100	3493.88	176.5	10.6	1.07	165	250	UYGUN	0.32961	1.44	UYGUN
Diyagonal	43	I100	5280.32	185.2	10.6	1.07	173	250	UYGUN	0.49814	1.44	UYGUN
Diyagonal	44	I100	6683.51	194.5	10.6	1.07	182	250	UYGUN	0.63052	1.44	UYGUN
Diyagonal	45	I100	7864.46	204.5	10.6	1.07	191	250	UYGUN	0.74193	1.44	UYGUN
Diyagonal	46	I100	8909.89	215.0	10.6	1.07	201	250	UYGUN	0.84056	1.44	UYGUN
Diyagonal	47	I100	9869.47	225.9	10.6	1.07	211	250	UYGUN	0.93108	1.44	UYGUN
Diyagonal	48	I100	10772.97	237.1	10.6	1.07	222	250	UYGUN	1.01632	1.44	UYGUN

5. Çözüm Önerisi

Köprü, platform, madencilik ve bina türü çelik yapıların büyük bir kısmı için güçlendirme ihtiyacı ortaya çıkmaktadır. Çelik yapılarda geleneksel güçlendirme ve onarımı işlemi yapılırken çelik elemanları kesip yerine kaplama yapmak ve dış çelik levhalar eklemek suretiyle yapılmaktadır [9]. Bu çalışmada, yapılan analizler sonucu kesitleri yetersiz kalan çubukların kesitlerinin ek profillerle desteklenmek suretiyle güçlendirilmesi yoluna gidilecektir. Alt ve üst başlık çubukları tek parça olarak tasarlandığından bu çubuklar tek kesit olarak değerlendirilecektir. Güçlendirmeden sonraki kafes sistemin statik sistemi ve çubuk numaraları Şekil 4’de verilmiştir. Yük hesap ve statik analiz sonuçları Tablo 8’de, yeni tasarımın kesit hesapları ise Tablo 9’da verilmiştir. Tablo 9’da görüleceği gibi ek diyagonaller ile yapılan güçlendirme sonucu bazı dikme ve diyagonalleri kurtarmakla birlikte özellikle alt başlıktaki çekme çubukları ve üst başlıktaki basınç çubuklarıyla yine bazı dikme ve diyagonallerdeki kesitler yetersiz kalmaktadır. Bu nedenle yetersiz kesitler için ek profiller ile kesit iyileştirmesi yapılması önerilmiştir.

Tablo 10’da yetersiz çubuk kesitleri için ek profillerle güçlendirilen yeni kesitlere göre basınç ve çekme çubuklarının analizleri ayrı ayrı tekrar yapılmıştır. Tablo 10’da görüleceği gibi önerilen güçlendirme sonrası tüm kesitler uygun hale getirilmiştir.

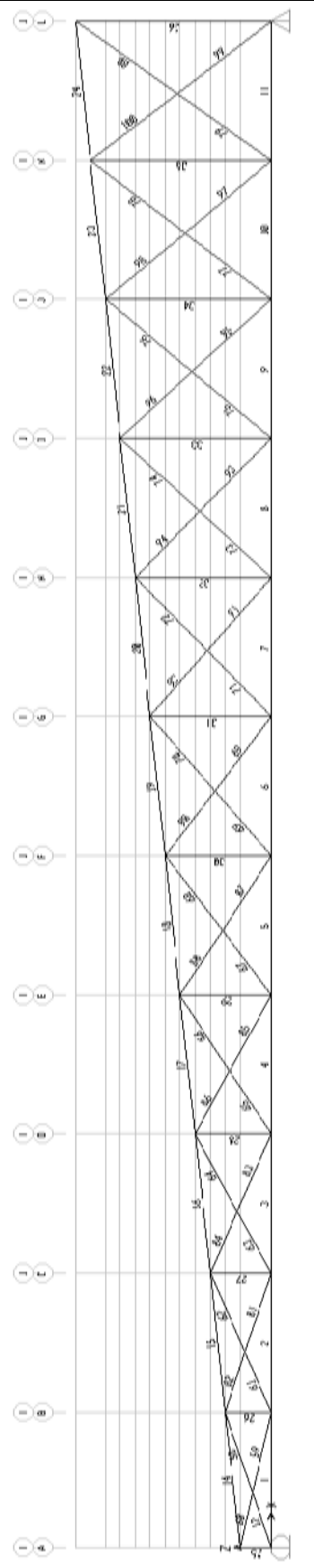
5.1. Tasarım Detayları

Statik hesaplamalarda TS 498’in öngördüğü en büyük kar yüklemesi dikkate alınmıştır. Ancak yine de bölgesel şartlara dayalı olarak yapının bulunduğu mevkiindeki meteorolojik koşullar ve kar yağışlarındaki miktarlar göz önüne alındığında kar yükünün daha fazla olabileceği tahmin edilmektedir. Fakat maalesef bu konuda geliştirilmiş herhangi bir standart ve veri henüz bulunmamaktadır. Bu nedenle emniyet açısından özellikle iç tarafta kalan 5 adet makasın alt ve üst başlıkların ve bazı kritik kesitlerin değerlerinin Şekil 5’te görüldüğü gibi bir üst kesit seçilmesinin daha uygun olacağı önerilmiştir. Tablodaki bazı kesitlerin ekonomik görünmemesi bu nedendendir. Uygulanacak profillerin yeni kesitleri Tablo 11 ve Şekil 5’te verilmiştir. Ayrıca uygulama için önerilen bazı detaylar aşağıda verilmiştir:

- Alt ve üst başlıklar üzerine eklenen U profiller boydan boya kesitlerde görüldüğü gibi (Şekil 5)iki taraflı olarak kaynakla birleştirilecektir. Bu birleşimde düğüm noktaları bölgesi bazık, geri kalan kısımlar normal elektrot kaynağı ile birleştirilebilir.
- Diyagonal ve dikmelerde kullanılan tüm ek profiller projesine uygun yöntemle kesit boyunca (Gövde ve başlık dikişleriyle) alt ve üst başlıklara bazık kaynakla birleştirilmelidir. Mevcut profillere eklenen profiller de aynı yöntemle alt ve üst başlıklara bazık kaynakla birleştirilmelidir. Gövdelerde en az $a=3\text{mm}$ başlıklarda ise en az $a=4\text{mm}$ kaynak kalınlığı kullanılmalıdır.
- Tüm köşe kaynaklarda kaynak kalınlıkları $3\text{mm} \leq a \leq 0.7 \cdot t_{\min}$ (t_{\min} =Birleşime giren minimum profil kalınlığı) arasında ve projesinde belirtilen şartlara uygun olacaktır.
- Küt kaynak kullanılması durumunda $a=t_{\min}$ alınacaktır.
- Ek profillerin eksenleri birleşim noktasında tek bir düğüm noktasında kesişecek şekilde yerleştirilmelidir.
- Birleşik profillerin x-eksenleri Şekil 5’de görüldüğü gibi çakıştırılmalıdır.
- Diyagonallerin birleşme noktalarında mevcut diyagonaller her iki taraftan en az 30cm uzunluğunda 12×65 mm kesitinde saç levhalarla desteklenecektir. (Şekil 8).

