



TASARIM KONULARI

Güncellenmiş Versiyon Linki

<http://staforum.sta4.net/default.aspx?g=posts&t=176>

ÖZET

Sta Forum İçerisinde STA Steel Programına Ait Tasarım Konularının Bir Araya Toplandığı Kaynak Döküman

İÇİNDEKİLER

1.	N-M2-M3 ETKİLEŞİMİ	2
2.	SEHİM HESABI KABULLERİ	4
3.	KAYMA BÖLGESİ KONTROLÜ TDY07 4.3.4.3(A)	6
4.	KREN YÜKLERİNİN SEÇİLMESİ	10
5.	KREN BİRLEŞİMİ	11
6.	NARİNLİK TERİMLERİ	12
7.	KARŞILIKLI ETKİ TERİMLERİ KY, KYZ, KZY, KZZ	17
8.	ŞEKİL DEĞİŞTİRME VE YÜKLEME DURUMLARI	20
9.	COMPONENT METOTLA BİRLEŞİM TASARIMI	27
10.	ASSAMBLİ İLE YAPI ÜRETİMİ.....	29
11.	GÜVENLİK KATSAYILARI	40
12.	YANAL BURULMA BURKULMASI (LATERAL-TORSİONAL BUCKLING)	42
13.	KAR BİRİKMESİ	48
14.	BURKULMA BOYU	52
15.	GÜVENLİK KATSAYISININ “0” VEYA “0,01” GİBİ İNANILMAZ DÜŞÜK BİR DEĞERDE ÇIKMASI.....	58
16.	SÜREKLİLİK VE MOMENT AKTARIMI	60
17.	DEVİRİME TAHKİKİ İÇİN YÖN SEÇİMİ.....	67
18.	MAKAS VE KAYICI MESNET.....	71
19.	MAKAS YETERSİZLİKLERİ	77
20.	SONLU ELEMAN BİRLEŞİMLERİ	81

1. N-M2-M3 ETKİLEŞİMİ

Stasteel programında profillerde basınç ve eğilme etkisi birlikte incelenir. Bu etkiler genellikle profil kapasitesine oranlanıp birleştirilerek elde edilen toplamın 1'den az olması istenir. Etkileşim formülleri, burkulma ve burulmalı burkulma etkilerini de göze alır.

Aşağıdaki formüller incelendiğinde;

EN1993-1-1: 2005 bölüm 6.3.3 Eğilme ve eksenel kuvvet altında burkulma hesabı

Olumsuz kombinasyon: 1,35G + 1,5Q

*E_c notasyonuna göre y[2] ana yön, z[3] zayıf yön hesaplarını gösterir.

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{\chi_{LT} \frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}} = 0.0416 + 0.00193 + 0.498 = 0.541 \leq 1 \quad (6.61)$$

Basınç Ana Yön momenti Zayıf Y. Toplam mom. Tepki

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{\chi_{LT} \frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}} = 0.238 + 0.000981 + 0.522 = 0.761 \leq 1 \quad (6.62)$$

Formülün temel olarak üç parçadan oluştuğu görülür. Yine görüldüğü gibi Zayıf yön momenti etkileri daha kritik durumdadır, çünkü profilin zayıf yön dayanımı daha azdır.

$$\frac{N_{Ed}}{\chi \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + \frac{M_{Ed}}{\chi_{LT} \frac{M_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \leq 1.0 \quad (6.66) \text{ Toplam Tepki}$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} = \frac{-30.669\text{kN}}{0.153 \frac{926.72\text{kN}}{1.1}} = 0.238 \text{ Basınç}$$

$$\frac{M_{Ed,2}}{\chi_{LT} \frac{M_{Rk,2}}{\gamma_{M1}}} = \frac{-0.036985\text{kN.m}}{0.988 \frac{86.945\text{kN.m}}{1.1}} = 0.00236 \text{ Ana Yön}$$

$$\frac{M_{Ed,3}}{\chi_{LT} \frac{M_{Rk,3}}{\gamma_{M1}}} = \frac{11.034\text{kN.m}}{0.988 \frac{17.438\text{kN.m}}{1.1}} = 0.705 \text{ Zayıf Yön}$$

Benzer kontroller Eurocode tarafından değişik durumlarda yapılmaktadır. Narinlik ile ilgili terimler ileriki konularda açıklanacaktır.

TS648 Bölüm 3.4 Eksenel basınç ve eğilmeye çalışan çubuklar için hesap

Gerilme kriteri:

$$\frac{\sigma_{eb}}{\sigma_{bem}} + \frac{C_{mx} \sigma_{bx}}{\left[1 - \frac{\sigma_{eb}}{\sigma'_{ex}}\right] \sigma_{Bx}} + \frac{C_{my} \sigma_{by}}{\left[1 - \frac{\sigma_{eb}}{\sigma'_{ey}}\right] \sigma_{By}} \leq 1 \quad \frac{\sigma_{eb}}{0.6 \sigma_a} + \frac{\sigma_{bx}}{\sigma_{Bx}} + \frac{\sigma_{by}}{\sigma_{By}} \leq 1$$

