

**MEVCUT BİR YAPININ YENİ ÇELİK
YAPILAR VE DEPREM
YÖNETMELİĞİ AÇISINDAN
İNCELENMESİ**

&

GÜÇLENDİRME ÖNERİLERİ

İnşaat Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi
Mayıs 2017

GİRİŞ

2

- ❖ Bilindiği üzere yurdumuzda Çelik Yapıların Tasarımı ve Uygulamaları 1940-1980 arasında DIN normlarına (DIN 4114, DIN 120, DIN 4132, DIN 18800 v.s) göre yapılmış; 1980 yılından itibaren bu konuda yapılan çalışma ve araştırmalar sonucunda TS 648, TS 498, TS 4150 şartnameleri yürürlüğe girerek çelik yapı tasarımı yapan mühendislerin kullanımına sunulmuştur.

GİRİŞ

3

- ❖ 1990 yılından itibaren Bayındırlık ve İskan Bakanlığı EUROCODE'ları kabul ettiğini belirterek bunların önemli olanlarının sırayla Türkçe tercümelerini yaptırarak tasarım ve uygulama mühendislerinin kullanımına sunmuştur.
- ❖ Örnek olarak;
 - TS EN 1090-1 : 2011 Çelik Yapı Uygulamaları
 - TS EN 1090-2 : 2011 Çelik ve Alüminyum Yapı Uygulamaları
 - TS EN 1991-1-3 : 2009 Yapılar Üzerindeki Etkiler Bölüm 1-3; Genel Etkiler, **Kar Yükleri**
 - TS EN 1991-1-4 : 2005 Yapılar Üzerindeki Etkiler Bölüm 1-3; Genel Etkiler, **Rüzgar Etkileri**

GİRİŞ

4

- ❖ Ancak 2016 yılından itibaren Dünyanın diğer ülkelerinde yapılan çalışma ve araştırmalara paralel olarak Sınır Durum Tasarım esaslarını da içeren “Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapım Esasları” yönetmeliği yürürlüğe girerek uyulması gereken mecburi standart olarak resmi gazetede yayınlanmıştır.
- ❖ Şartnameyi hazırlayan hocalarımız tarafından geçtiğimiz aylarda “Uygulama Kılavuzu” yayınlanmıştır.
 - ❖ Çevre ve Şehircilik Bakanlığı:
<https://www.csb.gov.tr/db/meslekihizmetler/editor dosya/%C3%83%E2%80%A1elik%20Yap%C3%84%C2%B1lar%C3%84%C2%B1n%20Tasar%C3%84%C2%B1m%20Hesap%20ve%20Yap%C3%84%C2%B1m%20Esaslar%C3%84%C2%B1na%20Dair%20Y%C3%83%C2%B6netmelik%20Hak%C3%84%C2%B1nda%20Uygulama%20K%C3%84%C2%B1lavuzu.pdf>

GİRİŞ

5

- ❖ Türkiye’de bu yönetmelikten evvel tasarımı yapıp inşa edilmiş bir çok çelik yapı stoku mevcuttur. Bu sunumda bu tarz mevcut çelik yapıların zorunlu olan bu yeni *Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapım Esasları* ile 2007 yılı *Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY-2007)* şartlarına uygun olarak incelenmesi ve güçlendirilme önerileri ile ilgili birkaç örnek sunulacaktır.

Yapılması Gereken Kontroller

6

- ❖ Bu tür yapıların yürürlükteki Çelik Yapıların Tasarımı ve mevcut 2007 yılı deprem yönetmeliğine uygunluk kontrolü için yapılması gereken işler aşağıda sıralanmıştır:
 - Yapıya ait mevcut projelerin olup olmadığının araştırılması
 - Temin edilen projelerin yerinde yapılmış imalat ile uyumlu olup olmadığının kontrolü
 - Projelerden farklı olarak imal edilip montajı tamamlanan bölümlerin yerinde rölevesi alınarak; taşıyıcı sistem modelinin bu uygulanmış kesitler kullanılarak yapılması

Yapılması Gereken Kontroller

7

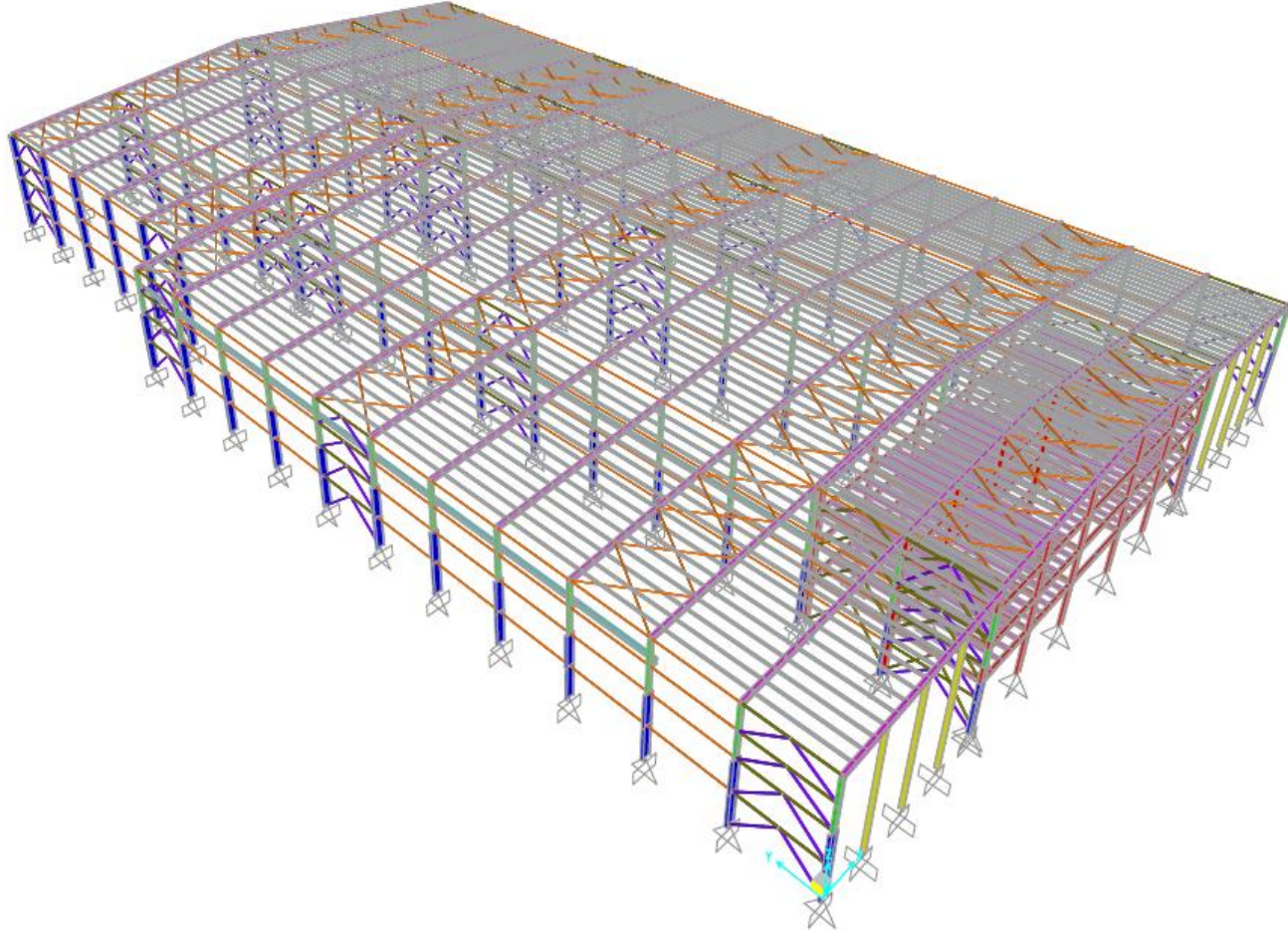
- İşverenin de onaylayacağı Üçüncü bir gözetim firmasına, yerinde yapılan incelemeler sonucu yerleri saptanan Moment Çerçeve Köşeleri bulon ve kaynaklarının kontrolü, kolon ve kiriş montaj ekleri civataları, boyuna çaprazların kolonlarla bağlantı civataları, basit kiriş ve aşıkların bağlantılarından alınan civatalardan örnekler alınarak, bunların normlarının ve malzeme kalitelerinin tespiti.(Bkz. Ek-1)

Ek-1

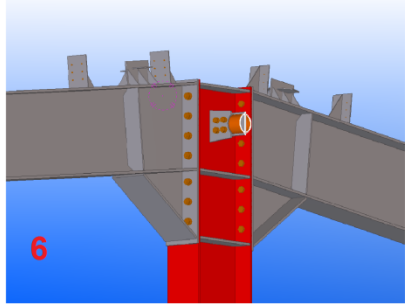
Yapı-1

8

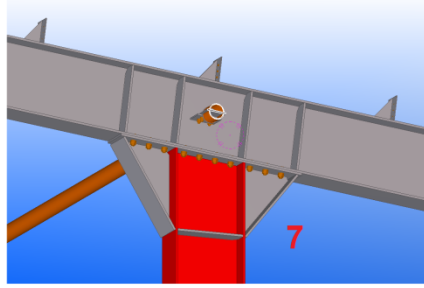
Mevcut Durum:



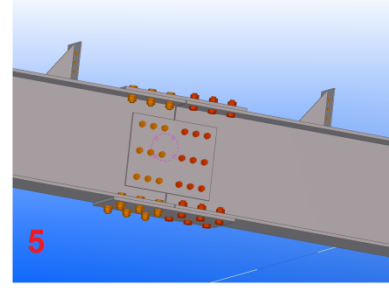
Numune Alınacak Yerlerin Gösterimi:



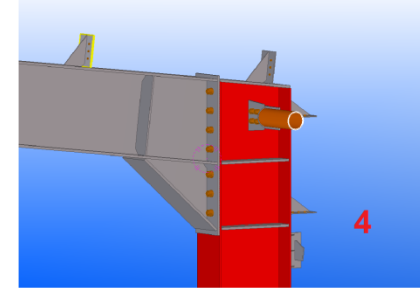
3 farklı çerçeveden 2'şer adet
Toplamda 6 adet.



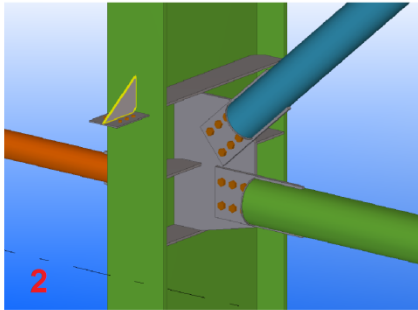
3 farklı çerçeveden 2'şer adet
Toplamda 6 adet.



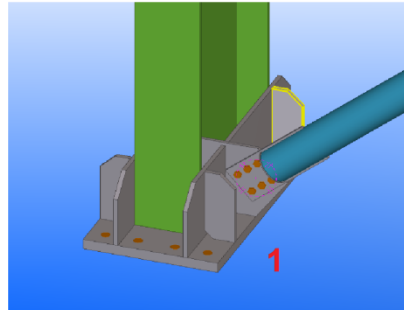
3 farklı çerçevede gövdeden 2 adet
flanşdan 2 adet olmak üzere toplam
12 adet.



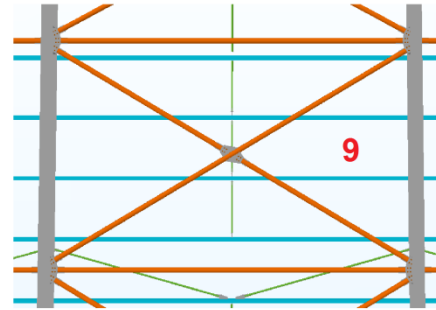
3 farklı çerçeveden 2'şer adet
Toplamda 6 adet.



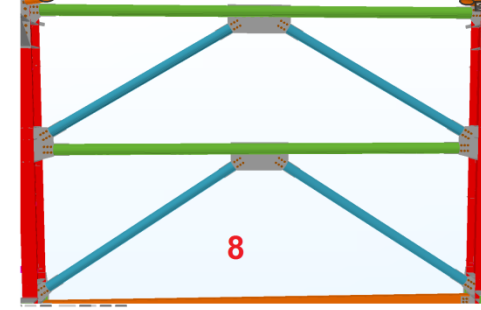
2 farklı düğüm noktasından her elemandan 1'er
adet
Toplamda 4 adet.



2 farklı çaprazdan 2'şer adet
Toplamda 4 adet



2 farklı çaprazdan 2'şer adet
Toplamda 4 adet



2 farklı düğüm noktasından her elemandan 1'er
adet
Toplamda 4 adet.



S&Q MARMAR
SAFETY & QUALITY

Cıvata Malzeme Kalitesi ve Normlarının Tespiti:

SEZA Mühendislik tarafından tespit edilen, moment aktaran cıvata-somun bağlantılarının mukavemet ve sertlik değerleri, yapılan testlerle aşağıdaki şekilde tespit edilmiştir.