Tablo 8. Yeni tasarım yük ve statik analiz tablosu

YÜK HESAP TABLOSU										
Çubuk		Çubuk Kuvvetleri (kg)							Çubuk Kesiti	
		Öz Ağırlık	Kar		Rüzgar		Maksimum			
Tür	No:		(a)	(b)	(c)	(d)	"H" Yük.	"HZ" Yükleme	(a)+(c),(d)	Kaynaklı
Alt Başlık	1	2171.26	10252.75	-1248.96	-1780.62	12,424.01	11,175.05	922.30	I160	
	2	5206.87	24586.97	-2988.54	-4260.73	29,793.84	26,805.30	2,218.33	I160	
	3	6278.99	29649.54	-3594.38	-5124.49	35,928.53	32,334.15	2,684.61	I160	
	4	6443.46	30426.17	-3675.8	-5240.6	36,869.63	33,193.83	2,767.66	I160	
	5	6126.27	28928.36	-3478.6	-4959.5	35,054.63	31,576.03	2,647.67	I160	
	6	5521.91	26074.57	-3115.13	-4441.34	31,596.48	28,481.35	2,406.78	I160	
	7	4732.39	22346.44	-2644.38	-3770.23	27,078.83	24,434.45	2,088.01	I160	
	8	3816.26	18020.44	-2100.27	-2994.55	21,836.70	19,736.43	1,715.99	I160	
	9	2811.98	13278.21	-1505.18	-2146.19	16,090.19	14,585.01	1,306.80	I160	
	10	1725.77	8149.06	-862.3	-1229.69	9,874.83	9,012.53	863.47	I160	
	11	699.3	3302.36	-257.01	-366.75	4,001.66	3,744.65	442.29	I160	
Üst Başlık	14	-2218.55	-10476.06	1283.6	1829.99	-12,694.61	-11,411.01	-934.95	I180	
	15	-5225.26	-24673.77	3014.88	4298.25	-29,899.03	-26,884.15	-2,210.38	I180	
	16	-6263.95	-29578.52	3611.12	5148.31	-35,842.47	-32,231.35	-2,652.83	I180	
	17	-6406.62	-30252.18	3691.11	5262.36	-36,658.80	-32,967.69	-2,715.51	I180	
	18	-6074.51	-28683.97	3497.88	4986.89	-34,758.48	-31,260.60	-2,576.63	I180	
	19	-5459.89	-25781.71	3142.25	4479.87	-31,241.60	-28,099.35	-2,317.64	I180	
	20	-4663.19	-22019.68	2682.01	3823.72	-26,682.87	-24,000.86	-1,981.18	I180	
	21	-3742.33	-17671.37	2150.43	3065.88	-21,413.70	-19,263.27	-1,591.90	I180	
	22	-2730.67	-12894.28	1566.59	2233.51	-15,624.95	-14,058.36	-1,164.08	I180	
	23	-1668.82	-7880.23	954.31	1360.6	-9,549.05	-8,594.74	-714.51	I180	
	24	-446.22	-2106.81	246.16	351.02	-2,553.03	-2,306.87	-200.06	I180	
	Dikme	25	-976.91	-4612.97	563.26	803.03	-5,889.88	-5,026.62	-413.65	I100
		26	-134.52	-635.22	75.7	107.93	-769.74	-694.04	-58.82	I100
27		-125.61	-593.14	67.45	96.18	-718.75	-651.30	-58.16	I100	
28		-108.2	-510.94	53.93	76.9	-619.14	-565.21	-54.27	I100	
29		-92.05	-434.65	41.2	58.76	-526.70	-485.50	-50.85	I100	
30		-77.57	-366.29	29.84	42.58	-443.86	-414.02	-47.73	I100	
31		-65	-306.93	20.17	28.79	-371.93	-351.76	-44.83	I100	
32		-54.54	-257.56	12.34	17.63	-312.10	-299.76	-42.20	I100	
33		-43.92	-207.4	4.94	7.08	-251.32	-246.38	-38.98	I100	
34		-51.27	-242.12	8.85	12.65	-293.39	-284.54	-42.42	I100	
35		64.65	305.57	-61.53	-87.66	370.22	308.69	-23.01	I100	
36		-674.51	-3187.1	386.09	550.39	-3,861.61	-3,475.52	-288.42	I100	
Diyagonal	12	-2277.84	-10756.01	1310.26	1868.02	-13,033.85	-11,723.59	-967.58	I100	
	58	-2277.84	-10756.01	1310.26	1868.02	-13,033.85	-11,723.59	-967.58	I100	
	59	2257.01	10657.65	-1291.12	-1840.74	12,914.66	11,623.54	965.89	I100	
	60	2257.01	10657.65	-1291.12	-1840.74	12,914.66	11,623.54	965.89	I100	
	61	-895.13	-4226.8	515.37	734.75	-5,121.93	-4,606.56	-379.76	I100	
	62	-895.13	-4226.8	515.37	734.75	-5,121.93	-4,606.56	-379.76	I100	
	63	-281.53	-1329.41	163.93	233.72	-1,610.94	-1,447.01	-117.60	I100	
	64	-281.53	-1329.41	163.93	233.72	-1,610.94	-1,447.01	-117.60	I100	
	65	47.26	223.15	-23.81	-33.95	270.41	246.60	23.45	I100	
	66	47.26	223.15	-23.81	-33.95	270.41	246.60	23.45	I100	
	67	255.12	1204.67	-142.46	-203.11	1,459.79	1,317.33	112.66	I100	
	68	255.12	1204.67	-142.46	-203.11	1,459.79	1,317.33	112.66	I100	
	69	404.11	1908.21	-227.78	-324.75	2,312.32	2,084.54	176.33	I100	
	70	404.11	1908.21	-227.78	-324.75	2,312.32	2,084.54	176.33	I100	
	71	521.64	2463.21	-295.5	-421.29	2,984.85	2,689.35	226.14	I100	
	72	521.64	2463.21	-295.5	-421.29	2,984.85	2,689.35	226.14	I100	
	73	621.53	2934.88	-353.46	-503.93	3,556.41	3,202.95	268.07	I100	
	74	621.53	2934.88	-353.46	-503.93	3,556.41	3,202.95	268.07	I100	
	75	707.76	3342.05	-403.77	-575.65	4,049.81	3,646.04	303.99	I100	
	76	707.76	3342.05	-403.77	-575.65	4,049.81	3,646.04	303.99	I100	
	77	811.26	3830.83	-464.94	-662.85	4,642.09	4,177.15	346.32	I100	
	78	811.26	3830.83	-464.94	-662.85	4,642.09	4,177.15	346.32	I100	
	79	731.17	3452.14	-415.21	-591.97	4,183.31	3,768.10	315.96	I100	
	80	731.17	3452.14	-415.21	-591.97	4,183.31	3,768.10	315.96	I100	
	81	859.3	4057.62	-481.06	-685.86	4,916.92	4,435.86	378.24	I100	
	82	859.3	4057.62	-481.06	-685.86	4,916.92	4,435.86	378.24	I100	
	83	221.26	1044.8	-109.92	-156.75	1,266.06	1,156.14	111.34	I100	
	84	221.26	1044.8	-109.92	-156.75	1,266.06	1,156.14	111.34	I100	
	85	-122.29	-577.46	90.8	129.41	-699.75	-608.95	-31.49	I100	
	86	-122.29	-577.46	90.8	129.41	-699.75	-608.95	-31.49	I100	
	87	-339.54	-1603.33	218.1	310.89	-1,942.87	-1,724.77	-121.44	I100	
	88	-339.54	-1603.33	218.1	310.89	-1,942.87	-1,724.77	-121.44	I100	
	89	-494.34	-2334.27	308.84	440.25	-2,828.61	-2,519.77	-185.50	I100	
	90	-494.34	-2334.27	308.84	440.25	-2,828.61	-2,519.77	-185.50	I100	
91	-615.24	-2905.18	379.6	541.13	-3,520.42	-3,140.82	-235.64	I100		
92	-615.24	-2905.18	379.6	541.13	-3,520.42	-3,140.82	-235.64	I100		
93	-716.22	-3382	438.52	625.14	-4,098.22	-3,659.70	-277.70	I100		
94	-716.22	-3382	438.52	625.14	-4,098.22	-3,659.70	-277.70	I100		
95	-808.02	-3815.48	492	701.38	-4,623.50	-4,131.50	-316.02	I100		
96	-808.02	-3815.48	492	701.38	-4,623.50	-4,131.50	-316.02	I100		
97	-869.49	-4105.68	527.18	751.54	-4,975.17	-4,447.99	-342.31	I100		
98	-869.49	-4105.68	527.18	751.54	-4,975.17	-4,447.99	-342.31	I100		
99	-1096.82	-5179.62	662.85	944.93	-6,276.44	-5,613.59	-433.97	I100		
100	-1096.82	-5179.62	662.85	944.93	-6,276.44	-5,613.59	-433.97	I100		