$$0.0477 + 0.000468 + 1.79 = 1.84 > 1 \text{ XXX}$$

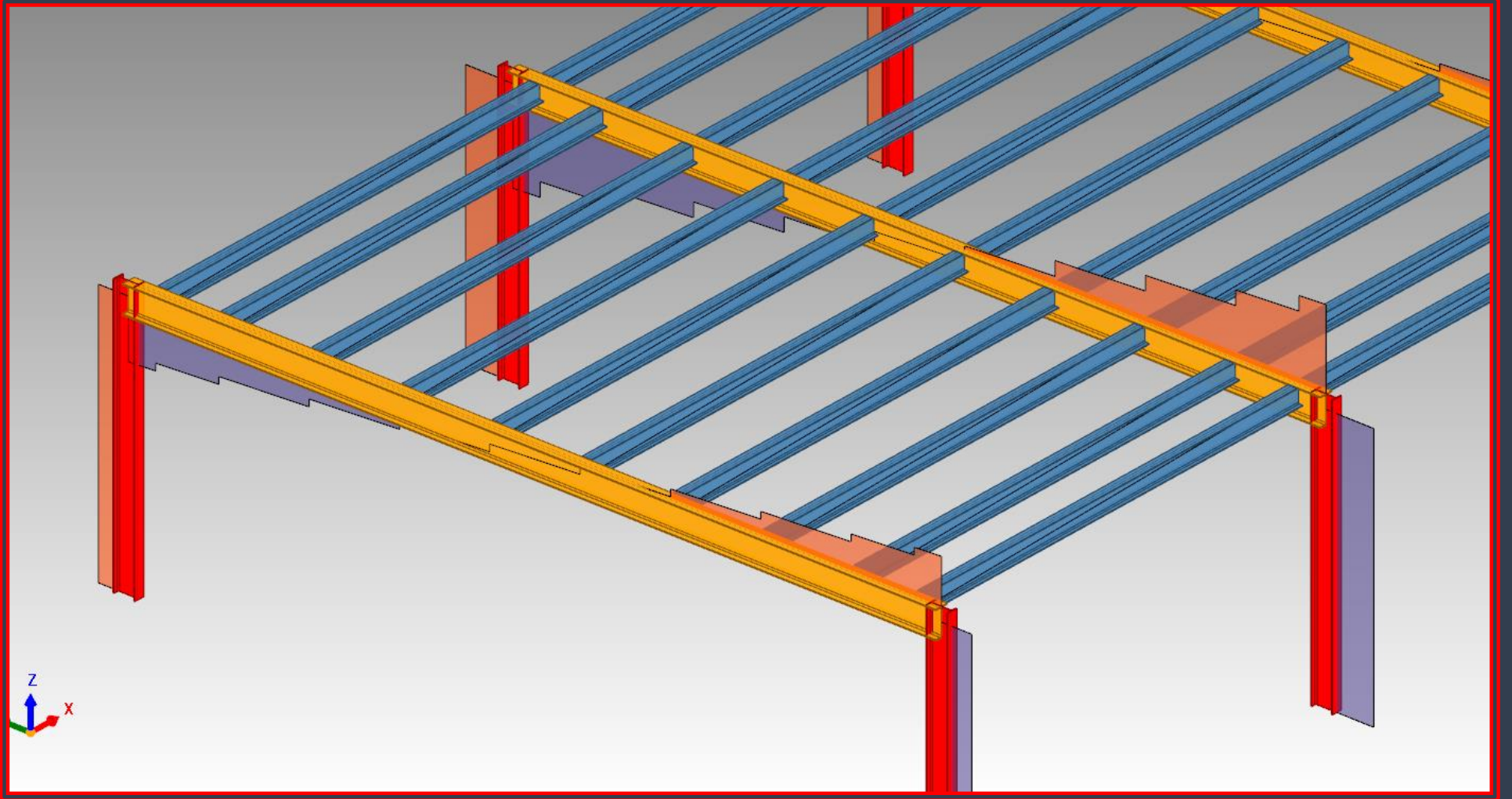
Basınç **Ana** **Zayıf** **Toplam**
Kısmı **Yön** **Yön** **Tepki**

TS648'e bakıldığında, benzer şekilde gerilmeler üstünden karşılaştırma yapılmaktadır. TS648 elastik hesap yaptığı için, sadece zayıf yön momenti incelendiğinde bile profil yetersiz gözükmemektedir. Bu hesap çok basitçe kontrol edilebilir, $M/W=916 \text{ kN.cm}/47,3\text{cm}^3=19,36\text{kN/cm}^2$ lik gerilme elde edilir. Burkulma etkileri ihmal edilerek emniyet gerilmesi tamamen alınsa bile profil yetersiz durumdadır.

Eurocode yönetmeliğinde depremlı kombinasyonlar aynı olmasına rağmen taşıma gücüne göre hesap yapıldığı için özellikle zayıf yön momenti açısından önemli ekonomi sağlanmaktadır.

2. SEHİM HESABI KABULLERİ

Stasteel programında, sehım hesabı yapılırken kiriş uzunluğı, kirişin kesme kuvveti diyagramına ve düğüm noktası tesirlerine bağlı olarak seçilir. Bu sayede kirişlerde ek olması durumunda veya tali kirişler bağlanması durumunda da doğru uzunluk alınır. Örneğin 9m uzunluğundaki ana kirişlere 1m arayla tali kirişler bağlanmış olsun. Kesme kuvveti diyagramını aşığıdaki gibi olacaktır:



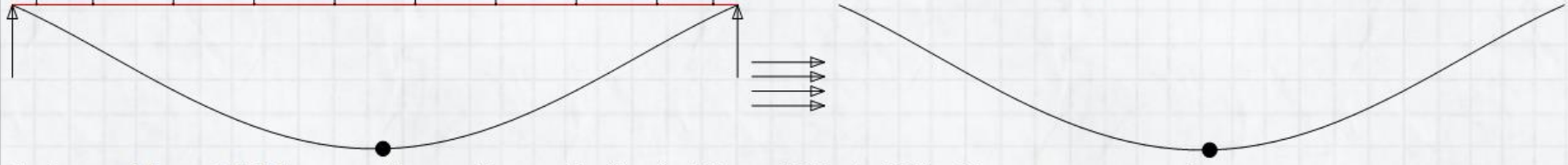
Görüldüğü gibi ana kirişin sehım kontrol noktaları, kesme kuvveti diyagramından anlaşılabilmektedir. Bazı durumlarda neyin taşıyıcı neyin taşınan olduğuna mühendis bile karar veremez, yine en iyi sonuç kesme kuvveti diyagramından alınmaktadır. Bu durumda programın verdiği sehım hesabı aşığıdaki gibidir:

Kiriş Elastik Sehim Hesabı

<<<< Sehim hesabı için kullanılan kombinasyonlar >>>>

Ölü yüklemde $R_{SOL} : 4.6254 \text{ kN}$, $R_{SAG} : 4.6254 \text{ kN}$

İki ucu mesnetli kirişe uygun sehim hesabı, sehimler iki uç arasından geçirilen doğruya göre hesaplandı.



Toplam sehim: $2.0736 \text{ mm} \leq$ İzin verilen sehim $(L / 300 = 9000 / 300): 30 \text{ mm} \gg$ uygun...v

Ana kirişin uzunluğunun 9m alındığı, ayrıca basit kiriş olarak çalıştığı düğüm noktası tepkilerinden de anlaşılmaktadır. Ana kirişi örneğin iki parçaya bölseydik, sistemin statığı değişmeyeceği için yine aynı hesap yapılırdı.