NUMUNE TANIMI	Parça No.	Akma Sınırı, MPa	Çekme Mukav., MPa	Kopma Uzaması, %	Sertlik Değeri	Not
Sınır Değerler, EN 898-1 Kalite 8.8 ≤ M16		min. 660	min. 830	min % 12	min. 23 HRC max. 34 HRC min. 233 HV max. 353 HV	
M20 x 60 mm Somunlu Cıvata, Kalite: 8.8 Marka: 1	1	725	868	9,9	186 HV*)	Uzama ve sertlik değerleri düşük
	2	692	862	10,6	191 HV*)	Uzama ve sertlik değerleri düşük
	3	837	935	10,7	197 HV*)	Uzama ve sertlik değerleri düşük
	4	720	869	9,9	183 HV*)	Uzama ve sertlik değerleri düşük
	5	-	-	-	190 HV*)	Uzama ve sertlik değerleri düşük
M20 x 60 mm Somunlu Cıvata, Kalite: 8.8 Marka: 2	1	761	901	11,1	-	Uzama değerleri düşük
	2	754	873	10,0	-	Uzama değerleri düşük
	3	754	888	10,0	-	Uzama değerleri düşük
	4	760	894	9,5	-	Uzama değerleri düşük

Cıvata Malzeme Kalitesi ve Normlarının Tespiti:



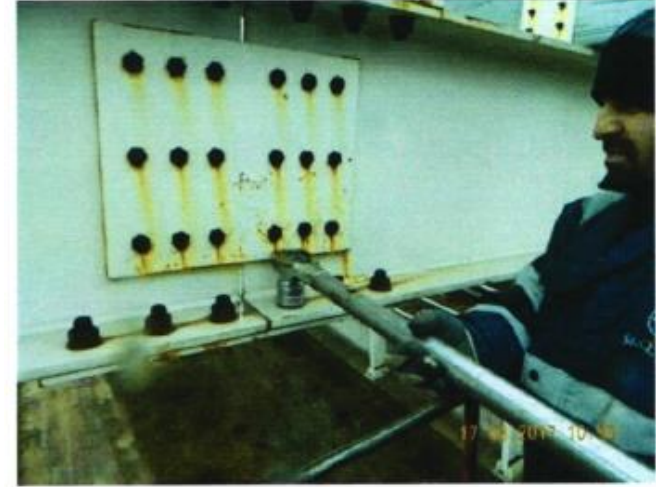
Kalite: 8.8 Marka: 6	4	760	913	11,7	31,7 HRC	Uzama değerleri düşük
	5	720	855	11,3	28,6 HRC	Uzama değerleri düşük
M24 x 65 mm Somunlu Cıvata, Kalite: 8.8 Marka: 7	1	765	861	11,3	28,2 HRC	Uzama değerleri düşük
	2	780	887	11,9	30,0 HRC	Uzama değerleri düşük
	3	809	881	12,1	27,0 HRC	
	4	802	881	12,0	26,3 HRC	
	5	782	877	10,8	30,1 HRC	Uzama değerleri düşük
M20 x 60 mm Somunlu Cıvata, Kalite: 8.8 Marka: 8	1	753	893	11,0	-	Uzama değerleri düşük
	2	776	905	10,9	-	Uzama değerleri düşük
	3	662	812	10,6	-	Uzama değeri ve çekme mukav. düşük
	4	699	857	10,6	-	Uzama değerleri düşük
M16 x 50 mm Somunlu Cıvata, Kalite: 8.8 Marka: 9	1	884	918	9,4	-	Uzama değerleri düşük
	2	829	863	9,9	-	Uzama değerleri düşük
	3	827	862	9,8	-	Uzama değerleri düşük
	4	858	893	9,7	-	Uzama değerleri düşük
	5	816	868	9,9	-	Uzama değerleri düşük
*) Sertlik değerleri somunlardan alınmıştır.						

Ek-1

Yapı-1

12

Tork
Kontrolü:



TABLO 13.6 – MİNİMUM BULON ÖNÇEKME KUVVETİ, (kN)*

Bulon	8.8	10.9
M16	88	110
M20	137	172
M22	170	212
M24	198	247
M27	257	321
M30	314	393
M36	458	572

*:Minimum önçekme kuvveti, bulonların minimum çekme kuvveti dayanımının %70 i olarak belirlenmektedir.

İnş. Yük. Müh. Sezai GÜVENSOY

Ek-1

Yapı-1

13

Çekme Deneyi:

Test Standardı Test Standard	TS EN ISO 6892 - 1 : 2016	İşleme Standardı Processing Standard	TS EN ISO 6892 - 1 : 2016	Değerlendirme Standardı Evaluation Standard	-					
Test Sonuçları (Test Results)										
Numune Test P. Nr	Kesit Alan Cross S. Area [So]	Lo	L1	Uzama Elong [A%]	Rp%0.2 [N/mm ²]	Fm [kN]	Rm [N/mm ²]	Kopma Bölgesi Rupture Zone	Kopama Sonrası Kesit Alanı [Su] After Fracture Area	Kesit Daralması Reduction of Area [Z %]
Numune No1 Test P.Nr	500,00 mm ² t : 20,00 mm	126,00	166,80	32,38	230	220,9	442	-	-	-
Numune No2 Test P.Nr	500,00 mm ² t : 20,00 mm	126,00	164,50	30,56	226	221,8	444	-	-	-
Numune No - Piece Nr - 01										
Notlar Notes	(*) Müşteri beyanıdır. (Customer declaration) Test sonuçları, sadece uygulanan numune için geçerlidir. (The test results are valid only for the applied samples)									

setim ve Danışın San. ve Tic. Ltd. Şti. • www.setim.com.tr • info@setim.com.tr • (0 216) 494 44 49

DT SERVICE

Ek-1

Yapı-1

14

Çekme Deneyi:

Test Standardı Test Standard	TS EN ISO 6892 - 1 : 2016	İşleme Standardı Processing Standard	TS EN ISO 6892 - 1 : 2016	Değerlendirme Standardı Evaluation Standard	-					
Test Sonuçları (Test Results)										
Numune Test P. Nr	Kesit Alan Cross S. Area [So]	Lo	L1	Uzama Elong [A%]	Rp%0.2 [N/mm ²]	Fm [kN]	Rm [N/mm ²]	Kopma Bölgesi Rupture Zone	Kopama Sonrası Kesit Alanı [Su] After Fracture Area	Kesit Daralması Reduction of Area [Z %]
Numune No1 Test P.Nr	500,00 mm ² t : 20,00 mm	126,00	164,30	30,40	216	215,9	432	-	-	-
Numune No2 Test P.Nr	500,00 mm ² t : 20,00 mm	126,00	164,10	30,24	219	219,2	438	-	-	-
Numune No - Piece Nr - 01										
Notlar Notes	(*) Müşteri beyanıdır. (Customer declaration) Test sonuçları, sadece uygulanan numune için geçerlidir. (The test results are valid only for the applied samples)									

etim ve Denetim San. ve Tic. Ltd. Şti. • www.eyv.com.tr • info@eyv.com.tr • (0 216) 464 44 49

Yapılması Gereken Kontroller

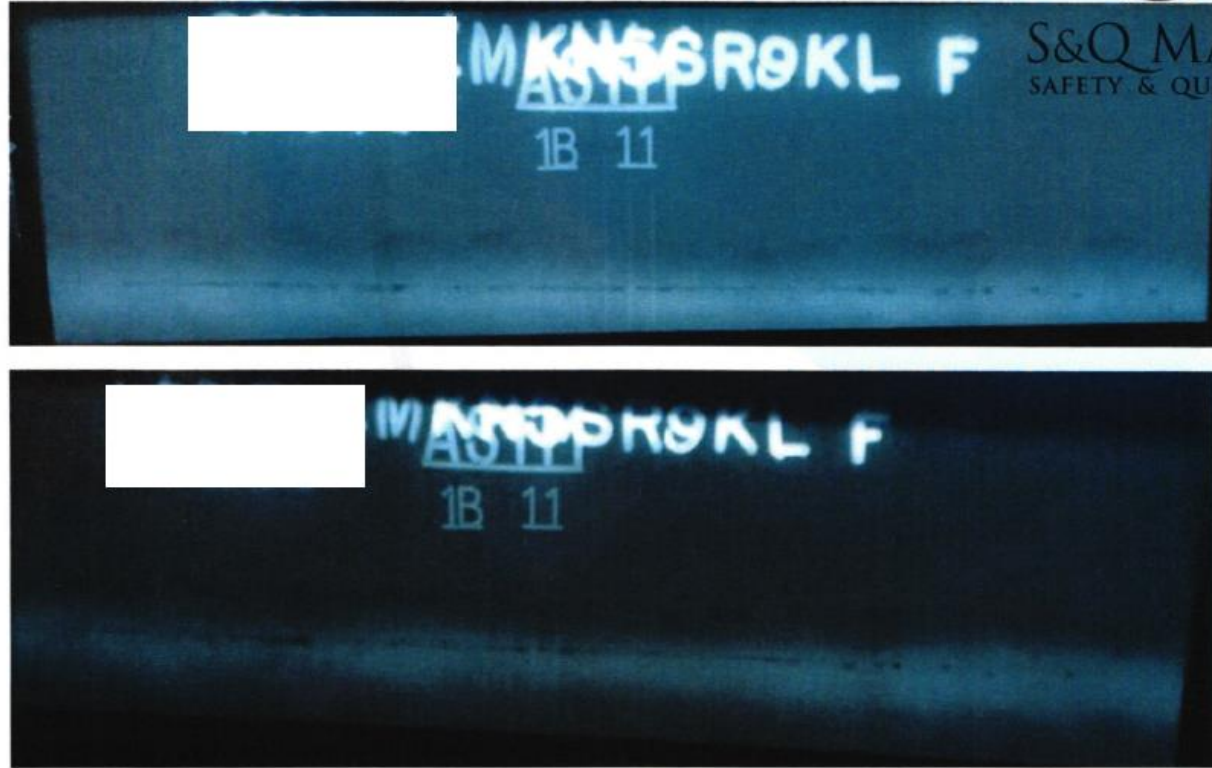
15

- Yine tasarım mühendisi olarak bizlerin belirli projeler üzerinde yerlerini tarif ettiği ve birkaç kolon taban plakası; Çerçeve alın levhaları küt kaynak kalınlıklarının saptanması, projeye uygun kaynak ağızı açılıp açılmadığının kontrolü ; kaynaklı boy eklerinin, cıvatalı çapraz bağlantı levhalarının kolonlara bağlantı kaynaklarının ultrasonik veya manyetik kontrollerinin yapılarak standartlara uygun olup olmadığının saptanması. (Bkz. Ek-2)



S&Q MART
SAFETY & QUALITY

Röntgen ile
Kaynak Dikişlerinin
Kontrolü:



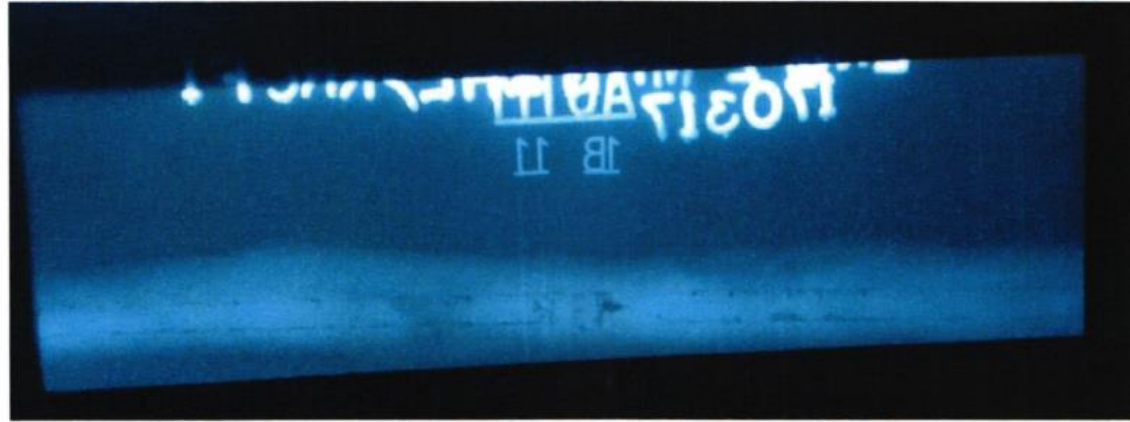
Nüfuziyet noksanlığı (incomplete penetration)

Ek-2

Yapı-1

17

Röntgen ile
Kaynak Dikişlerinin
Kontrolü:



+ Kök ve birleşim hataları (root defect)



Sıralı gözenekler (elongated porosity)

Ek-2

18

Kaynak Kalınlıklarının Kontrolü:



İnş. Yük. Müh. Sezai GÜVENSOY

Ek-2

Yapı-1

19

Boya Kalınlıklarının Ölçülmesi:



Boya Kalınlıkları ile İlgili Tablo:

Boyanacak Yüzey	Boya ve Satıh Hazırlama	Tabaka	Kuru Film Kal. (Mikron)
Tüm Çelik Konstrüksiyon Yapı Elemanları	Grit/Shot Blasting SA 2.5	Astar	25 µ
	Tanımlama A		
	Kaynak yerleri ve yanmış boya ların temizlenmesi ve yağdan arındırma	Astar	60 µ
	Tanımlama B		
	Astar tamiri ve yağdan arındırma	Sonkat	60 µ
	Tanımlama C		

Tanımlama Boya Cinsi

- A Epoxy Shop Primer
 B Antikoroziyif Astar Boya
 C Alkid Reçineli Son Kat Boya **RAL x x x x**

Yapılması Gereken Kontroller

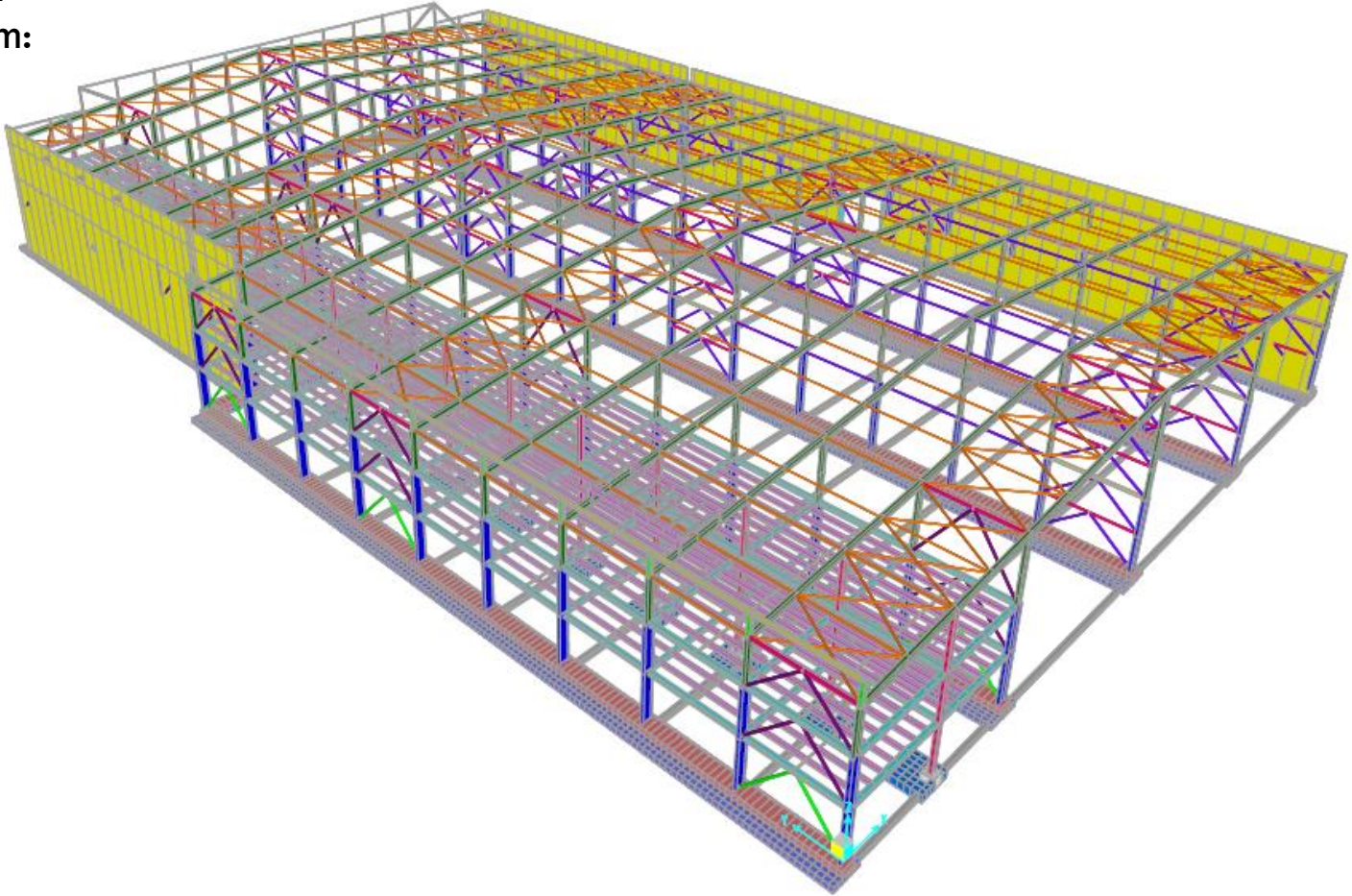
- Sistemin müşteri kullanım amaçlarına uygun yükler ve mimari projeler ile güncel şartnameler dikkate alınarak üç boyutlu taşıyıcı sistem modelinin hazırlanarak çözüm yapılması, kesiti yetersiz elemanların tespit edilerek, yerine yeni kesitler veya takviye elemanları konularak tekrar çözüm yapılması ve sonuçların bir rapor halinde sunulması. (Bkz. Ek-3)