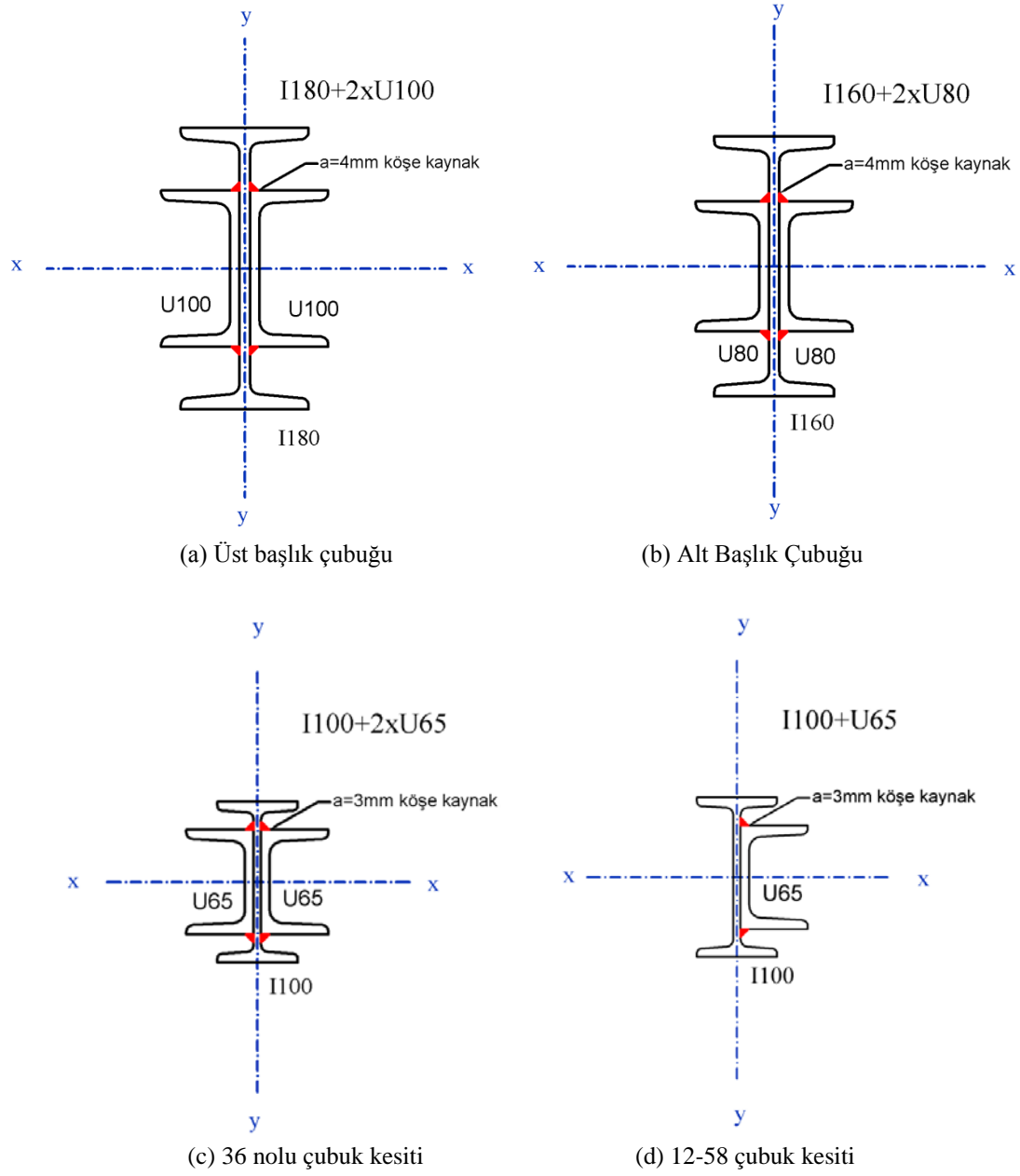


Tablo 9. Yeni tasarım kesit kontrolü

KESİT KONTROLÜ																		
Tür	No:	S _{max} "H" Yük.	Kesit Kaynaklı	Çubuk Türü	Kesit Alanı F ₁ (m ²)	Burkulma Boyu		Atalet Yarıçapı		Narinlik			Burkulma Katsayısı ω	Gerilme σ (t/cm ²)	Emniyet Gerimesi σ _{em} (t/cm ²)	Gerilme Kontrolü	Narinlik Kontrolü	
						S _{kx} (cm)	S _{ky} (cm)	i _x (cm)	i _y (cm)	λ _x	λ _y	λ _{max}						
Alt Başlık	1	12,424.01	I160	Çekme	22.8	140	140	6.4	1.55	22	90	90	1	0.54	1.44	UYGUN	UYGUN	
	2	29,793.84	I160	Çekme	22.8	144	144	6.4	1.55	23	93	93	1	1.31	1.44	UYGUN	UYGUN	
	3	35,928.53	I160	Çekme	22.8	144	144	6.4	1.55	23	93	93	1	1.58	1.44	UYGUN DEĞİL	UYGUN	
	4	36,869.63	I160	Çekme	22.8	144	144	6.4	1.55	23	93	93	1	1.62	1.44	UYGUN DEĞİL	UYGUN	
	5	35,054.63	I160	Çekme	22.8	144	144	6.4	1.55	23	93	93	1	1.54	1.44	UYGUN DEĞİL	UYGUN	
	6	31,596.48	I160	Çekme	22.8	144	144	6.4	1.55	23	93	93	1	1.39	1.44	UYGUN	UYGUN	
	7	27,078.83	I160	Çekme	22.8	144	144	6.4	1.55	23	93	93	1	1.19	1.44	UYGUN	UYGUN	
	8	21,836.70	I160	Çekme	22.8	144	144	6.4	1.55	23	93	93	1	0.96	1.44	UYGUN	UYGUN	
	9	16,090.19	I160	Çekme	22.8	144	144	6.4	1.55	23	93	93	1	0.71	1.44	UYGUN	UYGUN	
	10	9,874.83	I160	Çekme	22.8	144	144	6.4	1.55	23	93	93	1	0.43	1.44	UYGUN	UYGUN	
	11	4,001.66	I160	Çekme	22.8	144	144	6.4	1.55	23	93	93	1	0.18	1.44	UYGUN	UYGUN	
Üst Başlık	14	-12,694.61	I180	Basınç	27.9	141	141	7.2	1.71	20	82	82	1.64	0.75	1.44	UYGUN	UYGUN	
	15	-29,899.03	I180	Basınç	27.9	145	145	7.2	1.71	20	85	85	1.69	1.81	1.44	UYGUN DEĞİL	UYGUN	
	16	-35,842.47	I180	Basınç	27.9	145	145	7.2	1.71	20	85	85	1.69	2.17	1.44	UYGUN DEĞİL	UYGUN	
	17	-36,658.80	I180	Basınç	27.9	145	145	7.2	1.71	20	85	85	1.69	2.22	1.44	UYGUN DEĞİL	UYGUN	
	18	-34,758.48	I180	Basınç	27.9	145	145	7.2	1.71	20	85	85	1.69	2.11	1.44	UYGUN DEĞİL	UYGUN	
	19	-31,241.60	I180	Basınç	27.9	145	145	7.2	1.71	20	85	85	1.69	1.89	1.44	UYGUN DEĞİL	UYGUN	
	20	-26,682.87	I180	Basınç	27.9	145	145	7.2	1.71	20	85	85	1.69	1.62	1.44	UYGUN DEĞİL	UYGUN	
	21	-21,413.70	I180	Basınç	27.9	145	145	7.2	1.71	20	85	85	1.69	1.30	1.44	UYGUN	UYGUN	
	22	-15,624.95	I180	Basınç	27.9	145	145	7.2	1.71	20	85	85	1.69	0.95	1.44	UYGUN	UYGUN	
	23	-9,549.05	I180	Basınç	27.9	145	145	7.2	1.71	20	85	85	1.69	0.58	1.44	UYGUN	UYGUN	
	24	-2,553.03	I180	Basınç	27.9	145	145	7.2	1.71	20	85	85	1.69	0.15	1.44	UYGUN	UYGUN	
	Dikme	25	-5,589.88	I100	Basınç	10.6	30	30	4.01	1.07	7	28	28	1.08	0.57	1.44	UYGUN	UYGUN
		26	-769.74	I100	Basınç	10.6	44.4	44.4	4.01	1.07	11	41	41	1.18	0.09	1.44	UYGUN	UYGUN
27		-718.75	I100	Basınç	10.6	58.8	58.8	4.01	1.07	15	55	55	1.31	0.09	1.44	UYGUN	UYGUN	
28		-619.14	I100	Basınç	10.6	73.2	73.2	4.01	1.07	18	68	68	1.45	0.08	1.44	UYGUN	UYGUN	
29		-526.70	I100	Basınç	10.6	87.6	87.6	4.01	1.07	22	82	82	1.64	0.08	1.44	UYGUN	UYGUN	
30		-443.86	I100	Basınç	10.6	102	102	4.01	1.07	25	95	95	1.86	0.08	1.44	UYGUN	UYGUN	
31		-371.93	I100	Basınç	10.6	116.4	116.4	4.01	1.07	29	109	109	2.18	0.08	1.44	UYGUN	UYGUN	
32		-312.10	I100	Basınç	10.6	130.8	130.8	4.01	1.07	33	122	122	2.59	0.08	1.44	UYGUN	UYGUN	
33		-251.32	I100	Basınç	10.6	145.2	145.2	4.01	1.07	36	136	136	3.21	0.08	1.44	UYGUN	UYGUN	
34		-293.39	I100	Basınç	10.6	159.6	159.6	4.01	1.07	40	149	149	3.86	0.11	1.44	UYGUN	UYGUN	
35		370.22	I100	Çekme	10.6	174	174	4.01	1.07	43	163	163	1	0.03	1.44	UYGUN	UYGUN	
36		-3,861.61	I100	Basınç	10.6	188.4	188.4	4.01	1.07	47	176	176	5.38	1.96	1.44	UYGUN DEĞİL	UYGUN	
12		-13,033.85	I100	Basınç	10.6	59.2	146.8	4.01	1.07	15	137	137	3.26	4.01	1.44	UYGUN DEĞİL	UYGUN	
58		-13,033.85	I100	Basınç	10.6	87.6	146.8	4.01	1.07	22	137	137	3.26	4.01	1.44	UYGUN DEĞİL	UYGUN	
59		12,914.66	I100	Çekme	10.6	85.4	85.4	4.01	1.07	21	80	80	1	1.22	1.44	UYGUN	UYGUN	