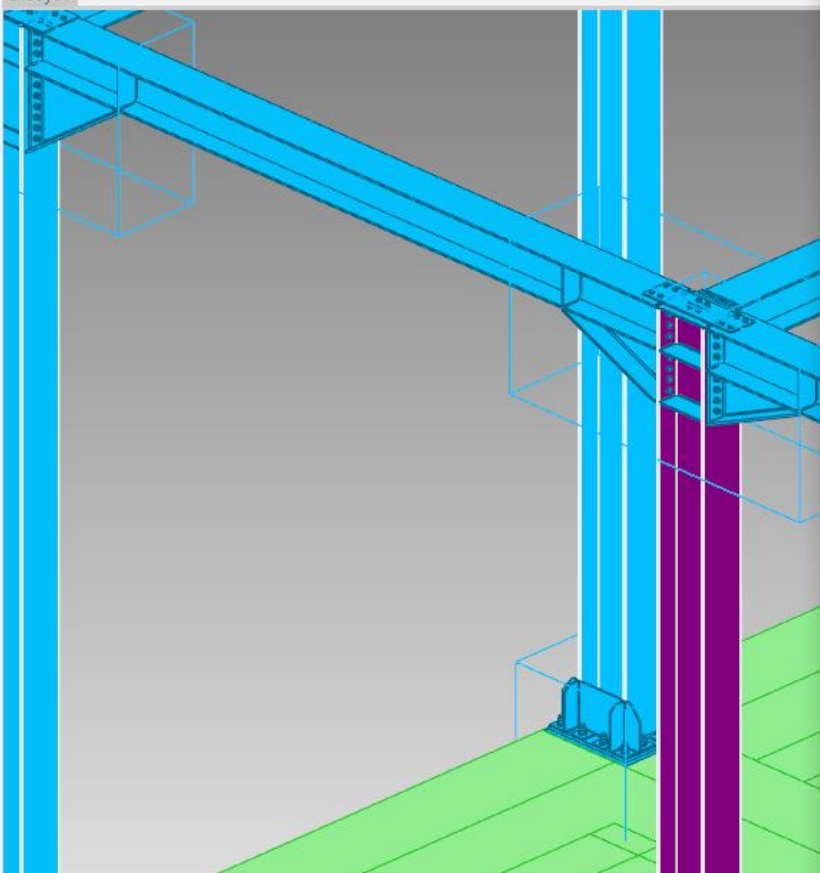
Basit kiriş sehim sınırı olarak bilindiği gibi TS648'de $L/300$ şartı aranmaktadır. Eurocode' da [EN 1990:2002] kısmında [A1.4 Serviceability limit states] başlığı altında sehim kombinasyonları ve tanımları yapılmış, izin verilen sehimin yapının kullanım ihtiyaçlarına ve yerel yönetmeliklere bağlamıştır (Net rakam vermemektedir). Buna binaen Eurocode yönetmeliği seçilirse de $L/300$ üzerinden kontrol yapılır.

Kren kirişlerinde EN1993-6:2007 tablo 7.1 uyarınca $L/600$ 'e izin verilmektedir.

Stasteel programında bu opsiyonlar kullanıcıya açık olmakla birlikte basit kirişlerde $L/300$, konsol kirişlerde $L/250$, kren kirişlerde $L/600$ olarak alınır.

3. KAYMA BÖLGESİ KONTROLÜ TDY07 4.3.4.3(a)

Bilindiği gibi deprem yönetmeliği, kayma bölgesinin kesme dayanımını, bağlanan kirişlerin kapasitesine bağlı olarak kontrol etmektedir. Özellikle iki taraftan kiriş bağlanan kolonlarda, iki kirişin birden kapasitesi hesaba girdiği için kurtarmakta zorluk çıkabilir:



3 Boyut

Proje: ADEN YEM - 5/1/2017

Opsiyonlarda tanımlandığı şekilde guse yüksekliği(33.363cm), L_m 'nin 0.2 den küçük olduğu için

TDY2007 bilgileri

Ω_x :2.5, Ω_y :2.5
 R_x :8, R_y :8 (YS)/(YS)
 α_x : 1, α_y : 1

Bölüm 4.3.1:Enkesit koşulu:
 $(E_s / \sigma_s)^{0.5}$:29.59298 , N_d :230.4kN, $N_d / (\sigma_s \cdot A)$:0.061272
Kriter 1 >> $b/2t$ veya b/t :7.894737, sınır:8.877895
Kriter 2 >> h/t_w :35.45454, sınır:84.83363
YETERLİ V

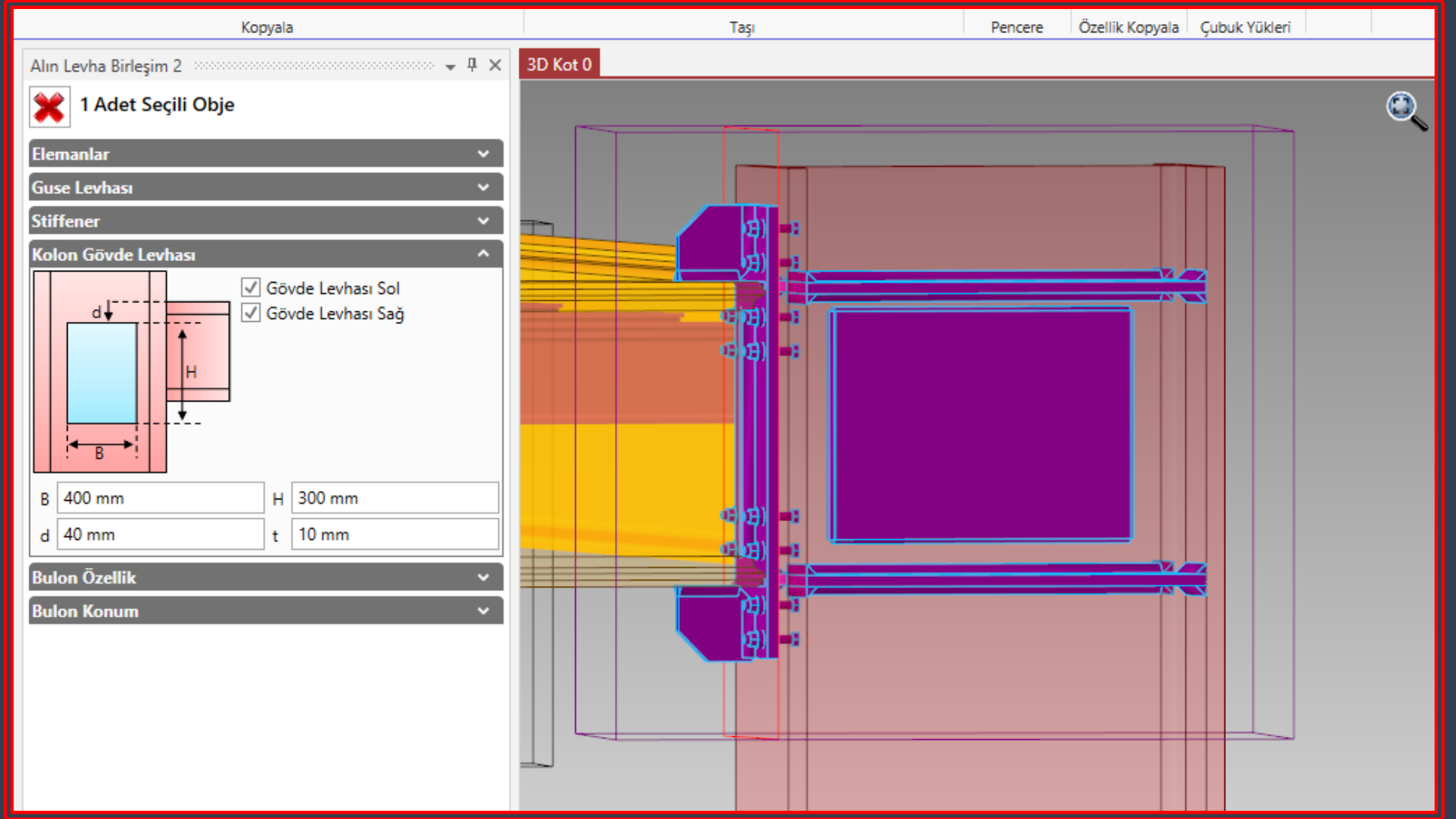
Güçlü kolon hesabı
Tasarımda kullanılan kolonlar:S2, kirişler:B2 / B1 / B1
 R :8 / 8(YS)/(YS)
TDY 4.3.2.3 maddesi gereği üst kata devam etmeyen kolonlarda güçlü kolon hesabı yapılmaz