Ek-3

Yapı-1

22

Yeni Mimariye
Uygun Durum:



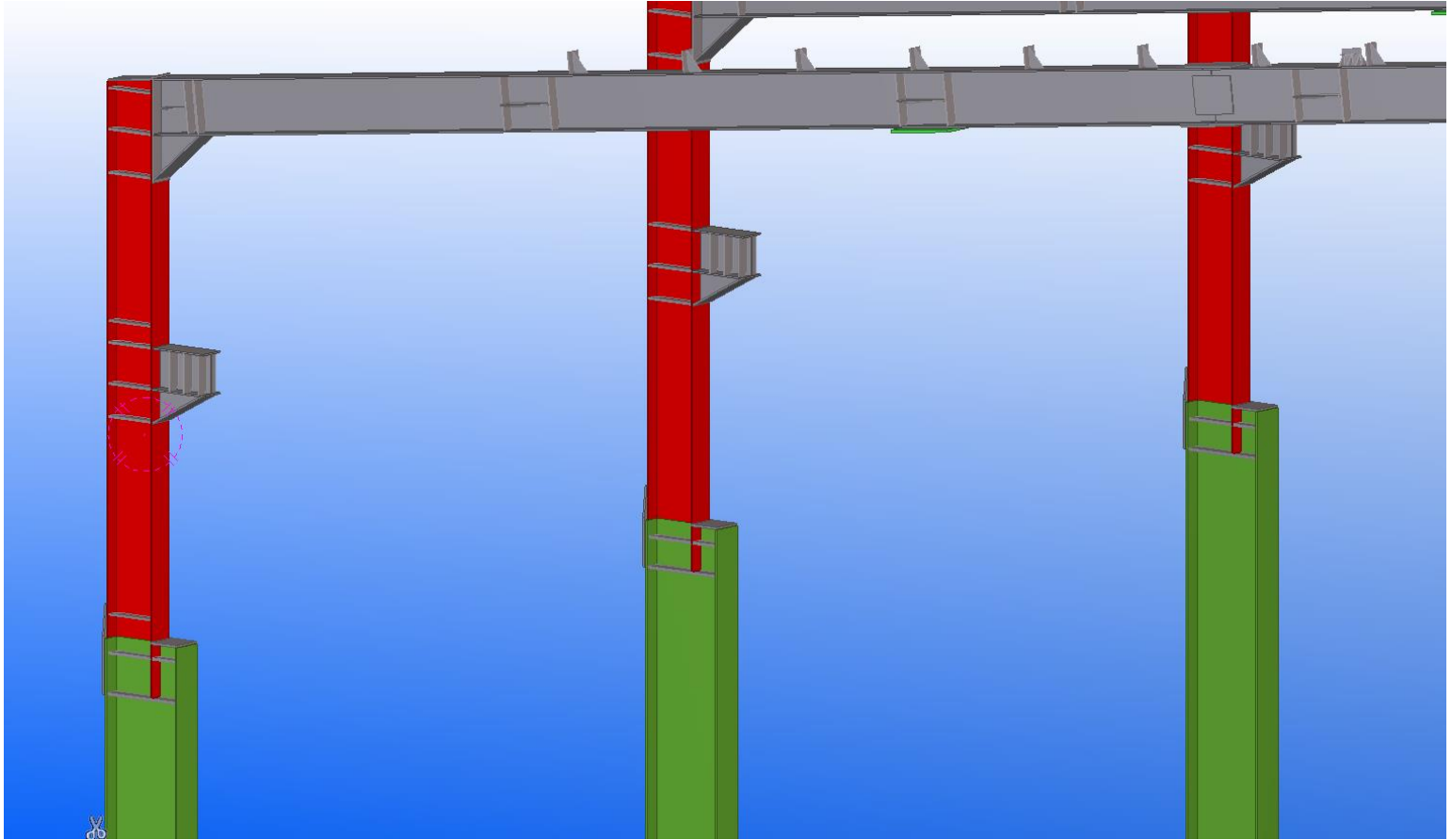
Ek-3

Yapı-1

23

İşveren tarafından iki adet ara kat yapılması istenmiştir.

Mevcut
kolonların
görünüşü:



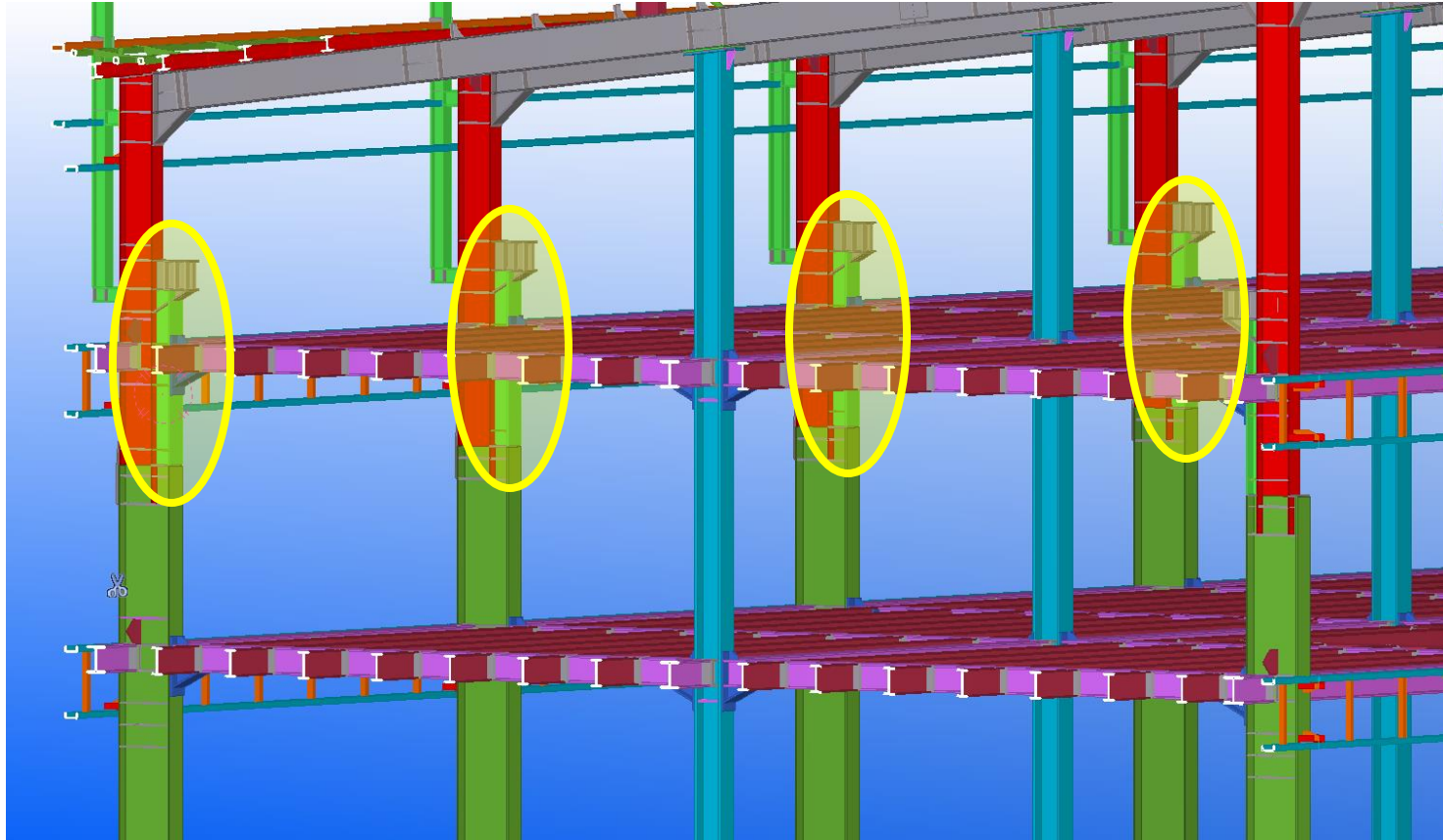
Ek-3

Yapı-1

24

Ara katlar eklendikten sonra kolonun kesitinin daraldığı süngü kısmında yetersizlik görülmüştür.

Hem kesit yetersizliği hem de sürekliliği sağlamak amacıyla resimde görünen güçlendirme yapılmıştır.



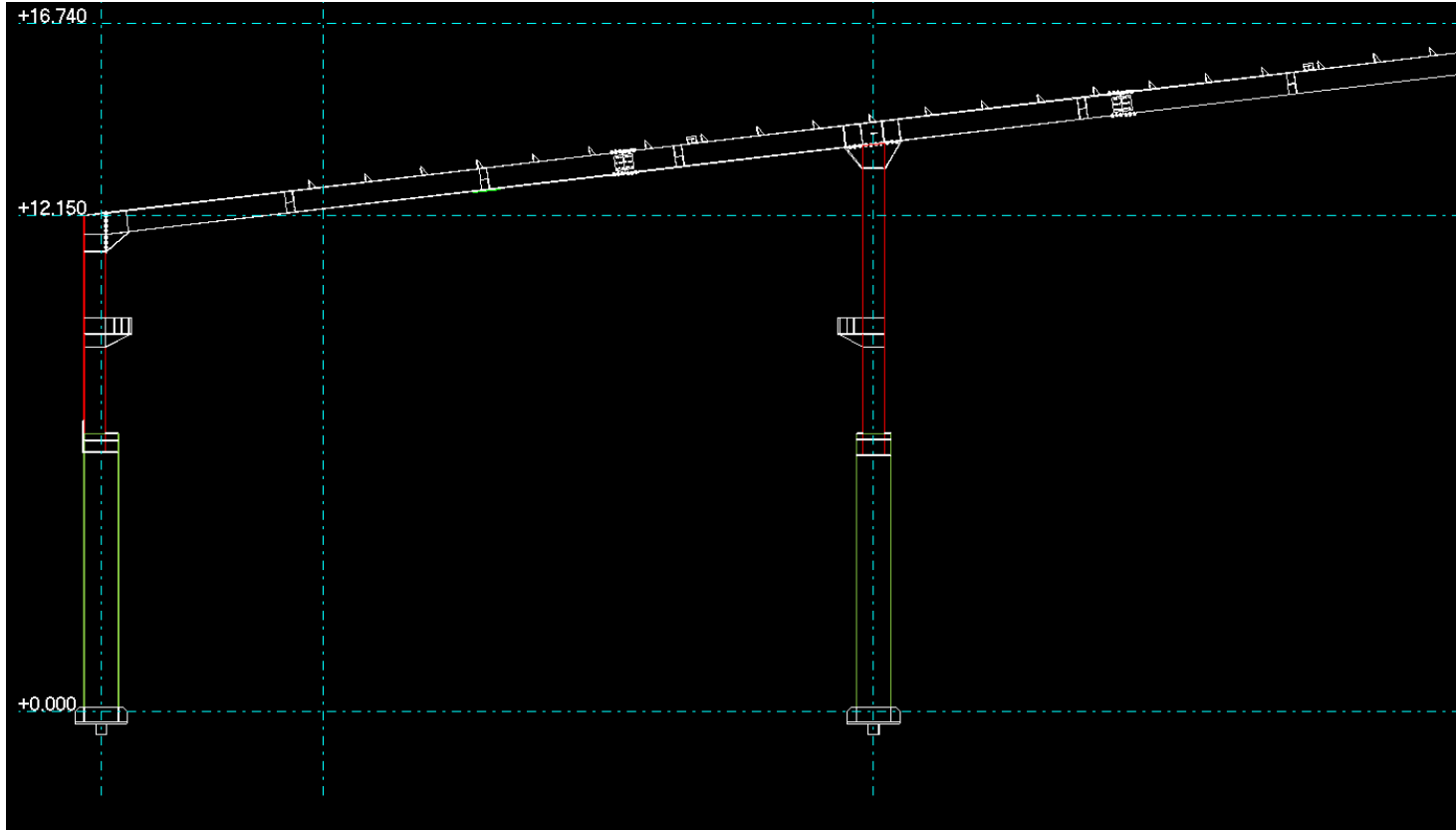
Ek-3

Yapı-1

25

Mimari kaygılardan ötürü kenar akslara 1.85 metre yüksekliğinde parapetler eklenmiştir.

Mevcut projede
aşıklar ince
cidarlı
(C Profili)
elemanlardan
teşkil edilmiştir.