60		12,914.66	I100	Çekme	10.6	57.7	57.7	4.01	1.07	14	54	54	1	1.22	1.44	UYGUN	UYGUN	
61		-5,121.93	I100	Basınç	10.6	66.9	155.5	4.01	1.07	17	145	145	3.65	1.76	1.44	UYGUN DEĞİL	UYGUN	
62		-5,121.93	I100	Basınç	10.6	88.6	155.5	4.01	1.07	22	145	145	3.65	1.76	1.44	UYGUN DEĞİL	UYGUN	
63		-1,610.94	I100	Basınç	10.6	72	161.6	4.01	1.07	18	151	151	3.96	0.60	1.44	UYGUN	UYGUN	
64		-1,610.94	I100	Basınç	10.6	89.6	161.6	4.01	1.07	22	151	151	3.96	0.60	1.44	UYGUN	UYGUN	
65	270.41	I100	Çekme	10.6	76.7	168.5	4.01	1.07	19	157	157	1	0.03	1.44	UYGUN	UYGUN		
66	270.41	I100	Çekme	10.6	91.8	168.5	4.01	1.07	23	157	157	1	0.03	1.44	UYGUN	UYGUN		
67	1,459.79	I100	Çekme	10.6	81.5	176.4	4.01	1.07	20	165	165	1	0.14	1.44	UYGUN	UYGUN		
68	1,459.79	I100	Çekme	10.6	94.9	176.4	4.01	1.07	24	165	165	1	0.14	1.44	UYGUN	UYGUN		
69	2,312.32	I100	Çekme	10.6	86.5	185.2	4.01	1.07	22	173	173	1	0.22	1.44	UYGUN	UYGUN		
70	2,312.32	I100	Çekme	10.6	98.7	185.2	4.01	1.07	25	173	173	1	0.22	1.44	UYGUN	UYGUN		
71	2,984.85	I100	Çekme	10.6	91.6	194.5	4.01	1.07	23	182	182	1	0.28	1.44	UYGUN	UYGUN		
72	2,984.85	I100	Çekme	10.6	102.9	194.5	4.01	1.07	26	182	182	1	0.28	1.44	UYGUN	UYGUN		
73	3,556.41	I100	Çekme	10.6	96.9	204.5	4.01	1.07	24	191	191	1	0.34	1.44	UYGUN	UYGUN		
74	3,556.41	I100	Çekme	10.6	107.6	204.5	4.01	1.07	27	191	191	1	0.34	1.44	UYGUN	UYGUN		
75	4,049.81	I100	Çekme	10.6	102.4	215	4.01	1.07	26	201	201	1	0.38	1.44	UYGUN	UYGUN		
76	4,049.81	I100	Çekme	10.6	112.6	215	4.01	1.07	28	201	201	1	0.38	1.44	UYGUN	UYGUN		
77	4,642.09	I100	Çekme	10.6	108	225.8	4.01	1.07	27	211	211	1	0.44	1.44	UYGUN	UYGUN		
78	4,642.09	I100	Çekme	10.6	117.8	225.8	4.01	1.07	29	211	211	1	0.44	1.44	UYGUN	UYGUN		
79	4,183.31	I100	Çekme	10.6	113.8	237.1	4.01	1.07	28	222	222	1	0.39	1.44	UYGUN	UYGUN		
80	4,183.31	I100	Çekme	10.6	123.3	237.1	4.01	1.07	31	222	222	1	0.39	1.44	UYGUN	UYGUN		
81	4,916.92	I100	Çekme	10.6	85.9	85.9	4.01	1.07	21	80	80	1	0.46	1.44	UYGUN	UYGUN		
82	4,916.92	I100	Çekme	10.6	64.8	64.8	4.01	1.07	16	61	61	1	0.46	1.44	UYGUN	UYGUN		
83	1,266.06	I100	Çekme	10.6	86.2	86.2	4.01	1.07	21	81	81	1	0.12	1.44	UYGUN	UYGUN		
84	1,266.06	I100	Çekme	10.6	69.3	69.3	4.01	1.07	17	65	65	1	0.12	1.44	UYGUN	UYGUN		
85	-699.75	I100	Basınç	10.6	88	88	4.01	1.07	22	82	82	1.9	0.13	1.44	UYGUN	UYGUN		
86	-699.75	I100	Basınç	10.6	73.5	73.5	4.01	1.07	18	69	69	1.62	0.11	1.44	UYGUN	UYGUN		
87	-1,942.87	I100	Basınç	10.6	90.7	90.7	4.01	1.07	23	85	85	1.96	0.36	1.44	UYGUN	UYGUN		
88	-1,942.87	I100	Basınç	10.6	77.9	77.9	4.01	1.07	19	73	73	1.7	0.31	1.44	UYGUN	UYGUN		
89	-2,828.61	I100	Basınç	10.6	94	94	4.01	1.07	23	88	88	2.03	0.54	1.44	UYGUN	UYGUN		
90	-2,828.61	I100	Basınç	10.6	82.4	82.4	4.01	1.07	21	77	77	1.79	0.48	1.44	UYGUN	UYGUN		
91	-3,520.42	I100	Basınç	10.6	98	98	4.01	1.07	24	92	92	2.15	0.71	1.44	UYGUN	UYGUN		
92	-3,520.42	I100	Basınç	10.6	87.2	87.2	4.01	1.07	22	81	81	1.88	0.62	1.44	UYGUN	UYGUN		
93	-4,098.22	I100	Basınç	10.6	102.3	102.3	4.01	1.07	26	96	96	2.26	0.87	1.44	UYGUN	UYGUN		
94	-4,098.22	I100	Basınç	10.6	92.2	92.2	4.01	1.07	23	86	86	1.99	0.77	1.44	UYGUN	UYGUN		
95	-4,623.50	I100	Basınç	10.6	107	107	4.01	1.07	27	100	100	2.45	1.07	1.44	UYGUN	UYGUN		
96	-4,623.50	I100	Basınç	10.6	97.4	97.4	4.01	1.07	24	91	91	2.13	0.93	1.44	UYGUN	UYGUN		
97	-4,975.17	I100	Basınç	10.6	112.1	112.1	4.01	1.07	28	105	105	2.63	1.23	1.44	UYGUN	UYGUN		
98	-4,975.17	I100	Basınç	10.6	102.8	102.8	4.01	1.07	26	96	96	2.29	1.07	1.44	UYGUN	UYGUN		
99	-6,276.44	I100	Basınç	10.6	117.4	117.4	4.01	1.07	29	110	110	2.88	1.71	1.44	UYGUN DEĞİL	UYGUN		
100	-6,276.44	I100	Basınç	10.6	108.4	108.4	4.01	1.07	27	101	101	2.48	1.47	1.44	UYGUN DEĞİL	UYGUN		