Kayma bölgesi kontrolü(m4.3.4.3)
db:Kiriş enkesit yüksekliği[cm]:29
Hort:Ortalama kat yüksekliği[cm]:682.64
dc:Kolon enkesit yüksekliği[cm]:39
tp:Takviye levhaları dahil olmak üzere kayma bölgesi toplam levha kalınlığı[cm]:1.1
bcf:Kiriş enkesiti başlık kalınlığı[cm]:30
tcf:Kolon enkesiti başlık kalınlığı[cm]:1.9
 V_{ke} :Tasarım kesme kuvveti[kN]:1779.7, V_p :Kesme dayanımı:762.86
Kayma bölgesi yeterli kapasiteye sahip değil, takviye levhası kullanınız >>> HATA XXX
(Gerekli tp:30mm)

Dışmerkezli bağ kirişi hesabı
Kolona bağlı dışmerkezli bağ kirişi bulunamadı
Kolona bağlı bağ kirişi bulunmadığı için 4.8.8.1 kontrolü yapılmayacaktır.

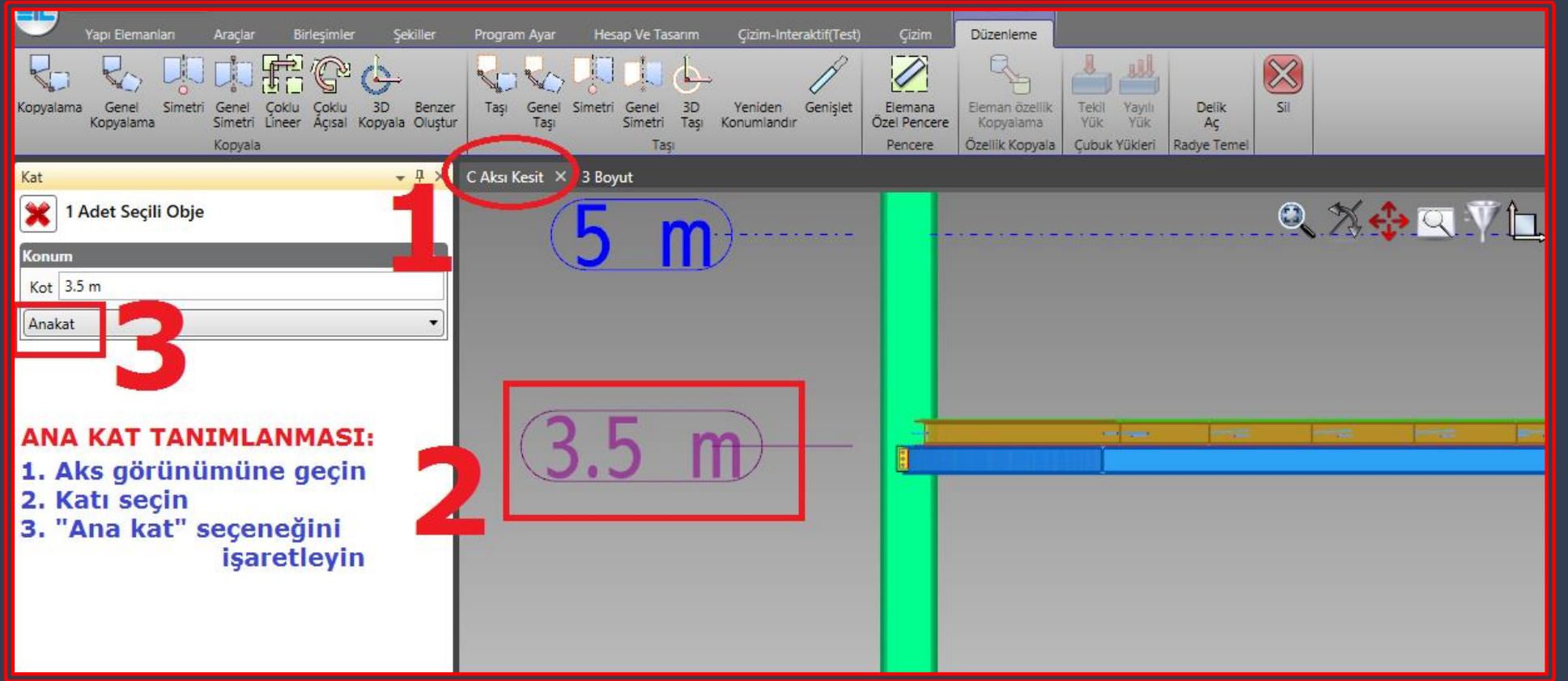
TDY 4.3.1.2 kontrolü
 Ω :2.5 için maksimum basınç ve çekme kuvvetleri:-251.1 / 0 kN
 F_y :23.54, σ_{bem} :14.094 kN/cm²
 A_{tam} :160.01, A_{Net} :160.01 cm²
 $N_{bp} = 1.7 \sigma_{bem} A_{tam}$:3833.9, $N_{cp} = F_y A_{Net}$:3766.6 kN
Güvenlik katsayısı ζ : 15.27 Uygun