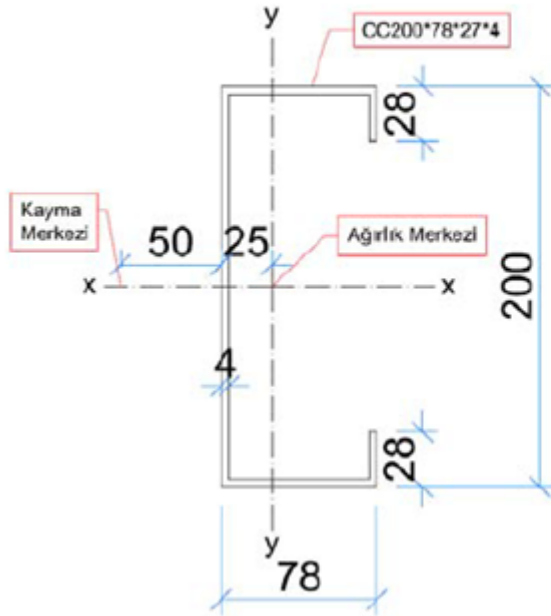
Ek-3

Yapı-1

26



İnce Cidarlı Aşık Hesabı (AISI S100-16 Standardı) :



$$h = 200 \text{ mm}$$

$$b = 78 \text{ mm}$$

$$c = 27,5 \text{ mm}$$

$$t = 4 \text{ mm}$$

$$A = 15,22 \text{ cm}^2$$

$$I_x = 912,47 \text{ cm}^4$$

$$W_x = 91,25 \text{ cm}^3$$

$$r_x = \sqrt{\frac{I_x}{A}} = 7,74 \text{ cm}$$

$$E = 203000 \text{ MPa}$$

$$G = 78000 \text{ MPa}$$

$$S235: F_y = 235 \text{ MPa}$$

$$F_u = 360 \text{ MPa}$$

$$I_y = 123,61 \text{ cm}^4$$

$$W_y = 23,28 \text{ cm}^3$$

$$r_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = 2,85 \text{ cm}$$

St. Venant Burulma Sabiti (J) Hesabı:

$$J = \sum \left(\frac{b't^3}{3} \right)$$

$$J = \left(\frac{2 \cdot (c \cdot t^3 + b \cdot t^3) + h \cdot t^3}{3} \right) = 0,88 \text{ cm}^4$$

Çarpılma Sabiti (C_w) Hesabı:

$$C_w = (d')^2 (b')^3 t \left[\frac{1-3\alpha}{6} + \frac{\alpha^2}{2} \left(1 + \frac{d'w}{6b't} \right) \right] \quad (\text{Galambos 1968, SSRC 1998})$$

$$\alpha = \frac{1}{2 + \frac{d'w}{3b't}}$$

$$\alpha = \frac{1}{2 + \frac{h \cdot t}{3 \cdot b \cdot t}} = 0,35$$

$$C_w = (h)^2 \cdot (b)^3 \cdot t \cdot \left(\frac{1-3 \cdot \alpha}{6} + \frac{\alpha^2}{2} \cdot \left(1 + \frac{h \cdot t}{6 \cdot b \cdot t} \right) \right) = 6005,31 \text{ cm}^6$$

Kayma Merkezinin Yeri:

$$x_o = x + b' \alpha - \frac{w}{2} \quad (\text{Galambos 1968, Seaburg and Carter 1997})$$

$$x = 2,5 \text{ cm}$$

$$x_o = x + b \cdot \alpha - \left(\frac{t}{2} \right) = 5,03 \text{ cm}$$

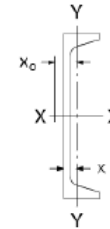


Fig. 2a

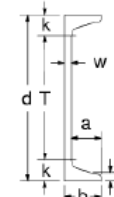
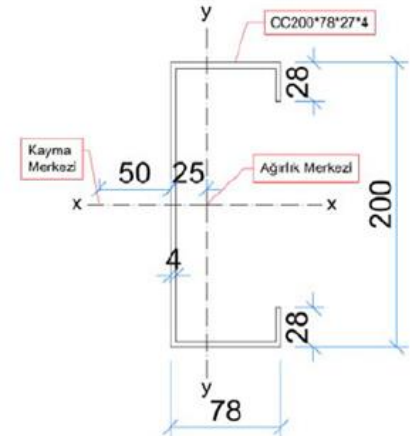


Fig. 2b

} CC200*78*27*4



Aşık Yükleri:

Aşık Uzunluğu : $L = 8 \text{ m}$

Aşık Aralığı : $a = 1,35 \text{ m}$

Aşık Tutulu Uzunluğu : $L_y = 4 \text{ m}$ (Tek Gergi)

Aşık Zati Ağırlığı : $0,119 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

Kaplama : $0,15 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

Kar (Birikmiş) : $3 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

$$\left. \begin{array}{l} \\ \\ \\ \end{array} \right\} \begin{array}{l} q = 0,119 \frac{\text{kN}}{\text{m}} + 0,15 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot a + 3 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot a = 4,37 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \\ M = \frac{q \cdot L^2}{8} = 34,97 \text{ kN m} \quad (\text{Elastik Hesap}) \end{array}$$

Moment Taşıma Kapasitesi:

$$M_{ne} = W_x \cdot F_n \leq M_y = W_x \cdot F_y$$

$$F_{cre} = \frac{C_b \cdot r_o \cdot A}{W_x} \cdot \sqrt{\sigma_{ey} \cdot \sigma_t}$$

$$C_b = 1,00 \quad (\text{Güvenli tarafta kalarak})$$

$$x_o = 5,03 \text{ cm}$$

$$r_o = \sqrt{r_x^2 + r_y^2 + x_o^2} = 9,66 \text{ cm}$$

$$\sigma_{ey} = \frac{\pi^2 \cdot E}{\left(\frac{L_y}{r_x}\right)^2} = 750,72 \text{ MPa}$$

$$L_t = 8 \text{ m} \quad (\text{Burulma Uzunluğu})$$

$$\sigma_t = \frac{1}{A \cdot r_o^2} \cdot \left(G \cdot J + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot C_w}{L_t^2} \right) = 61,34 \text{ MPa}$$

$$F_{cre} = 345,9 \text{ MPa}$$

$$2,78 \cdot F_y = 653,3 \text{ MPa} > F_{cre} = 345,9 \text{ MPa} > 0,56 \cdot F_y = 131,6 \text{ MPa}$$

$$F_n = \frac{10}{9} \cdot F_y \cdot \left(1 - \frac{10 \cdot F_y}{36 \cdot F_{cre}} \right) = 211,83 \text{ MPa}$$

$$M_{ne} = W_x \cdot F_n = 19,33 \text{ kN m} \leq M_y = W_x \cdot F_y = 21,44 \text{ kN m} \quad \Omega_b = 1,67$$

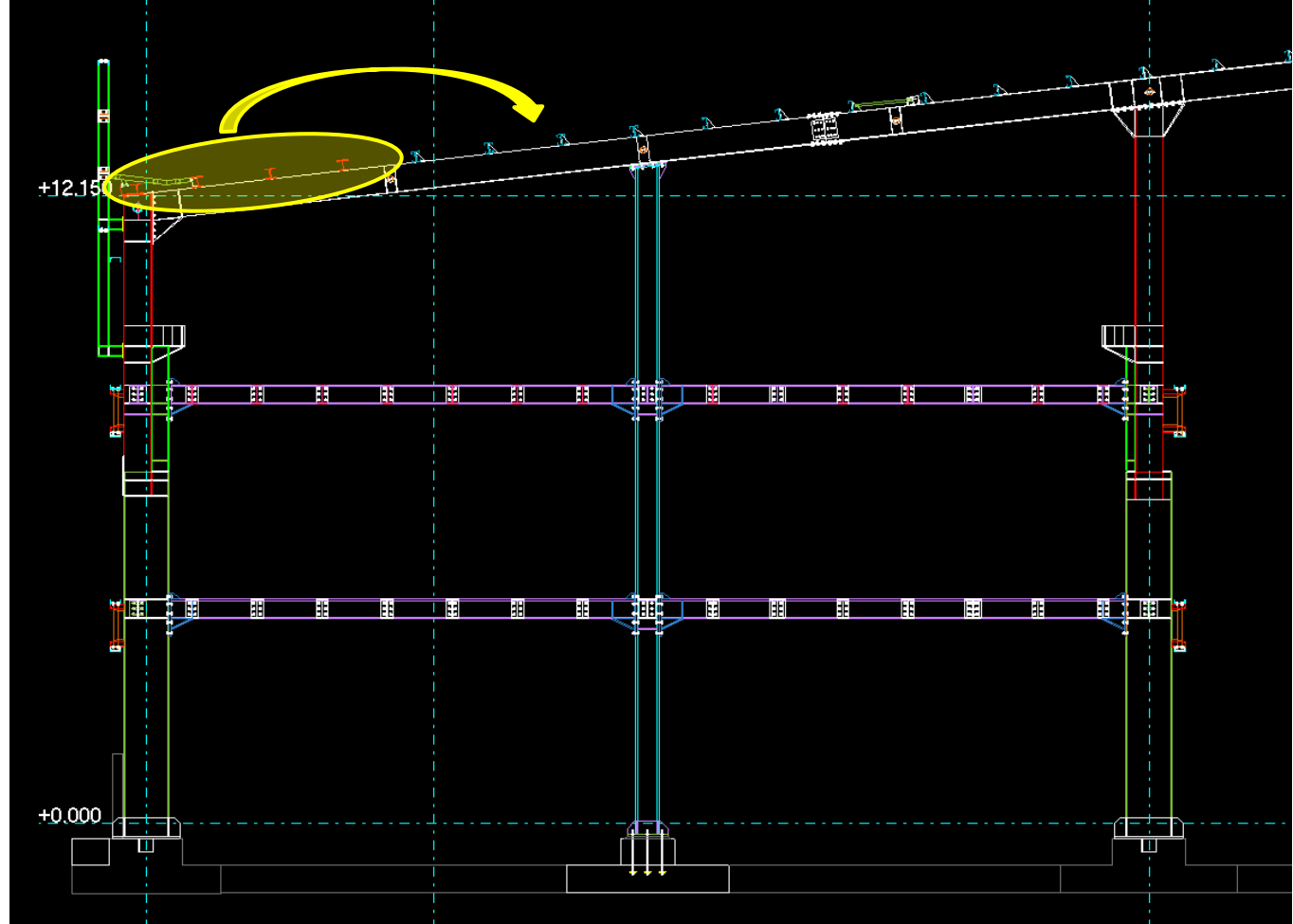
$$\left(\frac{M}{\Omega_b} \right) = 3,02 > 1,00 \quad \text{Kesit Yetersiz!}$$

Ek-3

Yapı-1

31

Parapetten dolayı kar birikmesi söz konusu olmuştur. Yapılan hesaplar sonucunda ilk 4 sıradaki ince cidarlı aşıklar sökülüp yerine geniş başlıklı HEA profiller konulmuş, sökülen elemanlar ise sonraki 4 sıra aşıkla sırt sırta birleştirilip güçlendirme yapılmıştır.



Ek-3

Yapı-1

32

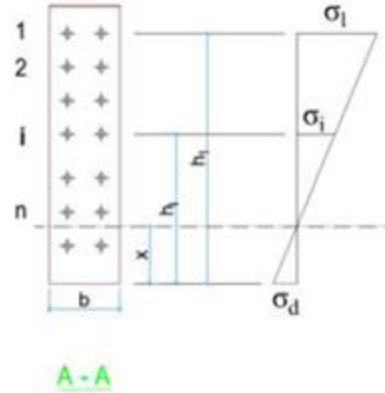
Guseli
Kolon-Kiriş
Birleşimi:



İnş. Yük. Müh. Sezai GÜVENSOY

Ek-3

Guseli Kolon-Kiriş Birleşim Hesabı



Kolon: HI530-10-15*250

Kiriş: HI530-10-15*250 $b = 25 \text{ cm}$
 $k = 72,3 \text{ cm}$

$M = 212 \text{ kN m}$

$V = 32,7 \text{ kN}$

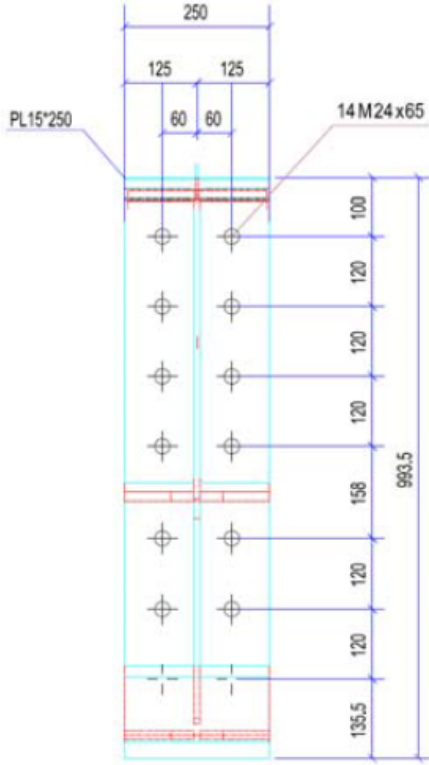
$N = 74,7 \text{ kN}$

$0.9G + 2(Ez + 0.3Ex)$

Ek-3

Yapı-1

34



Bulon Sırası
1.
2.
3.
4.
5.
6.
7.

$$h_1 = 89,3 \text{ cm}$$

$$h_2 = 77,3 \text{ cm}$$

$$h_3 = 65,3 \text{ cm}$$

$$h_4 = 53,3 \text{ cm}$$

$$h_5 = 37,5 \text{ cm}$$

$$h_6 = 25,5 \text{ cm}$$

$$h_7 = 13,5 \text{ cm}$$

$$S275: F_Y = 275 \text{ MPa}$$

$$F_u = 430 \text{ MPa}$$

$$\sum h_i = h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_5 + h_6 + h_7 = 361,7 \text{ cm}$$

$$\sum h_{i2} = h_1^2 + h_2^2 + h_3^2 + h_4^2 + h_5^2 + h_6^2 + h_7^2 = 23293,51 \text{ cm}^2$$

Tarafasız eksenin yeri 6. ve 7. sıralar arasında olduğu tahmin edilmiştir. $n = 6$

Ek-3

Bulonlar: M24 (8.8)

$$d = 2,4 \text{ cm}$$

$$F_{nt} = 600 \text{ MPa}$$

$$A_b = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 4,52 \text{ cm}^2$$

$$F_{nv} = 360 \text{ MPa}$$

$$R_n = \frac{2 \cdot A_b}{b} \cdot n = 2,17 \text{ cm}$$

$$S_n = \frac{2 \cdot A_b}{b} \cdot \Sigma h_i = 130,9 \text{ cm}^2$$

$$T_n = \frac{2 \cdot A_b}{b} \cdot \Sigma h_{i2} = 8430,19 \text{ cm}^3$$

$$e = \frac{M}{N} - k = 211,5 \text{ cm}$$

$$x = \text{roots} \left(x^3 + \frac{(3 \cdot e)}{\text{cm}} \cdot x^2 + \frac{6 \cdot (e \cdot R_n + S_n)}{\text{cm}^2} \cdot x - 6 \cdot \frac{(e \cdot S_n + T_n)}{\text{cm}^3}; x \right)$$

$$x = 15,73 \text{ cm}$$

Basınç Kenarında Gerilme Tahkiki: $\Phi = 0,75$

$$\sigma_d = \frac{N \cdot x}{b \cdot \left(\frac{x^2}{2} + R_n \cdot x - S_n \right)} = 17,38 \text{ MPa} \leq \Phi \cdot F_Y = 206,25 \text{ MPa}$$