Tablo 10. Ek profillerle güçlendirme sonrası kesit kontrolü.

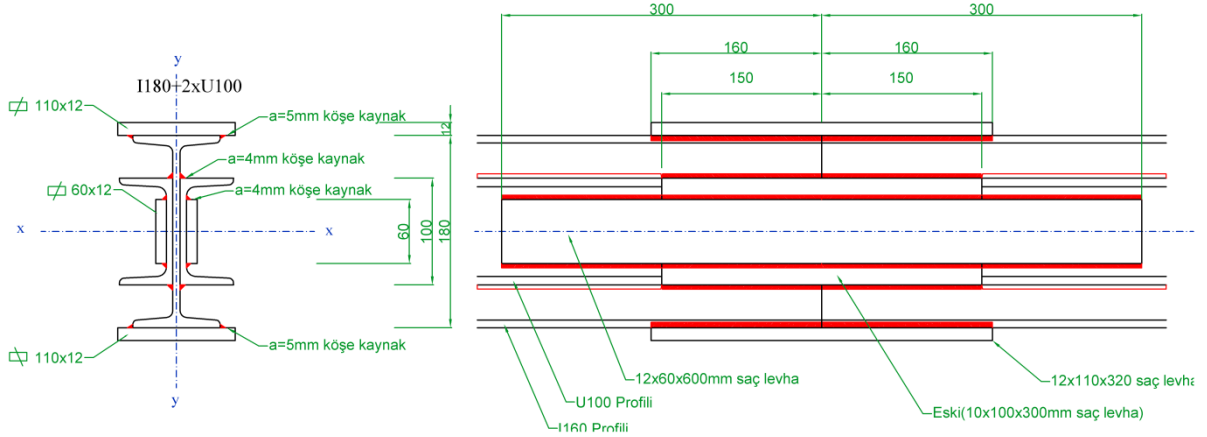
KESİT KONTROLÜ																		
Tür	No:	S _{max} "H" Yük.	Kesit Kaynaklı	Çubuk Türü	Kesit Alanı		Burkulma Boyu		Atalet Yarıçapı		Narinlik			Burkulma Katsayısı	Gerilme	Emniyet Gerimesi	Gerilme Kontrolü	Narinlik Kontrolü
					F ₁ (m ²)	S _{xx} (cm)	S _{yy} (cm)	i _x (cm)	i _y (cm)	λ _x	λ _y	λ _{max}	ω	σ (t/cm ²)	σ _{em} (t/cm ²)			
Alt Başlık	1	12,424.01	I160+2xU65	Çekme	40.86	140	140	5.07	1.83	28	77	77	1	0.30	1.44	UYGUN	UYGUN	
	2	29,793.84		Çekme	40.86	144	144	5.07	1.83	28	79	79	1	0.73	1.44	UYGUN	UYGUN	
	3	35,928.53		Çekme	40.86	144	144	5.07	1.83	28	79	79	1	0.88	1.44	UYGUN	UYGUN	
	4	36,869.63		Çekme	40.86	144	144	5.07	1.83	28	79	79	1	0.90	1.44	UYGUN	UYGUN	
	5	35,054.63		Çekme	40.86	144	144	5.07	1.83	28	79	79	1	0.86	1.44	UYGUN	UYGUN	
	6	31,596.48		Çekme	40.86	144	144	5.07	1.83	28	79	79	1	0.77	1.44	UYGUN	UYGUN	
	7	27,078.83		Çekme	40.86	144	144	5.07	1.83	28	79	79	1	0.66	1.44	UYGUN	UYGUN	
	8	21,836.70		Çekme	40.86	144	144	5.07	1.83	28	79	79	1	0.53	1.44	UYGUN	UYGUN	
	9	16,090.19		Çekme	40.86	144	144	5.07	1.83	28	79	79	1	0.39	1.44	UYGUN	UYGUN	
	10	9,874.83		Çekme	40.86	144	144	5.07	1.83	28	79	79	1	0.24	1.44	UYGUN	UYGUN	
	11	4,001.66		Çekme	40.86	144	144	5.07	1.83	28	79	79	1	0.10	1.44	UYGUN	UYGUN	
Üst Başlık	14	-12,694.61	I180+2xU80	Basinç	49.9	141	141	5.77	1.96	24	72	72	1.5	0.38	1.44	UYGUN	UYGUN	
	15	-29,899.03		Basinç	49.9	145	145	5.77	1.96	25	74	74	1.53	0.92	1.44	UYGUN	UYGUN	
	16	-35,842.47		Basinç	49.9	145	145	5.77	1.96	25	74	74	1.53	1.10	1.44	UYGUN	UYGUN	
	17	-36,658.80		Basinç	49.9	145	145	5.77	1.96	25	74	74	1.53	1.12	1.44	UYGUN	UYGUN	
	18	-34,758.48		Basinç	49.9	145	145	5.77	1.96	25	74	74	1.53	1.07	1.44	UYGUN	UYGUN	
	19	-31,241.60		Basinç	49.9	145	145	5.77	1.96	25	74	74	1.53	0.96	1.44	UYGUN	UYGUN	
	20	-26,682.87		Basinç	49.9	145	145	5.77	1.96	25	74	74	1.53	0.82	1.44	UYGUN	UYGUN	
	21	-21,413.70		Basinç	49.9	145	145	5.77	1.96	25	74	74	1.53	0.66	1.44	UYGUN	UYGUN	
	22	-15,624.95		Basinç	49.9	145	145	5.77	1.96	25	74	74	1.53	0.48	1.44	UYGUN	UYGUN	
	23	-9,549.05		Basinç	49.9	145	145	5.77	1.96	25	74	74	1.53	0.29	1.44	UYGUN	UYGUN	
	24	-2,553.03		Basinç	49.9	145	145	5.77	1.96	25	74	74	1.53	0.08	1.44	UYGUN	UYGUN	
Dikme	25	-5,589.88	I100	Basinç	10.6	30	30	4.01	1.07	7	28	28	1.08	0.57	1.44	UYGUN	UYGUN	
	26	-769.74	I100	Basinç	10.6	44.4	44.4	4.01	1.07	11	41	41	1.18	0.09	1.44	UYGUN	UYGUN	
	27	-718.75	I100	Basinç	10.6	58.8	58.8	4.01	1.07	15	55	55	1.31	0.09	1.44	UYGUN	UYGUN	
	28	-619.14	I100	Basinç	10.6	73.2	73.2	4.01	1.07	18	68	68	1.45	0.08	1.44	UYGUN	UYGUN	
	29	-526.70	I100	Basinç	10.6	87.6	87.6	4.01	1.07	22	82	82	1.64	0.08	1.44	UYGUN	UYGUN	
	30	-443.86	I100	Basinç	10.6	102	102	4.01	1.07	25	95	95	1.86	0.08	1.44	UYGUN	UYGUN	
	31	-371.93	I100	Basinç	10.6	116.4	116.4	4.01	1.07	29	109	109	2.18	0.08	1.44	UYGUN	UYGUN	
	32	-312.10	I100	Basinç	10.6	130.8	130.8	4.01	1.07	33	122	122	2.59	0.08	1.44	UYGUN	UYGUN	
	33	-251.32	I100	Basinç	10.6	145.2	145.2	4.01	1.07	36	136	136	3.21	0.08	1.44	UYGUN	UYGUN	
	34	-293.39	I100	Basinç	10.6	159.6	159.6	4.01	1.07	40	149	149	3.86	0.11	1.44	UYGUN	UYGUN	
	35	370.22	I100	Çekme	10.6	174	174	4.01	1.07	43	163	163	1	0.03	1.44	UYGUN	UYGUN	
Diyagonal	36	-3,861.61	I100+U60	Basinç	17.06	188.4	188.4	3.44	1.19	55	158	158	4.34	0.98	1.44	UYGUN	UYGUN	
	12	-13,033.85	I100+2xU60	Basinç	23.52	59.2	146.8	3.15	1.27	19	116	116	2.38	1.32	1.44	UYGUN	UYGUN	
	58	-13,033.85	I100+2xU60	Basinç	23.52	87.6	146.8	3.15	1.27	28	116	116	2.38	1.32	1.44	UYGUN	UYGUN	
	59	12,914.66	I100	Çekme	10.6	85.4	85.4	4.01	1.07	21	80	80	1	1.22	1.44	UYGUN	UYGUN	