Bu durum için birkaç çözüm mevcuttur. Program gerekli gövde kalınlığını da raporlarda belirtmektedir. İstenirse kolon gövdesine ek levhalar koyularak bu kalınlık sağlanır:



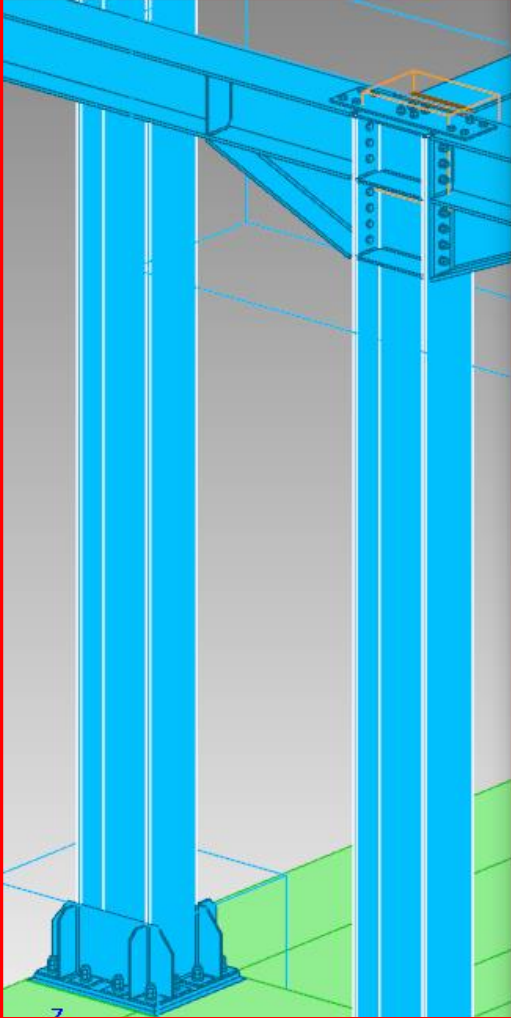
Diğer bir çözüm, yönetmelik normal sünek tasarlanan iki kata kadar olan yapılarda bazı yüksek sünek kontrollerini istememekte veya kriterlerini azaltmaktadır. Bu yapı tek katlıdır ve programa kat tanımı yapılmamıştır.

Kat tanımlı yapmak için:



Sisteme herhangi bir akstan bakılır, kat tanımlı yapılacak ızgara seçilir ve ANA KAT tanımlı yapılır. Yeni güncellemelerde "0" kotunu da ANA KAT olarak tanımlamalısınız.

Ayrıca programın "Yapı Bilgi" kısmında R katsayısı olarak Normal Süneğe uygun seçim yapılırsa 4.4.2.3 maddesine göre 4.3.4.3(a) kontrolünde kiriş kapasitesi yerine çarpanları büyütülmüş statik değerler kullanılacaktır.



STA steel

Proje: ADEN YEM - 5/1/2017

Opsiyonlarda tanımlandığı şekilde guse yüksekliği(33.363cm), L_m 'nin 0.2 den küçük olduğu için BB5 şartı k

TDY2007 bilgileri

$\Omega_x:2, \Omega_y:2$
 $R_x:4, R_y:4$ (NS)/(NS)
 $\alpha_x:1, \alpha_y:1$

Bölüm 4.3.1:Enkesit koşulu:

4.4.1.1 maddesine göre iki veya daha az katlı binalarda 4.3.1 kontrolüne gerek bulunmamaktadır.

Güçlü kolon hesabı

Tasarımda kullanılan kolonlar:S2, kirişler:B1 / B1 / B2
 $R:4 / 4(NS)/(NS)$
TDY 4.3.2.3 maddesi gereği üst kata devam etmeyen kolonlarda güçlü kolon hesabı yapılmaz

Kayma bölgesi kontrolü(m4.3.4.3)

db:Kiriş enkesit yüksekliği[cm]:29
Hort:Ortalama kat yüksekliği[cm]:682.64
dc:Kolon enkesit yüksekliği[cm]:39
tp:Takviye levhaları dahil olmak üzere kayma bölgesi toplam levha kalınlığı[cm]:1.1
bcf:Kiriş enkesiti başlık kalınlığı[cm]:30
tcf:Kolon enkesiti başlık kalınlığı[cm]:1.9
4.2.4'e göre olumsuz kombinasyon $G + Q + 2Ex$, $V_{ke,4.2.4}:187.26kN$
 V_{ke} :Tasarım kesme kuvveti[kN]:187.26, V_p :Kesme dayanımı:762.86
Kayma bölgesi yeterli kapasiteye sahip >>> ✓