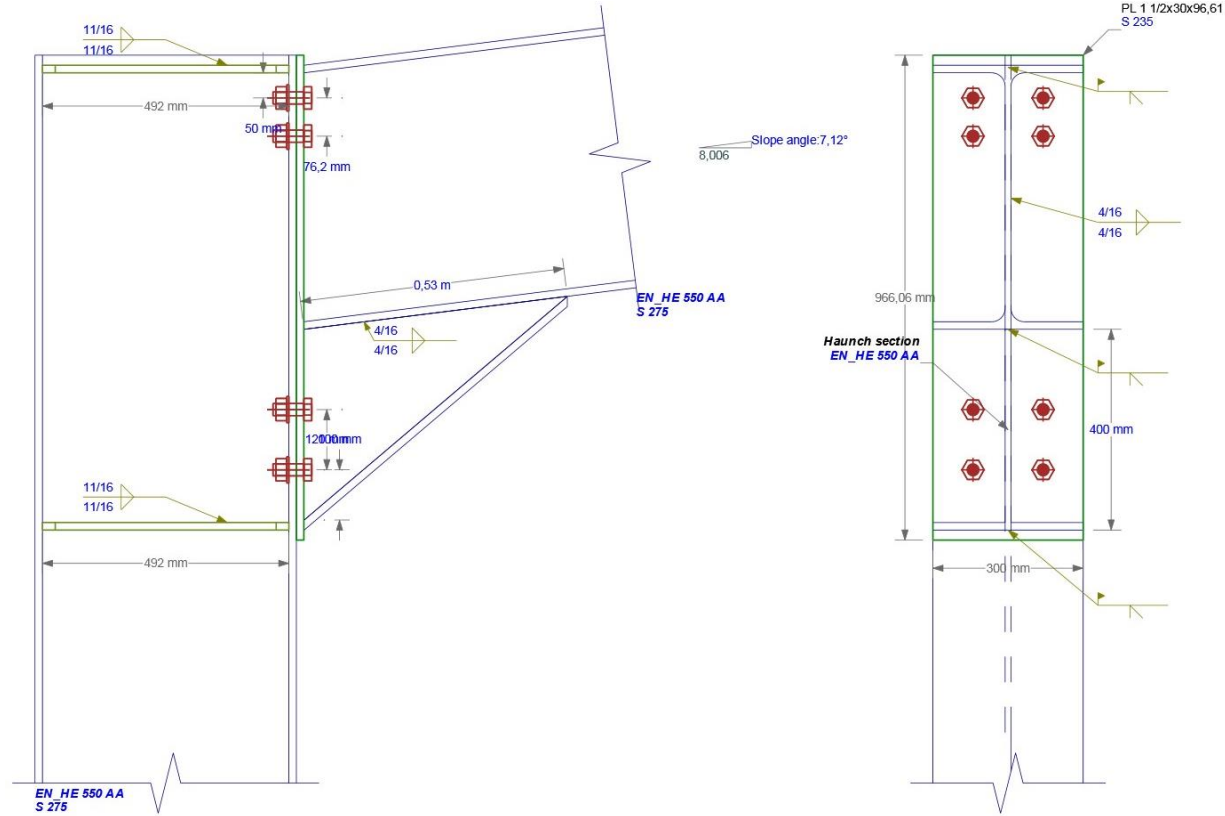
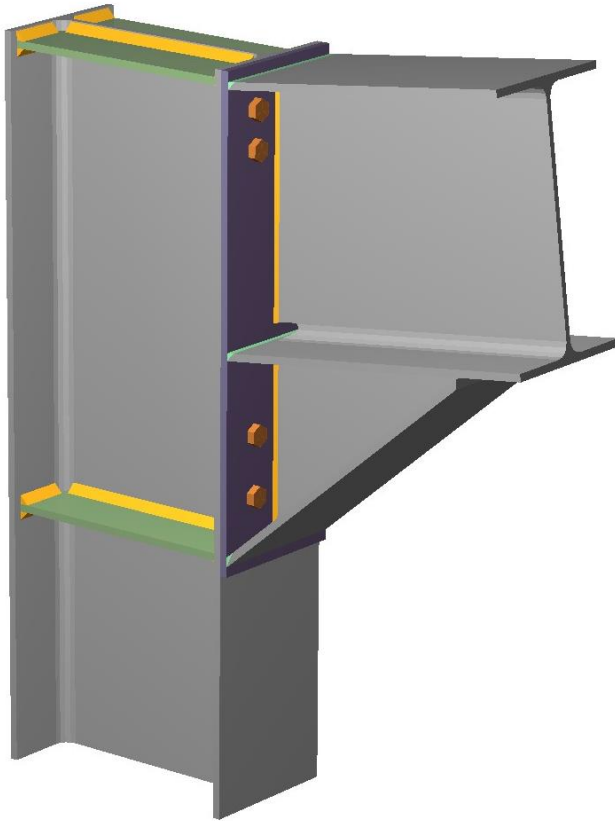
Çekme ve Kesme Kuvvetinin Ortak Etkisindeki Bulonların Tahkiki:

$$f_{rv} = \frac{V}{A_b} = 72,28 \text{ MPa}$$

$$F_{nt'} = 1,3 \cdot F_{nt} - \frac{F_{nt}}{\Phi \cdot F_{nv}} \cdot f_{rv} = 619,37 \text{ MPa} \leq F_{nt} = 600 \text{ MPa} \text{ olması için } F_{nt'} = F_{nt} = 600 \text{ MPa}$$

$$\sigma_1 = \sigma_d \cdot \frac{h_1 - x}{x} = 81,26 \text{ MPa} \leq \Phi \cdot F_{nt'} = 450 \text{ MPa}$$

Bilgisayar Programı Yardımı ile Guseli Kolon-Kiriş Birleşimi Hesabı:



Steel connections

Results

Connection name : MEP_BCF_DG16_ED_5/8_PL_1B_2B7/8
Connection ID : 1

Family: Beam - Column flange (BCF)
Type: Moment end plate
Description: Çerçeve Köşesi

Design code: AISC 360-10 LRFD

DEMANDS

Description	Beam			Right beam		Left beam		Column	Panel	Load type
	Ru [KN]	Pu [KN]	Mu [KN*m]	PufTop [KN]	PufBot [KN]	PuTop [KN]	PuBot [KN]	Pu [KN]	Vu [KN]	
A	40.93	-69.46	-212.00	198.63	-268.09	0.00	0.00	0.00	268.09	Design
B	28.16	48.87	-206.00	251.19	-202.32	0.00	0.00	0.00	251.19	Design

GEOMETRIC CONSIDERATIONS

Dimensions	Unit	Value	Min. value	Max. value	Sta.	References
Extended end plate						
Vertical edge distance	[mm]	50.00	30.35	152.40	✓	Sec. J3.5
Horizontal edge distance	[mm]	80.00	30.35	152.40	✓	Sec. J3.5
Vertical bolt spacing (external flange)	[mm]	76.20	64.00	--	✓	Sec. J3.3
Haunch vertical bolt spacing	[mm]	120.00	64.00	--	✓	Sec. J3.3
Horizontal center-to-center spacing (gage)	[mm]	140.00	113.50	300.00	✓	Sec. J3.3, DG4 Sec. 2.4, DG4 Sec. 2.1, 2.4, DG16 Sec. 2.5
Inner bolt distance (external flange)	[mm]	50.00	36.70	--	✓	DG4 Sec. 2.1
Inner bolt distance (haunch flange)	[mm]	100.00	36.70	--	✓	DG4 Sec. 2.1
Bolt diameter	[mm]	24.00	--	38.10	✓	DG4 Sec. 1.1
Beam						
Web	[1/16in]	4	4	--	✓	table J2.4
Haunch flange	[1/16in]	4	4	--	✓	table J2.4
Support						
Horizontal edge distance	[mm]	80.00	30.35	152.40	✓	Sec. J3.5
Transverse stiffeners						
Length	[mm]	492.00	246.00	--	✓	Sec. J10.8
Width	[mm]	127.00	94.25	--	✓	Sec. J10.8
Thickness	[mm]	15.00	7.94	--	✓	Sec. J10.8
Weld size	[1/16in]	11	11	--	✓	DG 13 Eq. 4.3-6

DESIGN CHECK

Verification	Unit	Capacity	Demand	Ctrl EQ	Ratio	References
Moment end plate (external flange)						
Flexural yielding	[KN*m]	246.76	237.91	B	0.96	DG16 Sec 2.5
No prying bolt moment strength	[KN*m]	534.14	237.91	B	0.45	DG16 Sec 2.5
Resulting tension capacity due prying action	[KN]	349.31	237.91	B	0.68	DG16 Sec 2.5
Bolts shear	[KN]	394.28	0.00	A	0.00	Eq. J3-1
Bolt bearing under shear load	[KN]	828.20	0.00	A	0.00	Eq. J3-6
Shear yielding	[KN]	571.05	130.94	B	0.23	DG4 Eq. 3.12
Moment end plate (bottom flange (Gusset))						
Flexural yielding	[KN*m]	219.64	0.00	A	0.00	DG16 Sec 2.5
No prying bolt moment strength	[KN*m]	485.27	0.00	A	0.00	DG16 Sec 2.5
Bolt rupture with prying moment strength	[KN*m]	311.08	0.00	A	0.00	DG16 Sec 2.5
Bolts shear	[KN]	394.28	40.93	A	0.10	Eq. J3-1
Bolt bearing under shear load	[KN]	828.20	40.93	A	0.05	Eq. J3-6
Shear yielding	[KN]	571.05	126.45	A	0.22	DG4 Eq. 3.12
Beam						
Web weld shear strength	[KN]	570.80	40.93	A	0.07	Eq. J2-4
Web weld strength to reach yield stress	[KN/m]	3864.54	2846.25	A	0.74	Eq. J2-4, Eq. J4-1
Shear yielding	[KN]	960.50	40.93	A	0.04	Eq. J4-3
Beam haunch						
Yielding strength due to axial load	[KN]	1113.75	0.00	A	0.00	Eq. J4-1
Compression	[KN]	564.88	337.79	A	0.57	Sec. J4.4
Flange weld capacity	[KN]	1113.75	262.89	A	0.23	Eq. J2-2
Web weld capacity	[KN]	1370.75	191.65	B	0.14	Sec. J2.4, Eq. J2-9
Local flange bending	[KN]	348.05	0.00	A	0.00	Eq. J10-1
Local web yielding	[KN]	711.56	222.21	A	0.31	Eq. J10-2
Web crippling	[KN]	728.54	222.21	A	0.31	Eq. J10-4
Support						
Flexural yielding (external flange)	[KN*m]	360.82	237.91	B	0.66	DG4 Eq. 3.20, Sec. 2.2.3, DG4 Eq. 3.21
Support bolt bearing (external flange)	[KN]	989.24	0.00	A	0.00	Eq. J3-6
Flexural yielding (internal flange)	[KN*m]	321.24	0.00	A	0.00	DG4 Eq. 3.20, Sec. 2.2.3, DG4 Eq. 3.21
Support bolt bearing (internal flange)	[KN]	1114.56	40.93	A	0.04	Eq. J3-6
Panel web shear	[KN]	891.45	268.09	A	0.30	Sec. J10-6, Eq. J10-9
Support - right side						
Local web yielding	[KN]	1727.79	268.09	A	0.16	DG4 Eq. 3.24, DG13 Eq. 4.3-1, Sec. J10
Transverse stiffeners - top						
Yielding strength due to axial load	[KN]	1234.44	0.00	A	0.00	Eq. J4-1
Compression	[KN]	733.56	0.00	A	0.00	Sec. J4.4
Flange weld capacity	[KN]	1037.88	0.00	A	0.00	Eq. J2-4
Web weld capacity	[KN]	3693.56	0.00	A	0.00	Eq. J2-4
Transverse stiffeners - bottom						
Yielding strength due to axial load	[KN]	1234.44	0.00	A	0.00	Eq. J4-1
Compression	[KN]	733.56	0.00	A	0.00	Sec. J4.4
Flange weld capacity	[KN]	1037.88	0.00	A	0.00	Eq. J2-4
Web weld capacity	[KN]	3693.56	0.00	A	0.00	Eq. J2-4

Global critical strength ratio

0.96

İnş. Yük. Müh. Sezai GÜVENSOY

Ek-3

Yapı-1

39

Birleşimlerde kullanılan civatalar:



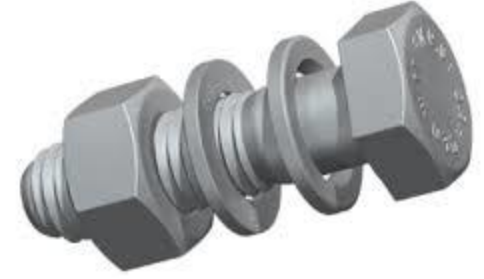
Bu tip civatalar yüksek mukavemetli civata tiplerinden olmayıp, yapısal çeliklerde kullanmaya uygun değildir.

Ek-3

Yapı-1

40

Yapıdaki tüm cıvatalar TS EN 14399 yönetmeliğine uygun cıvatalarla değiştirilecektir.