	60	12,914.66	I100	Çekme	10.6	57.7	57.7	4.01	1.07	14	54	54	1	1.22	1.44	UYGUN	UYGUN	
	61	-5,121.93	I100+U60	Basinç	17.06	66.9	155.5	3.44	1.19	19	131	131	2.98	0.89	1.44	UYGUN	UYGUN	
	62	-5,121.93	I100+U60	Basinç	17.06	88.6	155.5	3.44	1.19	26	131	131	2.98	0.89	1.44	UYGUN	UYGUN	
	63	-1,610.94	I100	Basinç	10.6	72	161.6	4.01	1.07	18	151	151	3.96	0.60	1.44	UYGUN	UYGUN	
	64	-1,610.94	I100	Basinç	10.6	89.6	161.6	4.01	1.07	22	151	151	3.96	0.60	1.44	UYGUN	UYGUN	
	65	270.41	I100	Çekme	10.6	76.7	168.5	4.01	1.07	19	157	157	1	0.03	1.44	UYGUN	UYGUN	
	66	270.41	I100	Çekme	10.6	91.8	168.5	4.01	1.07	23	157	157	1	0.03	1.44	UYGUN	UYGUN	
	67	1,459.79	I100	Çekme	10.6	81.5	176.4	4.01	1.07	20	165	165	1	0.14	1.44	UYGUN	UYGUN	
	68	1,459.79	I100	Çekme	10.6	94.9	176.4	4.01	1.07	24	165	165	1	0.14	1.44	UYGUN	UYGUN	
	69	2,312.32	I100	Çekme	10.6	86.5	185.2	4.01	1.07	22	173	173	1	0.22	1.44	UYGUN	UYGUN	
	70	2,312.32	I100	Çekme	10.6	98.7	185.2	4.01	1.07	25	173	173	1	0.22	1.44	UYGUN	UYGUN	
	71	2,984.85	I100	Çekme	10.6	91.6	194.5	4.01	1.07	23	182	182	1	0.28	1.44	UYGUN	UYGUN	
	72	2,984.85	I100	Çekme	10.6	102.9	194.5	4.01	1.07	26	182	182	1	0.28	1.44	UYGUN	UYGUN	
	73	3,556.41	I100	Çekme	10.6	96.9	204.5	4.01	1.07	24	191	191	1	0.34	1.44	UYGUN	UYGUN	
	74	3,556.41	I100	Çekme	10.6	107.6	204.5	4.01	1.07	27	191	191	1	0.34	1.44	UYGUN	UYGUN	
	75	4,049.81	I100	Çekme	10.6	102.4	215	4.01	1.07	26	201	201	1	0.38	1.44	UYGUN	UYGUN	
	76	4,049.81	I100	Çekme	10.6	112.6	215	4.01	1.07	28	201	201	1	0.38	1.44	UYGUN	UYGUN	
	77	4,642.09	I100	Çekme	10.6	108	225.8	4.01	1.07	27	211	211	1	0.44	1.44	UYGUN	UYGUN	
	78	4,642.09	I100	Çekme	10.6	117.8	225.8	4.01	1.07	29	211	211	1	0.44	1.44	UYGUN	UYGUN	
	79	4,183.31	I100	Çekme	10.6	113.8	237.1	4.01	1.07	28	222	222	1	0.39	1.44	UYGUN	UYGUN	
	80	4,183.31	I100	Çekme	10.6	123.3	237.1	4.01	1.07	31	222	222	1	0.39	1.44	UYGUN	UYGUN	
	81	4,916.92	I100	Çekme	10.6	85.9	85.9	4.01	1.07	21	80	80	1	0.46	1.44	UYGUN	UYGUN	
	82	4,916.92	I100	Çekme	10.6	64.8	64.8	4.01	1.07	16	61	61	1	0.46	1.44	UYGUN	UYGUN	
	83	1,266.06	I100	Çekme	10.6	86.2	86.2	4.01	1.07	21	81	81	1	0.12	1.44	UYGUN	UYGUN	
	84	1,266.06	I100	Çekme	10.6	69.3	69.3	4.01	1.07	17	65	65	1	0.12	1.44	UYGUN	UYGUN	
	85	-699.75	I100	Basinç	10.6	88	88	4.01	1.07	22	82	82	1.9	0.13	1.44	UYGUN	UYGUN	
	86	-699.75	I100	Basinç	10.6	73.5	73.5	4.01	1.07	18	69	69	1.62	0.11	1.44	UYGUN	UYGUN	
	87	-1,942.87	I100	Basinç	10.6	90.7	90.7	4.01	1.07	23	85	85	1.96	0.36	1.44	UYGUN	UYGUN	
	88	-1,942.87	I100	Basinç	10.6	77.9	77.9	4.01	1.07	19	73	73	1.7	0.31	1.44	UYGUN	UYGUN	
	89	-2,828.61	I100	Basinç	10.6	94	94	4.01	1.07	23	88	88	2.03	0.54	1.44	UYGUN	UYGUN	
	90	-2,828.61	I100	Basinç	10.6	82.4	82.4	4.01	1.07	21	77	77	1.79	0.48	1.44	UYGUN	UYGUN	
	91	-3,520.42	I100	Basinç	10.6	98	98	4.01	1.07	24	92	92	2.15	0.71	1.44	UYGUN	UYGUN	
	92	-3,520.42	I100	Basinç	10.6	87.2	87.2	4.01	1.07	22	81	81	1.88	0.62	1.44	UYGUN	UYGUN	
	93	-4,098.22	I100	Basinç	10.6	102.3	102.3	4.01	1.07	26	96	96	2.26	0.87	1.44	UYGUN	UYGUN	
	94	-4,098.22	I100	Basinç	10.6	92.2	92.2	4.01	1.07	23	86	86	1.99	0.77	1.44	UYGUN	UYGUN	
	95	-4,623.50	I100	Basinç	10.6	107	107	4.01	1.07	27	100	100	2.45	1.07	1.44	UYGUN	UYGUN	
96	-4,623.50	I100	Basinç	10.6	97.4	97.4	4.01	1.07	24	91	91	2.13	0.93	1.44	UYGUN	UYGUN		
97	-4,975.17	I100	Basinç	10.6	112.1	112.1	4.01	1.07	28	105	105	2.63	1.23	1.44	UYGUN	UYGUN		
98	-4,975.17	I100	Basinç	10.6	102.8	102.8	4.01	1.07	26	96	96	2.29	1.07	1.44	UYGUN	UYGUN		
99	-6,276.44	I120	Basinç	14.2	117.4	117.4	4.81	1.23	24	95	95	1.86	0.82	1.44	UYGUN	UYGUN		
100	-6,276.44	I120	Basinç	14.2	108.4	108.4	4.81	1.23	23	88	88	1.74	0.77	1.44	UYGUN	UYGUN		