Dışmerkezli bağ kirişi hesabı

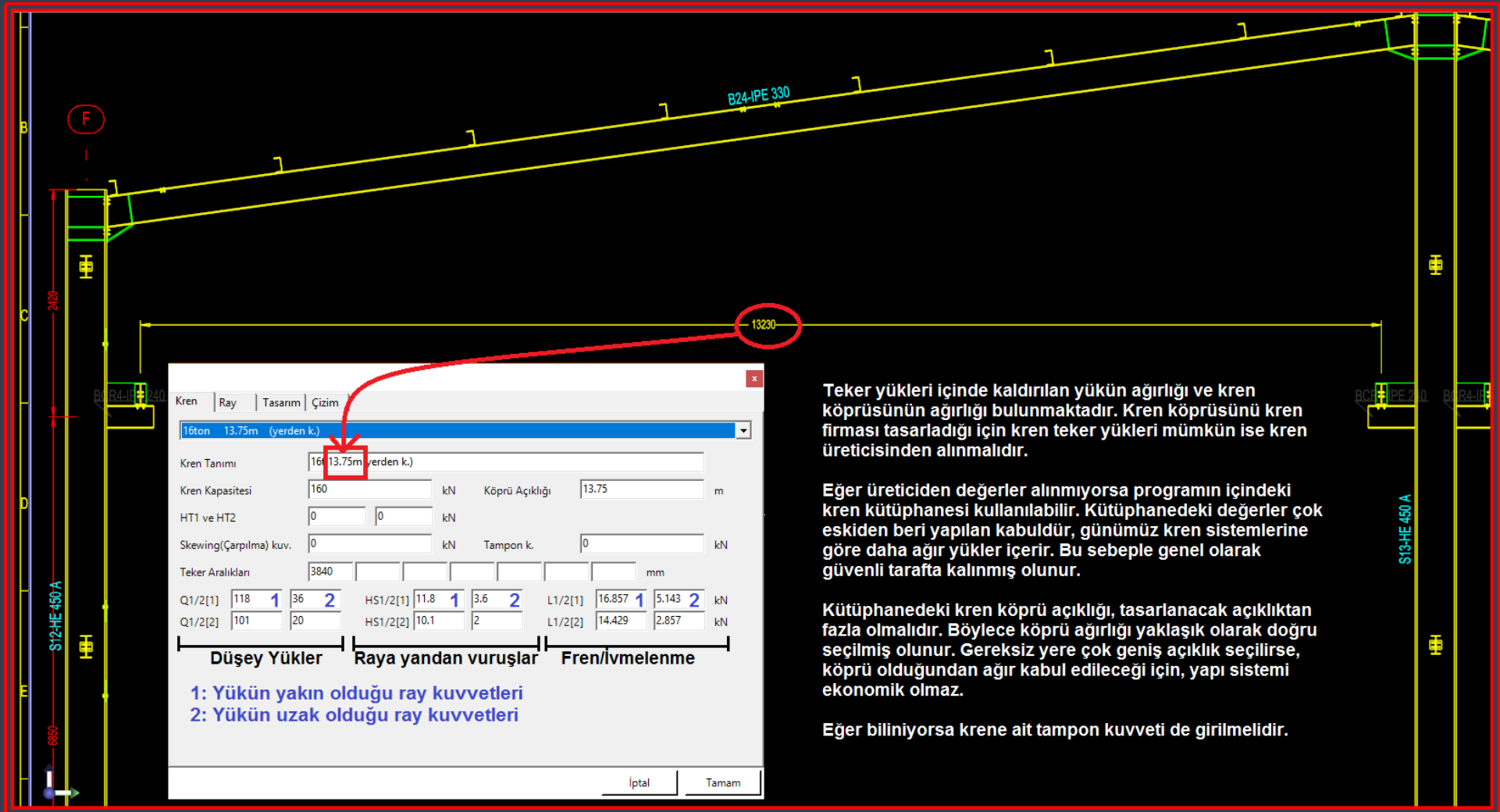
Kolona bağlı dışmerkezli bağ kirişi bulunamadı
Kolona bağlı bağ kirişi bulunmadığı için 4.8.8.1 kontrolü yapılmayacaktır.

TDY 4.3.1.2 kontrolü

$\Omega_o:2$ için maksimum basınç ve çekme kuvvetleri:-271.86 / 0 kN
 $F_y:23.54, \sigma_{bem}:14.096$ kN/cm²
 $A_{tam}:160.01, A_{Net}:160.01$ cm²
 $N_{bp} = 1.7 \sigma_{bem} A_{Tam}:3834.2, N_{cp} = F_y A_{Net}:3766.6$ kN
Güvenlik katsayısı **Ç: 14.1** Uygun

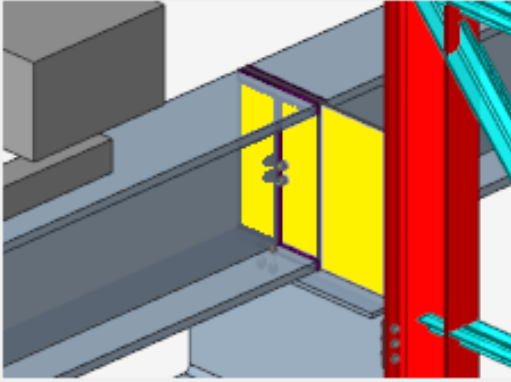
Tasarım kesme kuvveti bu uygulama ile 1779 kN'dan 187 kN'a düşürülmüştür. Birleşim bölgesi kapasitesi iki durumda da 762 kN'dur. Bu yapı esasında küçük bir yapı olduğu için gelen kuvvetlere göre tasarımda rahatlıkla sistem kurtarmaktadır.

4. KREN YÜKLERİNİN SEÇİLMESİ

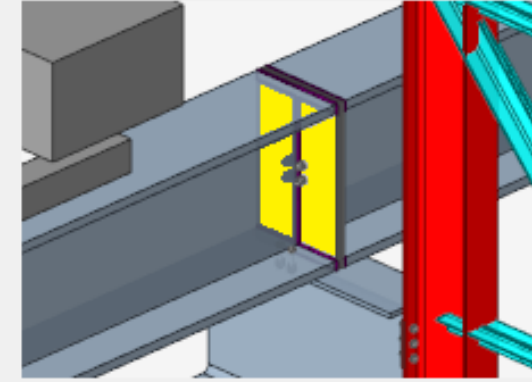


5. KREN BİRLEŞİMİ

Seçilen birleşimde, kren kirişi başlığı kolona bağlanacaksa raya dik yatay yükler başlık üzerinden direk kolona aktarılacağı için profil ekseninde burulma ortaya çıkartmayacağı düşünülebilir. Eğer böyle bir birleşim yoksa kirişe başlık hizasından yandan tutulacağı alt noktaya kadar program otomatik olarak "EK BURULMA" yükü yükleyecektir. EK BURULMA yükünün seçiminde, program kirişleri yandan tutan yüzey/makas/çubuk sistemi olup olmadığını da kontrol eder. EK BURULMA yükünün yüklenmesini istemiyorsanız soldaki seçeneği seçiniz.



Yatay vuruşlar kiriş gövdesinde burulma oluşturmaz



Yatay vuruşlar kiriş gövdesinde burulma oluşturur

Not: Üst başlığın yatay çapraz/sac kaplama ile tutulduğu durumlarda otomatikman ek burulma yükü alınmaz

6. NARİNLİK TERİMLERİ

Eurocode yönetmeliğinde genel olarak χ sembolü narinliği ifade eder. Birçok yerde kullanılmaktadır, en basit şekilde şöyle açıklanabilir:

$$\frac{\boxed{N_{Ed}}}{\boxed{\chi} \frac{\boxed{N_{Rk}}}{\gamma_{M1}}} + \frac{\boxed{M_{Ed}}}{\boxed{\chi_{LT}} \frac{\boxed{M_{Rk}}}{\gamma_{M1}}} \leq 1.0 \quad (6.66)$$

N_{Ed} : Eksenel kuvvet(Kombinasyon sonucu oluşan)

M_{Ed} : Moment

N_{Rk} : Eksenel kuvvet dayanımı

M_{Rk} : Moment dayanımı

χ : Eksenel kuvvet dayanımı çarpanı,

χ_{LT} : Eğilme-burulma dayanımı çarpanı,

Formülden anlaşıldığı gibi, narinlik katsayısı dayanım ile çarpılır, yani narinlik katsayısı "1" ise dayanımda azalma olmaz.