Ek-3

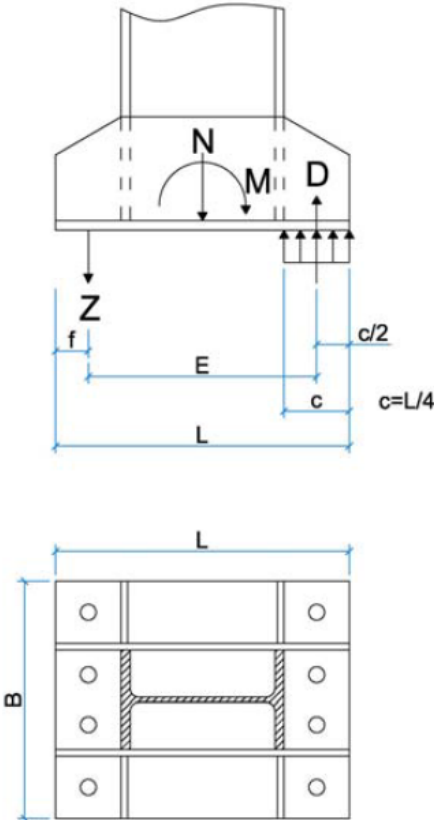
Yapı-1

41



Ek-3

Mesnet Detayı:



$$L = 1250 \text{ mm}$$

$$B = 620 \text{ mm}$$

$$f = 75 \text{ mm}$$

$$c = \frac{L}{4} = 312,5 \text{ mm}$$

$$E = L - \left(f + \frac{c}{2} \right) = 1018,75 \text{ mm}$$

$$\sigma_b = \frac{M + N \cdot \left(\frac{L}{2} - f \right)}{c \cdot B \cdot E} = 5,54 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

$$D = \sigma_b \cdot c \cdot B = 1072,93 \text{ kN}$$

$$Z = D - N = 721,93 \text{ kN}$$

$$M = 900 \text{ kN m}$$

$$N = 351 \text{ kN}$$

$$\left. \begin{array}{l} M = 900 \text{ kN m} \\ N = 351 \text{ kN} \end{array} \right\} \text{DYK} [G+Q+2 (Ex+0.3E-y)]$$

$$S235 : F_y = 235 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

Ek-3

Ankraj: M30 (5.6)

$$d = 30 \text{ mm}$$

$$n = 4 \quad (\text{Ankraj Adedi})$$

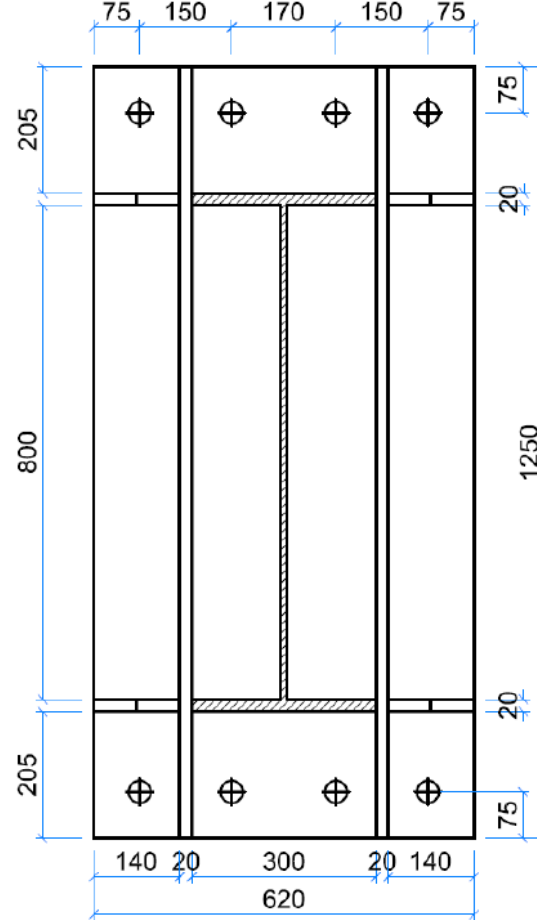
$$F_{nt} = 375 \frac{N}{mm^2} \quad F_{nv} = 225 \frac{N}{mm^2}$$

$$A_b = \frac{d^2 \cdot \pi}{4} = 706,86 \text{ mm}^2$$

$$R_{nt} = F_{nt} \cdot A_b = 265,07 \text{ kN} \quad \Phi = 0,75$$

$$(\Phi \cdot R_{nt}) \cdot n = 795,22 \text{ kN} > Z = 721,93 \text{ kN}$$

$$\text{Kapasite Oranı: } \frac{Z}{(\Phi \cdot R_{nt}) \cdot n} = 0,91$$



Beton Gerilmesi: Beton Sınıfı: C30/37 $f_{cd} = 20 \frac{N}{mm^2}$ $f_{ck} = 30 \frac{N}{mm^2}$

$$\sigma_b = 5,54 \frac{N}{mm^2} < f_{cd} = 20 \frac{N}{mm^2}$$

$$A_1 = B \cdot L = 7750 \text{ cm}^2 \quad (\text{Taban Levhası Alanı})$$

$$A_2 = 1100 \text{ mm} \cdot 1300 \text{ mm} = 14300 \text{ cm}^2 \quad (\text{Betonarme Kolon Alanı})$$

$$P_p = 0,85 \cdot f_{ck} \cdot A_1 \cdot \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} = 26844,73 \text{ kN} \leq 1,7 \cdot f_{ck} \cdot A_1 = 39525 \text{ kN} \quad \Phi_1 = 0,65$$

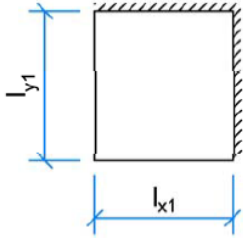
$$\Phi_1 \cdot P_p = 17449,07 \text{ kN} < f_{cd} \cdot A_2 = 28600 \text{ kN}$$

Ek-3

Taban Levhası:

$t = 50 \text{ mm}$ S235 : $F_y = 235 \frac{N}{mm^2}$

$\Phi_b = 0,90$



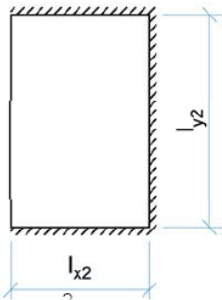
$$\left. \begin{aligned} l_{x1} &= 140 \text{ mm} \\ l_{y1} &= 205 \text{ mm} \\ \varepsilon_1 &= \frac{l_{y1}}{l_{x1}} = 1,46 \end{aligned} \right\} m_{ex} = 14,2 \text{ mm}^{-1}$$

$$\begin{aligned} \sigma_b &= 5,54 \frac{N}{mm^2} \\ K_1 &= \sigma_b \cdot l_{x1} \cdot l_{y1} = 158,93 \text{ kN} \\ M_{i1} &= \frac{K_1}{m_{ex}} = 11,19 \text{ kN mm} \end{aligned}$$

$$W_1 = \frac{(t)^2 \cdot 1 \text{ mm}}{6} = 416,67 \text{ mm}^3$$

$$M_n = F_y \cdot W_1 = 97,92 \text{ kN mm}$$

$$\Phi_b \cdot M_n = 88,12 \text{ kN mm} > M_{i1} = 11,19 \text{ kN mm}$$



$$\left. \begin{aligned} l_{x2} &= 140 \text{ mm} \\ l_{y2} &= 400 \text{ mm} \\ \varepsilon_2 &= \frac{l_{y2}}{l_{x2}} = 2,86 \end{aligned} \right\} m_{ex} = 18 \text{ mm}^{-1}$$

$$\begin{aligned} \sigma_b &= 5,54 \frac{N}{mm^2} \\ K_2 &= \sigma_b \cdot l_{x2} \cdot l_{y2} = 310,11 \text{ kN} \\ M_{i2} &= \frac{K_2}{m_{ex}} = 17,23 \text{ kN mm} \end{aligned}$$

$$W_1 = \frac{(t)^2 \cdot 1 \text{ mm}}{6} = 416,67 \text{ mm}^3$$

$$M_n = F_y \cdot W_1 = 97,92 \text{ kN mm}$$

$$\Phi_b \cdot M_n = 88,12 \text{ kN mm} > M_{i2} = 17,23 \text{ kN mm}$$

Kama Hesabı:

Profil: IPE270

$$S275 : F_y = 275 \frac{N}{mm^2}$$

$$h = 135 \text{ mm}$$

$$b = 270 \text{ mm}$$

$$l = 250 \text{ mm}$$

$$Q_x = 300 \text{ kN}$$

$$Q_y = 98 \text{ kN}$$

Beton Gerilmesi Dayanımı:

$$p_x = \frac{Q_x}{h \cdot l} = 8,89 \frac{N}{mm^2} < f_{cd} = 20 \frac{N}{mm^2}$$

$$p_y = \frac{Q_y}{b \cdot l} = 1,45 \frac{N}{mm^2} < f_{cd} = 20 \frac{N}{mm^2}$$

Kama Eğilme Momenti Dayanımı:

$$M_x = Q_y \cdot \frac{l}{2} = 12,25 \text{ kN m}$$

$$W_{ex} = 5,22 \cdot 10^4 \text{ mm}^3$$

$$M_{nx} = F_y \cdot W_{ex} = 14,36 \text{ kN m}$$

$$\Phi_b \cdot M_{nx} = 12,92 \text{ kN m} < M_x = 12,25 \text{ kN m}$$

$$\frac{M_x}{\Phi_b \cdot M_{nx}} = 0,95$$

$$\Phi_b = 0,90$$

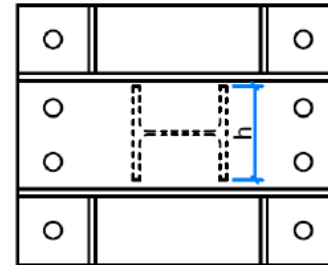
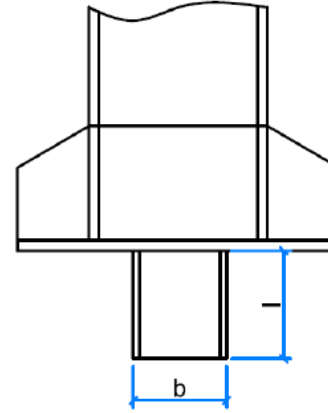
$$M_y = Q_x \cdot \frac{l}{2} = 37,5 \text{ kN m}$$

$$W_{ey} = 4,29 \cdot 10^5 \text{ mm}^3$$

$$M_{ny} = F_y \cdot W_{ey} = 117,98 \text{ kN m}$$

$$\Phi_b \cdot M_{ny} = 106,18 \text{ kN m} < M_y = 37,5 \text{ kN m}$$

$$\frac{M_y}{\Phi_b \cdot M_{ny}} = 0,35$$



Ek-3

Yapı-1

47

Temel
Boyutlarının
Kontrolü:

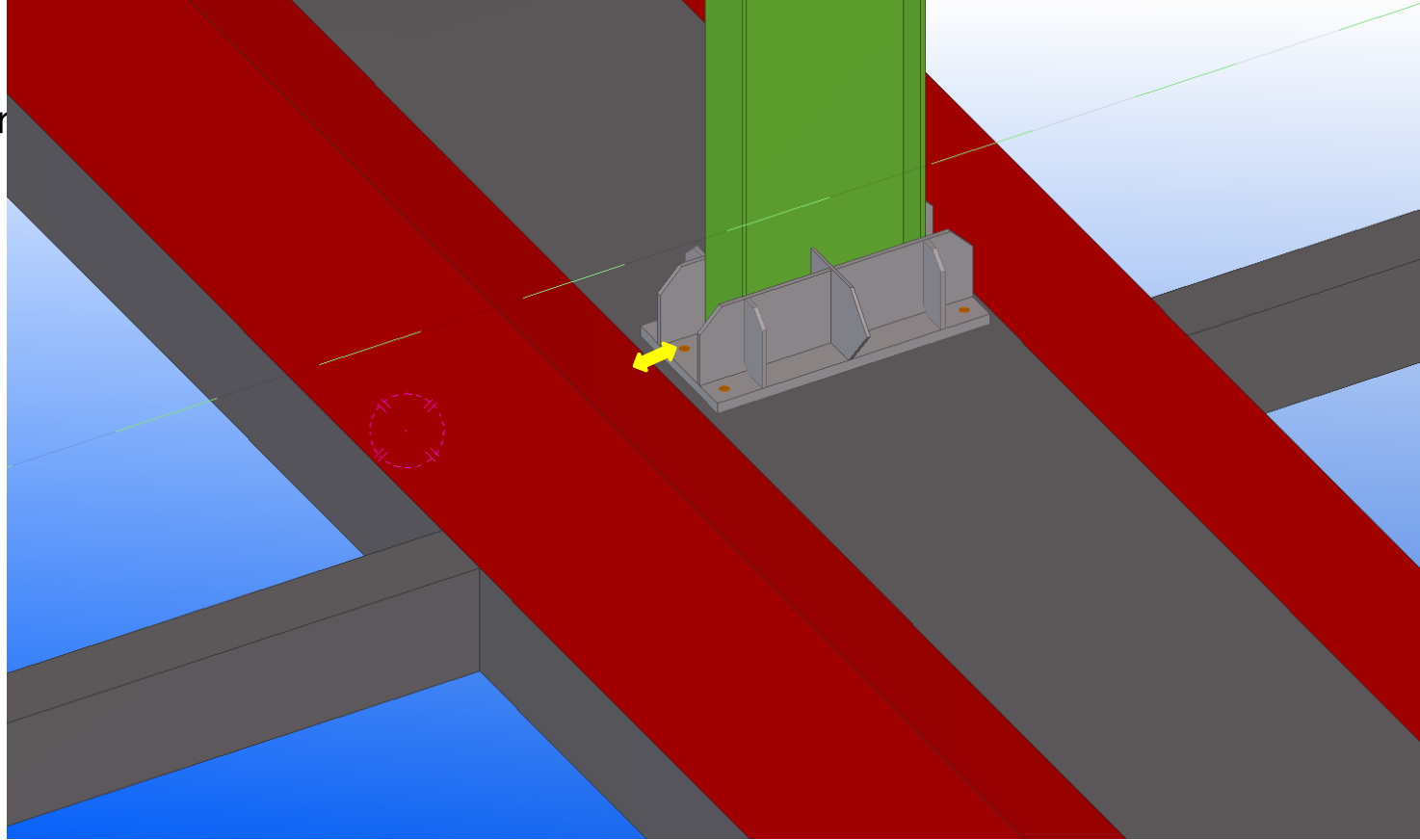


Ek-3

Yapı-1

48

Kolon ankrajlarının yürürlükte olan yönetmeliklere göre beton kenarına olan mesafesinin yetersiz olduğu tespit edilmiştir.