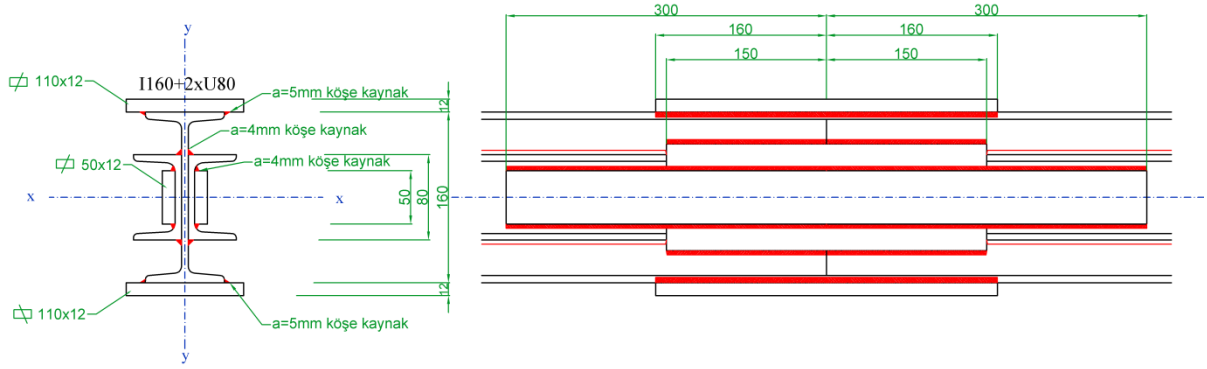
Şekil 5. Güçlendirilmiş çubuk kesitleri

5.2. Ek Yeri Teşkili

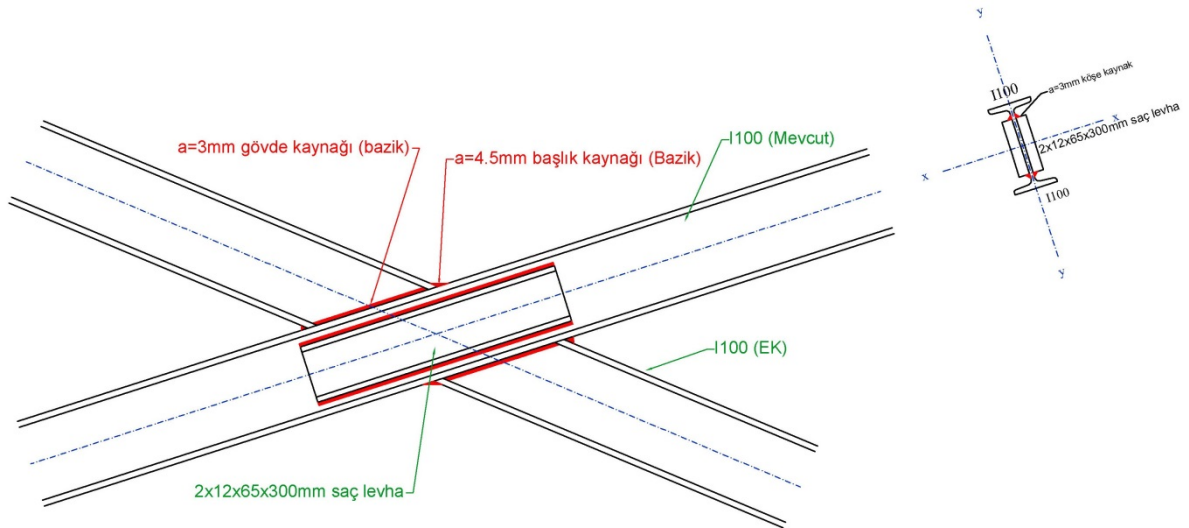
U profillerinin I profiller üzerine oturtulacağından eski ek yerlerindeki levhalar üzerine U profillerin oturtulamayacağından önceki ve yeni ek birleşimleri üst üste çakışabilir. Bu durumda ek teşkili Şekil 6 ve 7 'de gösterildiği yapılmalıdır. Birleşimde önce U profilleri eski ek levhalarına yanaştırılarak küt kaynak dikişleriyle kaynaklanmalı, daha sonra ise şekildeki gibi gövde ve başlık ek levhalarıyla kaynaklanmalıdır.