Formülün ana mantığı:

$[KUVVET] / [DAYANIM] < 1$ şeklindedir.

Narinlik arttıkça dayanım çarpanı ve kesit dayanımı azalır, formül 1'den büyük değer alır.

Narinliği etkileyen faktörler şunlardır:

$$\lambda_1 = 93.3 \varepsilon \quad \bar{\lambda} = \frac{L_{cr}}{i \cdot \lambda_1} \quad \Phi = 0.5 \left[1 + \alpha (\bar{\lambda} - 0.2) + \bar{\lambda}^2 \right] \quad \chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} \leq 1$$

Malzeme dayanımı
artıkça narinlik artar,
kesit dayanımı azalır

Atalet yarıçapı
artıkça narinlik azalır,
kesit dayanımı artar

Burkulma boyu
artıkça narinlik artar,
kesit dayanımı azalır

**Kesit şekli de (I, boru
vs..) narinliği
etkilemektedir**

Tüm bu faktörler kesit dayanım çarpanı X yi etkiler

Kesit dayanım çarpanı [0-1] arasında bir katsayıdır. "1" çıkması, narinlik dolayısıyla hiçbir azaltma yapılmadığını gösterir.

Bu etkenleri teker teker ele alırsak:

Malzeme Kalitesi;

Malzeme kalitesi artıkça ε değeri azalır ve daha narin kesit oluşur.

Atalet Yarıçapı;

Atalet yarıçapı kesit şekliyle ilgilidir. (açıklama)

Aynı alana sahip farklı kalınlıklardaki profillerin atalet yarıçapı farklı olur. Örneğin boru profilin çapını artırıp et kalınlığını azaltarak aynı alanı elde edebilirsiniz fakat atalet yarıçapı artmış olur.

Burkulma Boyu;

Profil yeterince tutulu değilse burkulma boyu artacağı için narinlik de artar. Stasteel' de çözümde yapılan burkulma kabulü ayrıntılı olarak açıklanmıştır. Gerekli durumlarda basit burkulma önlemleri alarak kesitler küçültülebilir. (aşağıda öneri getirilecek)

>>>> Tutulma kabulleri <<<<

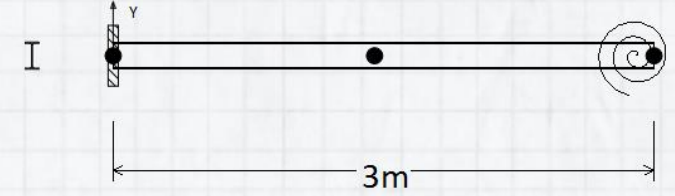
0/1/0 yönü için burkulma sistemi(Ana Yön)

Başlangıç ucu tutulu çubuk.

Ankastre çubuk, burkulma boyu maksimum 2L olur.

Sonlu Eleman Modeli s2k kaydet

Nokta	X-m	Z	Tut	DönmeYayı-kN/m ²	Kesit
1	0	0	UX,UZ,RY	-	-
2	0	1.45		-	IPE 240
3	0	2.9		2418.5	IPE 240
4	0	3		-	IPE 240



Tablo: Burkulma hesaplarında dönme serbestliğine atanan yaylar

Nokta	Yay elemanı	DönmeYayı-kN/m ²
3	B1	2418.5

Kabul edilen burkulma yükü: 3592kN, burkulma boyu($\pi^2 EI / N_{cr}$)^{0.5} :4.703m

Ana yön(M2 yönü) burkulma yükü ve burkulma boyu

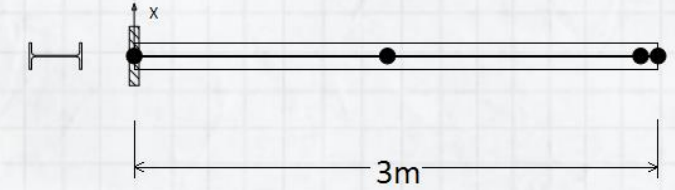
1/0/0 yönü için burkulma sistemi(Zayıf Yön)

Başlangıç ucu tutulu çubuk.

Ankastre çubuk, burkulma boyu maksimum 2L olur.

Sonlu Eleman Modeli s2k kaydet

Nokta	X-m	Z	Tut	DönmeYayı-kN/m ²	Kesit
1	0	0	UX,UZ,RY	-	-
2	0	1.45		-	IPE 240
3	0	2.9		-	IPE 240
4	0	3		-	IPE 240



Aradan bağlı yay bulunmamaktadır.

Kabul edilen burkulma yükü: 160.19kN, burkulma boyu($\pi^2 EI / N_{cr}$)^{0.5} :5.9987m