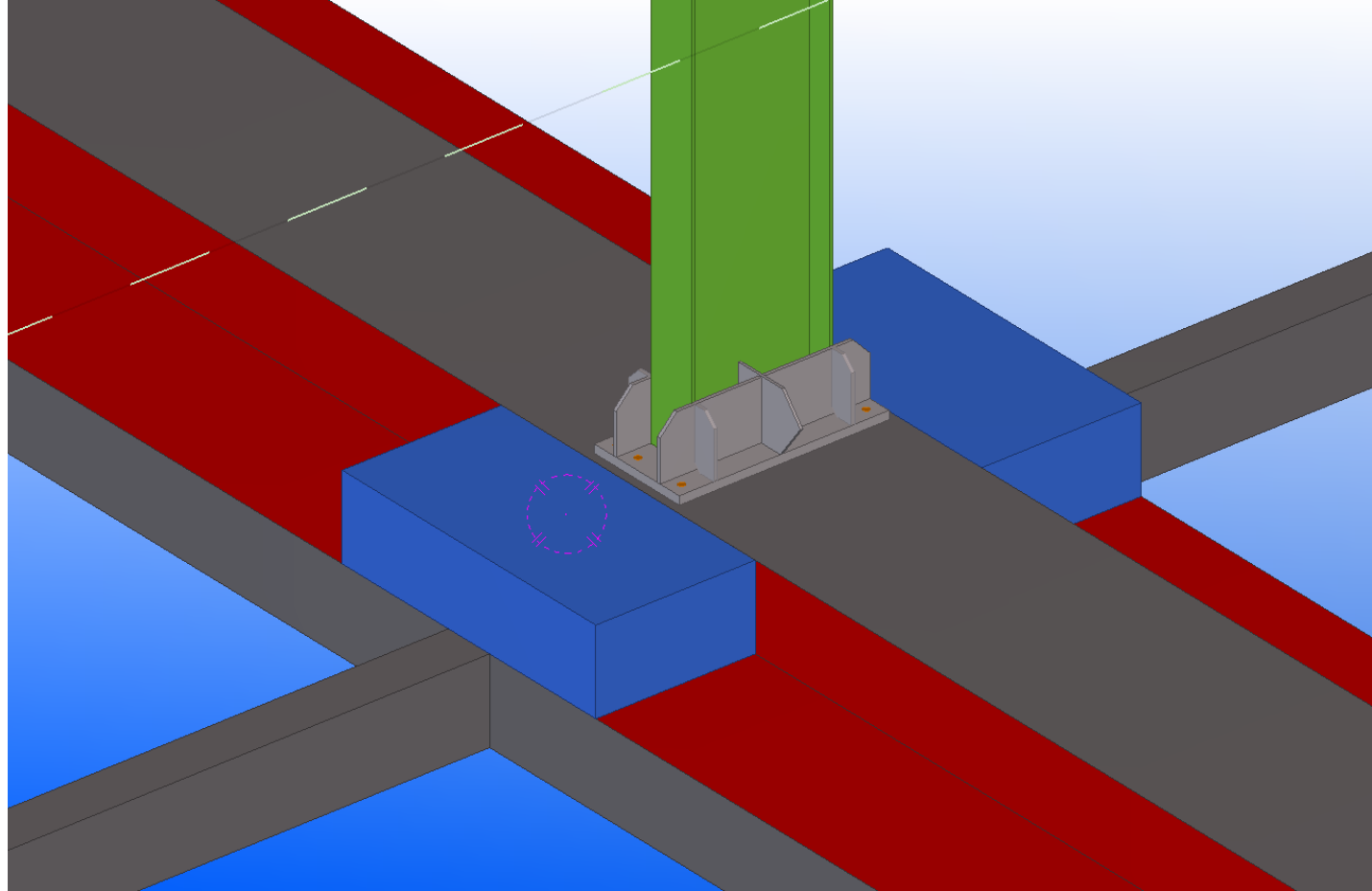


Ek-3

Yapı-1

49

Kolon bölgelerinde mevcut temele filizler ekilerek resimde görülen takviyelerin yapılması kararlaştırılmıştır.



Yapılması Gereken Kontroller

50

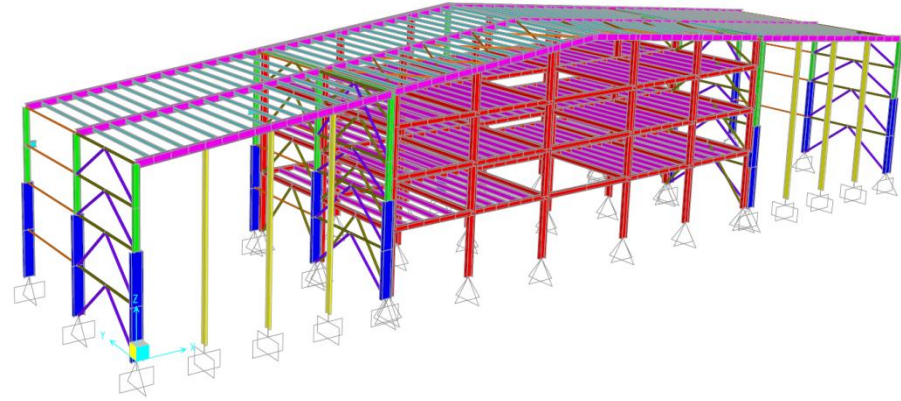
- Hazırlanan bu tarz bir raporun sonunda yapının belirtilen Çelik Yapıların Tasarımı ve 2007 yılı Deprem Yönetmeliği şartlarına uygun olup olmadığı, güçlendirme gerekli olması halinde güçlendirme önerilerinin belirtilmesi ve güçlendirme projelerinin hazırlanması veya yapının mevcut yük taşıma kapasitesinin yeterli olmadığına saptanması halinde bunun açık olarak rapor sonucunda belirtilmesi gerekmektedir. (Bkz. Ek-4)

Ek-4

Yapı-1

51

Mevcut yapılan projede ön iki aksta bodrum katına sahip bir ofis binası bulunmaktadır. Yerinde yapılan incelemeler aşağıda gösterilmiştir.



Betonarmeden Numune Alınması:



Çelik imalat ile ilgili hatalar:



Ek-4

Yapı-1

54

Çelik imalat ile ilgili hatalar:



Ek-4

Yapı-1

55

Çelik imalat ile ilgili hatalar:



Çelik imalat ile ilgili hatalar:



Ek-4

Yapı-1

57

Çelik imalat ile ilgili hatalar:

Kolon gövdeleri levhalarla takviye edilmeye çalışılmış ancak düğüm noktalarında bu levhalar devam ettirilmemiştir. Bu uygulama düğüm noktası rijitliğini zayıflatmıştır.



İnş. Yük. Müh. Sezai GÜVENSOY

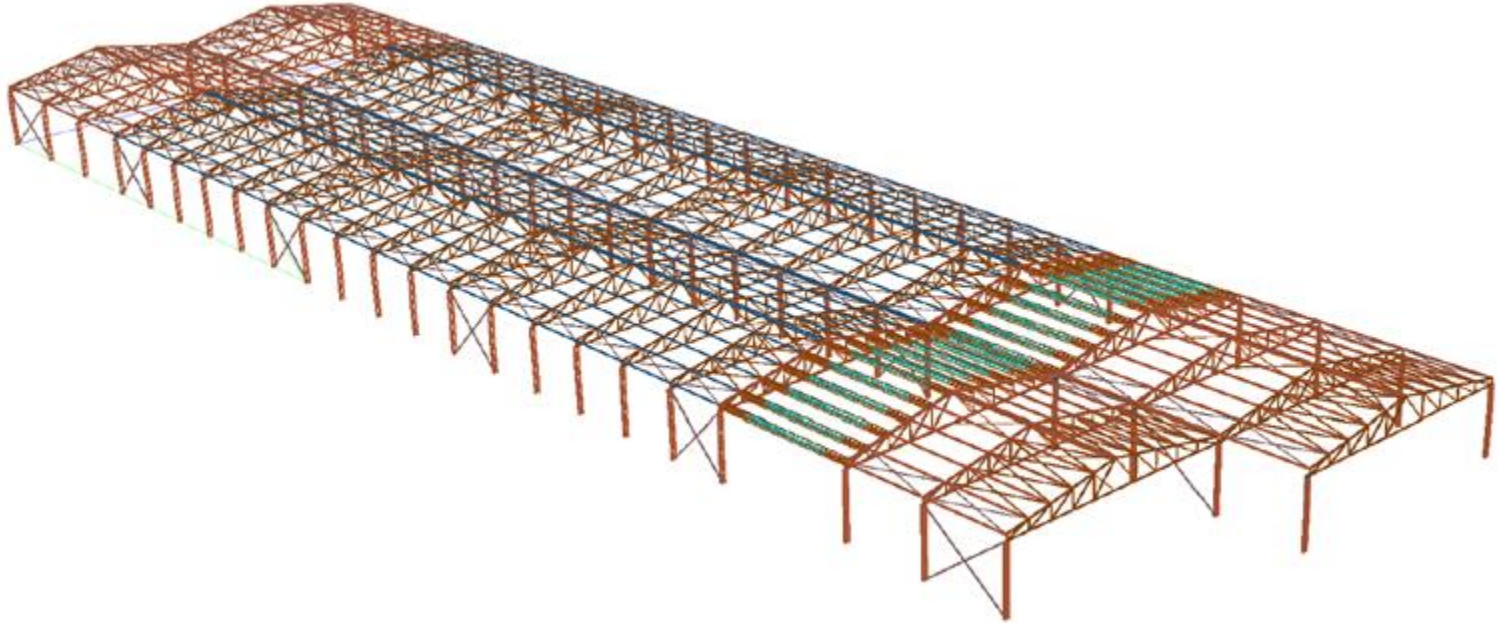
- Betonarme bodrum katından alınan numunelerin basınç dayanımları sonuçları dikkate alınarak betonarme statik hesapları tekrardan yapılmış ve kesitlerin yetersiz olduğu görülmüştür.
- Çelik imalatında çok ciddi kusurlar gözlenmiştir.
- Sonuç olarak Ofis Binası Betonarme Bölümü yıkılıp, çelik bölümler sökülerek yerine müşterinin mimari isteklerine de uyan betonarme ve ana binadan dilatasyon ile ayrılmış yeni bir ofis binası yapılmasına karar verilmiştir.

Yapılması Gereken Kontroller

Yapı-2

59

- İkinci örneğimiz: kolonları bağ levhalı, çatı makası dipten ankastre kolonlara üstten mafsallı bağlanan bir yapıdır. (Bkz. Ek-5)



Ek-5

Yapı-2

60

Çatı çaprazları ortalarından tutulmadığı için burkulma boyu yetersiz kalmaktadır.



EK- ÇATI ÇAPRAZLARI

İnş. Yük. Müh. Sezai GÜVENSOY

Ek-5

Yapı-2

61

Makaslara mahya bölgesinde bağlanan düşey düzlem çaprazları arasında dikme elemanı konulmamıştır. Bu durum alt başlıklarda düzlemine dik eğilme momenti oluşmasına sebep olmuştur.



Ek-5

Yapılan hesaplar sonucunda kolon taban plakalarının 2007 Deprem Yönetmeliğine göre yetersiz kaldığı ortaya çıkmıştır.



- Belirtilen yapının saha betonlarının kontrolünde ciddi çatlaklara rastlanmıştır. Bunun sebebi araştırılmış; yapının dışında aşırı stoklama yapıldığı ve fabrika sahasına yakın bir kömür ocağında dinamit patlatılarak çalışıldığı saptanmıştır. Oluşan bu büyük çatlaklar üst yapıyı da etkilemiş ve bazı kolonların üst uçlarında aşırı deplasmanlar ve duvar çatlaklarına neden olmuştur.
- Sonuç olarak bu yapının da sökülerek temelden itibaren yeniden inşasına karar verilmiştir.

Ek-5

Yapı-2

64



EK .1 FABRİKA DIŞ SAHASI MAMÜL,
MALZEME YÜKLEMESİ.



EK-
3 cm GENİŞLİKTE ZEMİN
BETONU ÇATLAKLARI.

Ek-5

Yapı-2

65

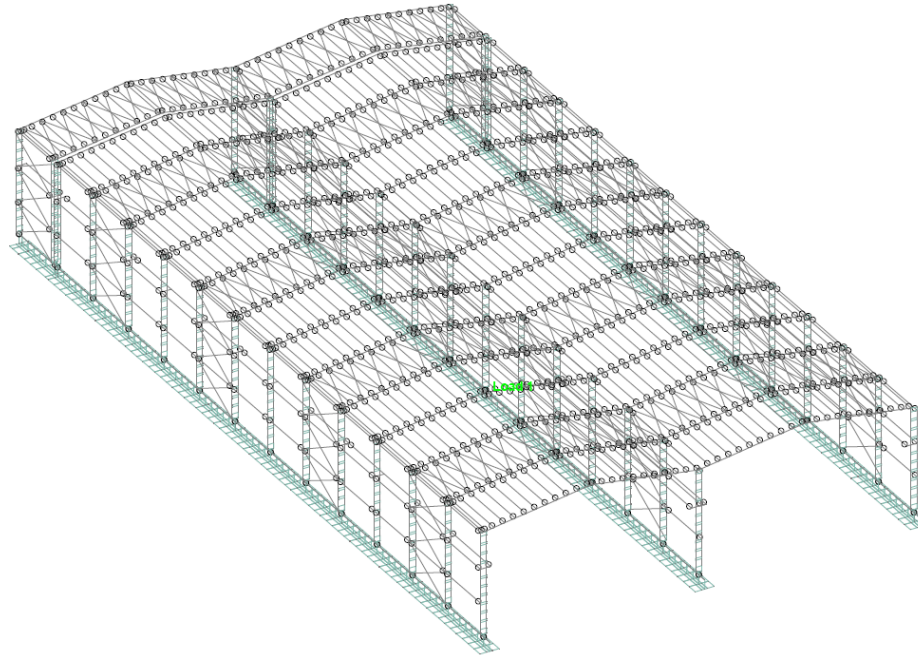


Yapılması Gereken Kontroller

Yapı-3

66

- Son örneğimiz olarak 1971 yılında projelendirmesi yapılan, yapma kolonlar ve petek (castella) kirişlerden oluşan çelik bir yapının mevcut durumunun değerlendirilmesi üzerinde durulmuştur. (Bkz. Ek-6)



Ek-6

Yapı-3

67



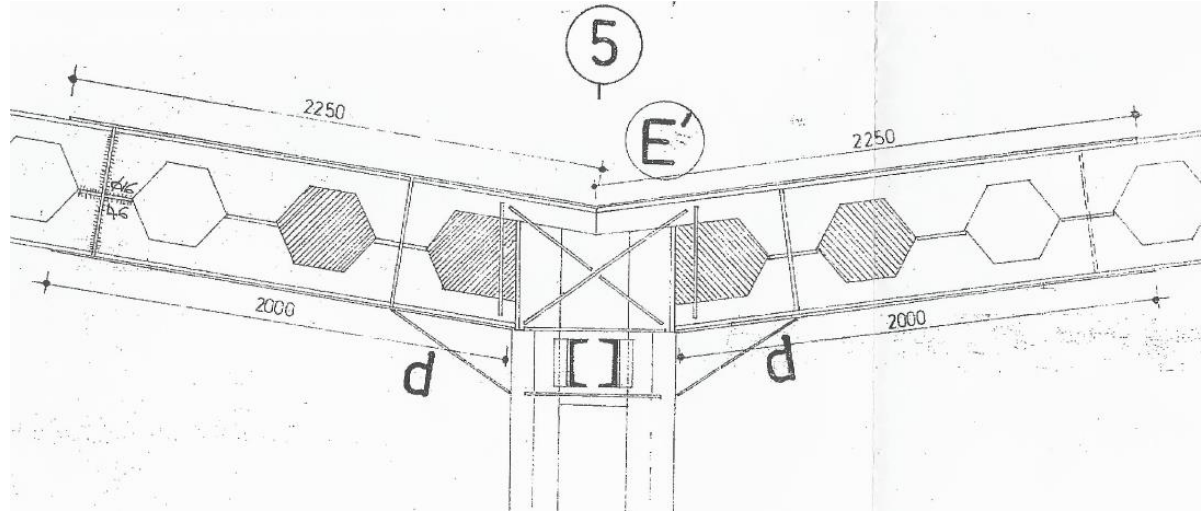
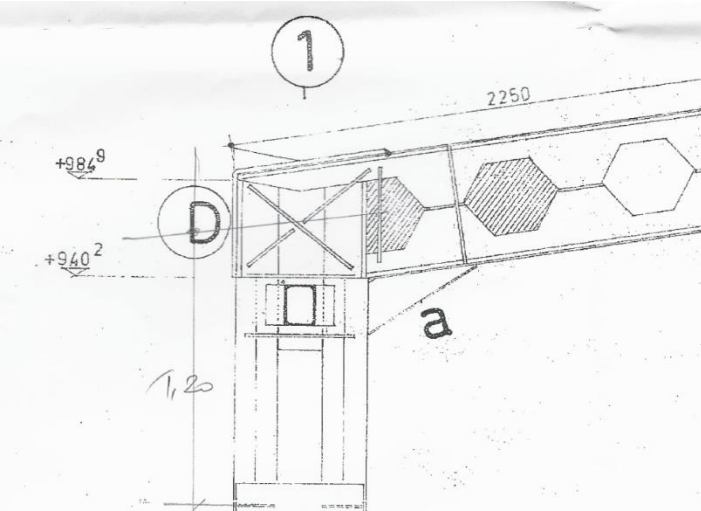
Ek-6