Şekil 6. Üst başlık ek birleşimi teşkili



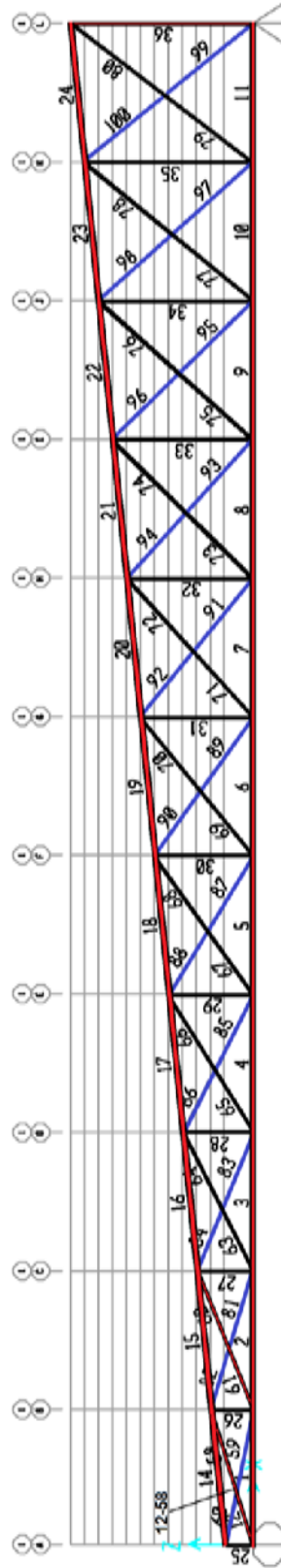
Şekil 7. Alt başlık ek birleşimi teşkili



Şekil 8. Diyagonallerin düğüm noktası teşkili

Tablo 11. Güçlendirme sonrası uygulanacak profil kesitleri

ÇUBUK		Önceki Kesit	Yeni Kesit			
Tür	No:	Kaynaklı	Kaynaklı			
Alt Başlık	1	I160	I160+2xU80			
	2					
	3					
	4					
	5					
	6					
	7					
	8					
	9					
	10					
	11					
Üst Başlık	14	I180	I180+2xU100			
	15					
	16					
	17					
	18					
	19					
	20					
	21					
	22					
	23					
	24					
	Dikme			25	I100	I100
				26	I100	I100
27		I100	I100			
28		I100	I100			
29		I100	I100			
30		I100	I100			
31		I100	I100			
32		I100	I100			
33		I100	I100			
34		I100	I100			
35		I100	I100			
36		I100	I100+U65			
12-58		I100	I100+2xU65			
Diyagonal		59	I100	I100		
		60	I100	I100		
		61-62	I100	I100+U65		
		63-64	I100	I100		
		65-66	I100	I100		
		67-68	I100	I100		
	69-70	I100	I100			
	73-74	I100	I100			
	75-76	I100	I100			
	77-78	I100	I100			
	79-80	I100	I100			
	80	Yok	I100			
	81	Yok	I100			
	82	Yok	I100			
	83	Yok	I100			
	84	Yok	I100			
	85	Yok	I100			
	86	Yok	I100			
	87	Yok	I100			
	88	Yok	I100			
	89	Yok	I100			
	90	Yok	I100			
	91	Yok	I100			
	92	Yok	I100			
	93	Yok	I100			
	94	Yok	I100			
	95	Yok	I100			
	96	Yok	I100			
	97	Yok	I100			
	98	Yok	I100			
	99	Yok	I120			
	100	Yok	I120			



6. Sonuçlar

Bu çalışmada, Türkiye'nin en fazla kar yağışı alan bir bölgede bulunan ve spor salonu olarak kullanılan çelik kafes çatı sistemi değerlendirilmiştir. Çalışmada bölgedeki kar yükünün önemi görülmekte ve hatta bu konuyla ilgili mevcut standartların bu bölge için yetersiz kaldığı da görülmüştür. Bölgedeki kar yüküyle ilgili ayrıca detaylı bir çalışmaya ihtiyaç vardır. Yapı ile ilgili proje ve yerinde yapılan ölçümler sonucu, proje üzerinde verilen kesit boyutları ile mevcut kesit boyutları karşılaştırılmış ve kesit alanları ile profillerin projesine uygun olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Uygun olmayan profiller ve kesit boyutları için güçlendirme yapılması için gerekli işlemler yapılmıştır. Güçlendirme işlemi yapılırken çelik elemanlar ile güçlendirme yapılması önerilmiştir. Böylelikle yapı için projesinde öngörülen kesit alanlarına ve istenilen güvenlik düzeyine çıkması sağlanmıştır. Çalışmaya konu olan çelik yapı için güçlendirme esasları ve imalat esnasında dikkat edilecek unsurlar belirtilmiştir. Bu çalışma, çelik yapıların güçlendirilmesi konusunda yapılacak çalışmalara katkı sağlayacaktır.

Kaynaklar

1. Bayülke N. 1995. *Depremlerde Hasar Gören Yapıların Onarım ve Güçlendirilmesi*, İMO yayınları, İzmir.
2. Celep Z., Kumbasar N. 2004. *Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı*, İstanbul, Beta Dağıtım.
3. TDY. 2007. *Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Esaslar*, T.C. Bayındırlık ve İskân Bakanlığı Deprem Araştırma Enstitüsü Başkanlığı, Ankara.
4. İnternet adresi: <http://web.iku.edu.tr/~ecoskun/Guclendirme.pdf>, Erişim tarihi 28.10.2013
5. Doğangün A. 2012. *Betonarme yapıların hesap ve tasarımı*, 8. Baskı, Birsen Yayınevi, 864 sayfa.
6. TS 498. 1997. *Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri*, Türk Standartları Enstitüsü (TSE) Yayını.
7. Işık E., Özlük M.H. 2012. Natural Disasters Analysis of Bitlis Province and Suggestions, 3rd International Science Technology and Engineering Conference (ISTE-C 2012), December, Dubai, Unites Arab Emirates.
8. TS 648. 1980. *Çelik Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları*, Türk Standartları Enstitüsü (TSE).
9. Zhao X.L., Zhang L. 2007. State-of-the-art review on FRP strengthened steel structures, *Engineering Structures* 29 (2007):1808–1823.