Yapı-3

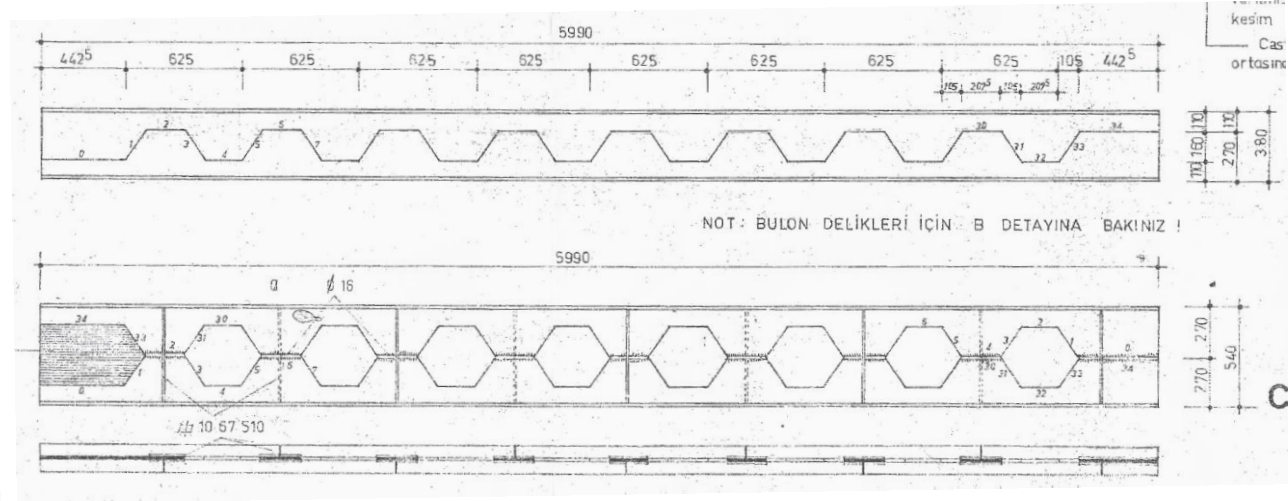
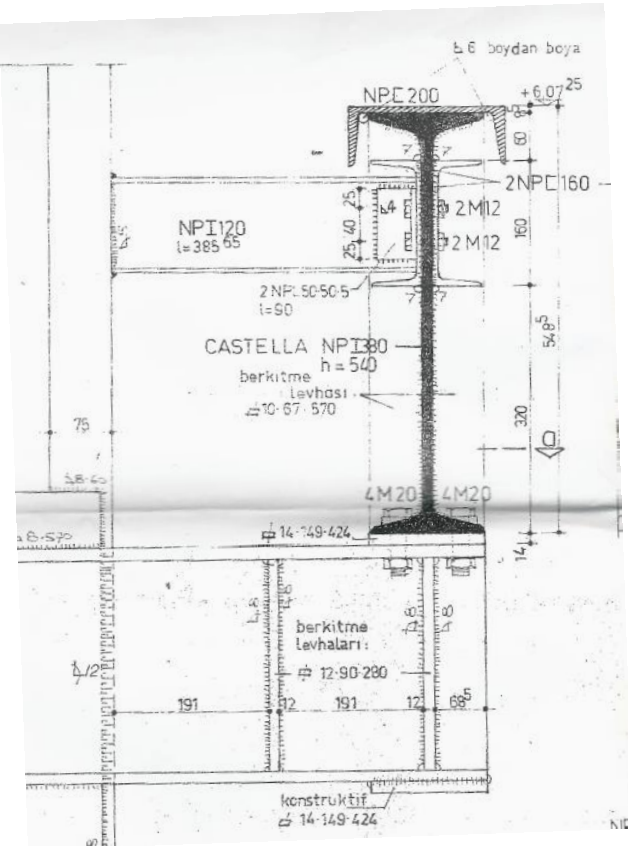
68



Çerçeve Köşesi Detayları:



Kren Kirişi Detayı:

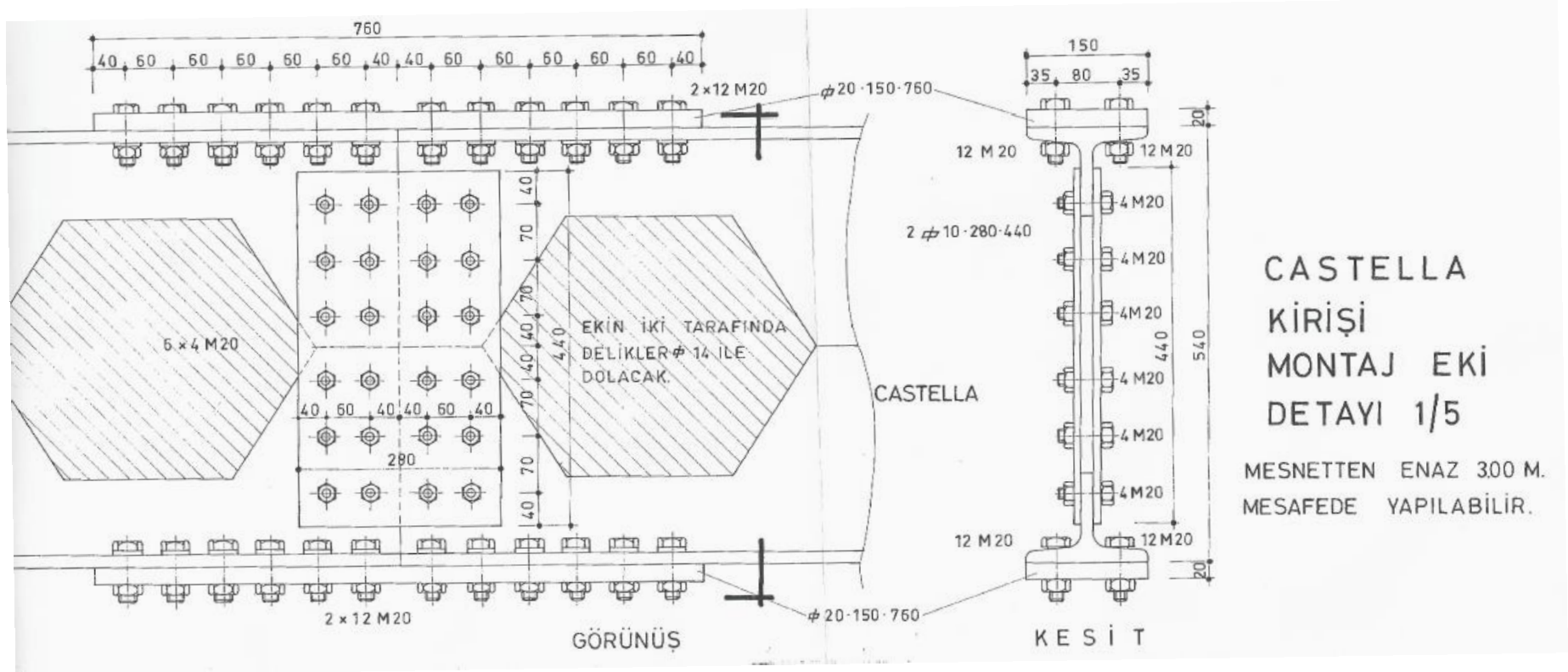


Ek-6

Yapı-3

71

Kiriş Ek Detayı:



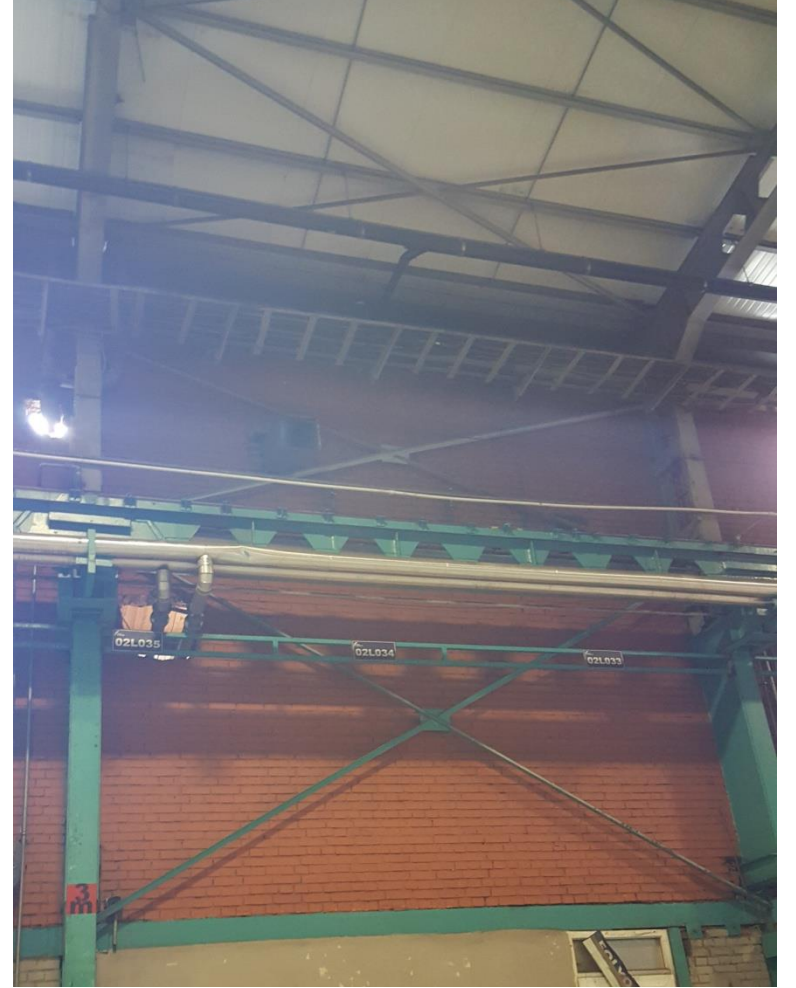
Ek-6

Yapı-3

72

Çatı çaprazları ve düşey çaprazlar L50x50x5 profillerden teşkil edilmiştir.

Yürürlükte olan deprem yönetmeliği ve sistemin tekrar çözülerek elde edilen verilere göre kesitler yetersiz kalmaktadır. Bu çaprazların uygun profillerle değiştirilmesi gerekmektedir.



Ek-6

Yapı-3

73

Yapının kalkan duvarı ve yan cephelerinde ateş tuğlasından duvarlar örülmüştür.

Çatı çaprazları ve yan düşey çaprazların boyutlandırılmasında, bu duvarın deprem esnasında oluşturacağı ek kuvvetler de göz önüne alınmalıdır.



Ek-6

Yapı-3

74

Yapma kolonlarda düzensiz bir şekilde levha kaplanması gözlemlenmiştir. Bu durum yapı davranışını olumsuz yönde etkilemektedir.

Yapı bütünlüğü göz önüne alındığında, bu kaplamaların kolon tabanına kadar indirilmesi gerekmektedir.



İnş. Yük. Müh. Sezai GÜVENSOY

Ek-6

Yapı-3

75

Uzun işletme geçmişine sahip bu gibi yapılarda, kren kirişlerinin özellikle petek kiriş olarak teşkil edilmiş olanların yorulma testlerinin yapılması, kaynaklarda çatlak oluşup oluşmadığı, kolona bağlantı cıvatalarında gevşeme, kopma, sıyrılma olup olmadığı kontrol edilmelidir.



Yapılması Gereken Kontroller

76

- Güçlendirme çalışmaları sırasında uygulamacı firmayı kontrol ederek hazırlanmış olan güçlendirme projelerine ve yapım şartnamelerine (TS EN 1090-1 ve TS EN 1090-2) uygun olarak imalat ve montaj yapılmasının sağlanması.

Sonuçlar

77

- ❖ Yukarıda açıklandığı üzere Mevcut Çelik Yapının yeni “Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapım Esasları” ve Deprem Güvenliği açısından yeterli olup olmadığının saptanması için:
 - Yerinde statik projelere uygun kesitler kullanılıp kullanılmadığının kontrolü
 - Kaynak tipleri, kalınlık ve uzunluklarının projeye uygunluğunun kontrolü

Sonuçlar

78

- Birleşimlerde kullanılan normal ve yüksek mukavemetli cıvataların proje verilerine ve uyulması gereken standartlara uygunluğunun kontrolü
- Mevcut çelik yapı malzemelerinin projede belirtilen kalitede olup olmadığının kontrolü
- Cıvataların projelerde verilen tork değerlerine göre uygun sıkılıp sıkılmadığının kontrolü
- Boya kalınlıklarının kontrolü
- Sistemde stabilite eksikliği gösteren noktaların olup olmadığının kontrolü

Sonuçlar

79

- Projede sürtünmeli bulon kullanılmış ise bunların bulunduğu çerçeve köşeleri ve ek yerlerinde gerekli hazırlık (bu bölgelerin boyanmamış olması gibi) yapıp yapılmadığının kontrolü
- Temele bağlantıyı sağlayan ankrajların adet, çap ve beton kenarına olan mesafe bakımından projeye uygunluğunun kontrolünün yapılması gerekmektedir.
- Tüm bu kontroller yapılırken, sistem aslına uygun olarak 3 boyutlu olarak modellenmeli, statik ve dinamik hesapları yapılarak kesiti yetersiz elemanlar tespit edilmeli ve bunlar uygun kesitli elemanlar ile değiştirilerek tekrar çözüm yapıp sonuçlar bir rapor halinde sunulmalıdır.

TEŐEKKÜRLER