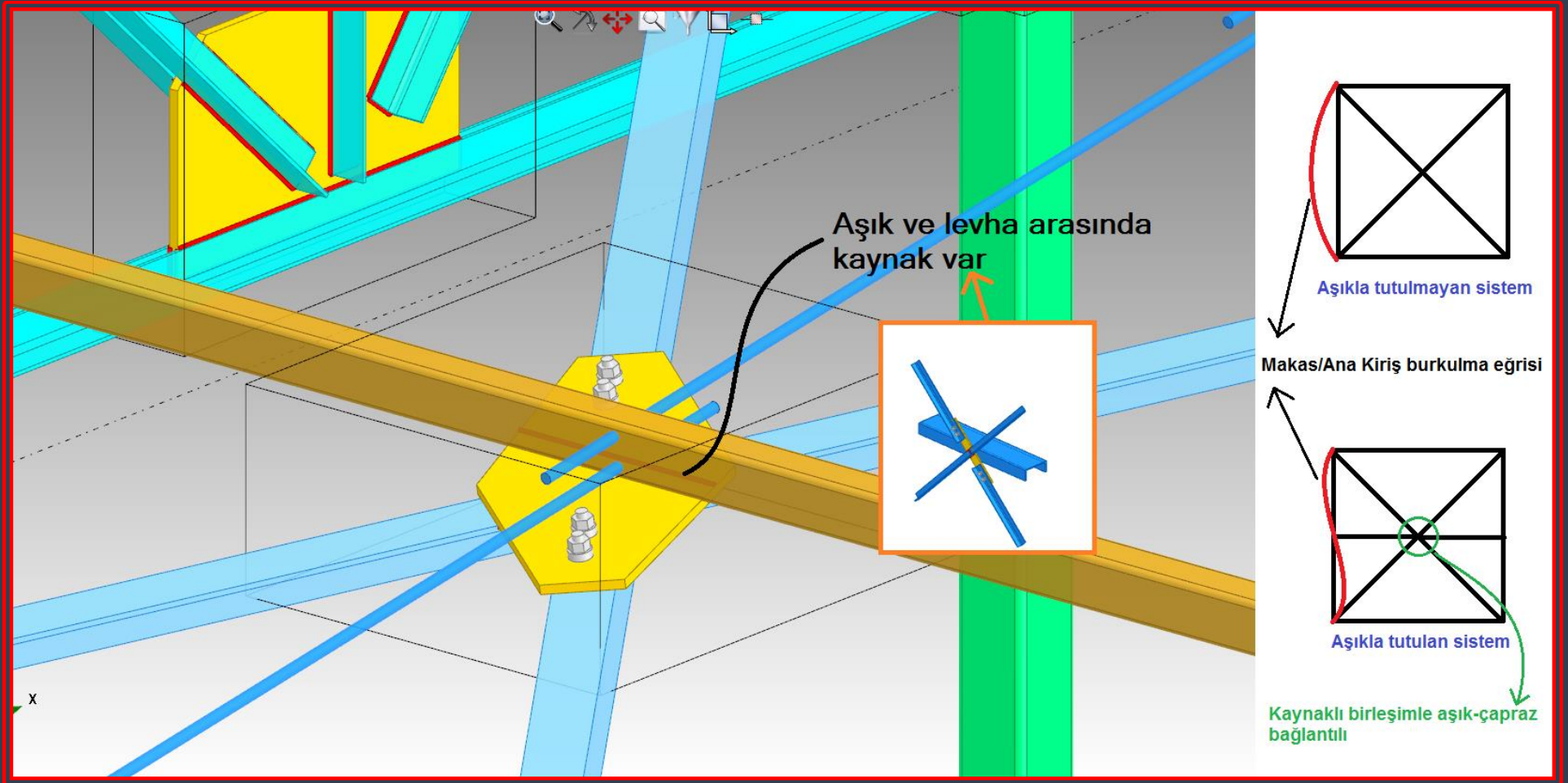
Zayıf yön(M3 yönü) burkulma yükü ve burkulma boyu

Kesit Şekli;

Kesit şeklinin de burkulmaya etkisi vardır, fakat bu ana parametrelerden biri değildir.

Projem Kurtarmıyor Kesit Mi Büyütmeliyim?

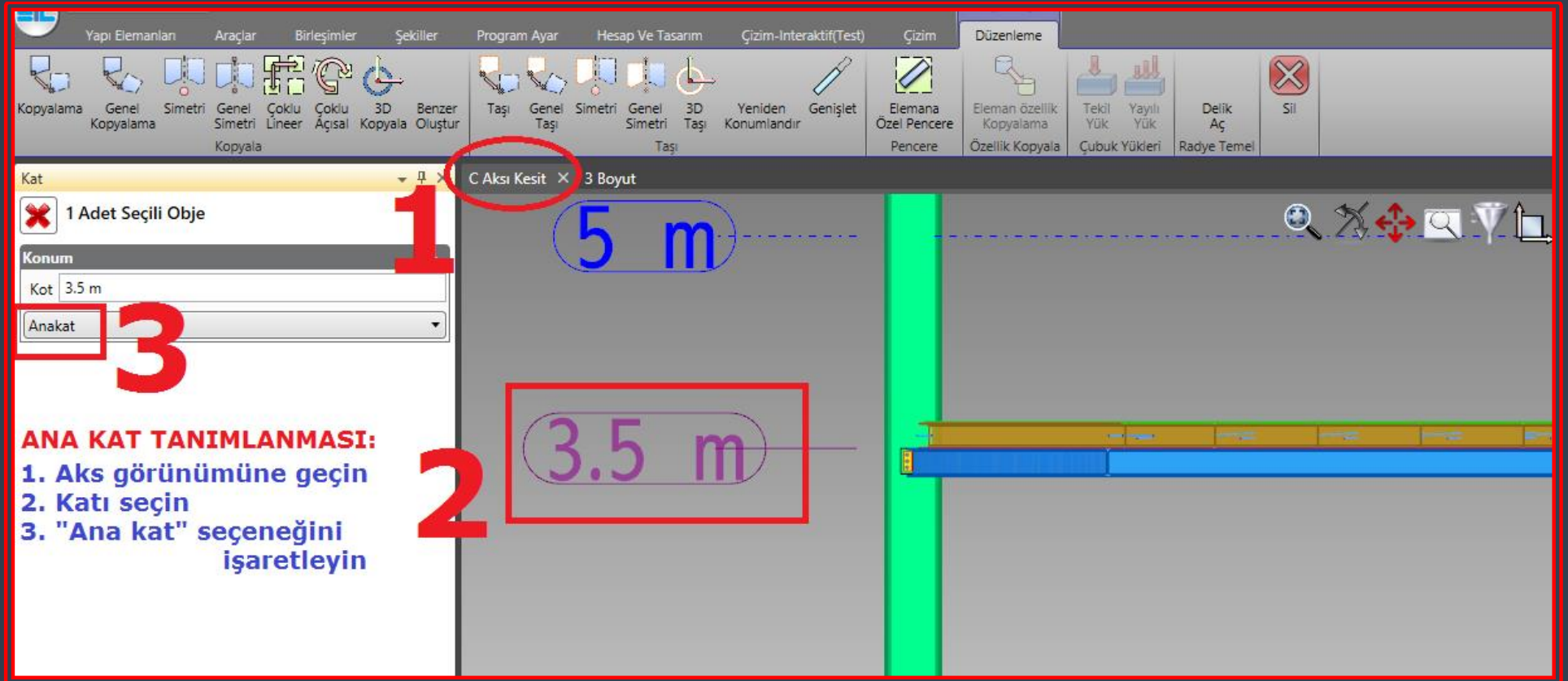
Evet. Gerekirse kesit büyütmelisiniz. Bu sene kış biraz sert geçti, yıllardır kullanılan birçok çatı ne yazık ki göçtü. Artık herkes fabrikasını atölyesini vs. sigortalattığı için sigorta şirketleri müteahhitin ve mühendisin yakasına yapışıyor. Herkes yanlış yapabilir, fakat lütfen yanlış referans almayın. Yönetmelikler inşaat yapılarını 40-50 sene kullanılacak gibi boyutlandırır, yani müteahhitin 20 senedir aynı işi yapıyor olması sizi ve onu her zaman kurtarmaz. Tabi Allah göstermesin can kaybı da olabilir o artık işin başka bir boyutu. Bile bile hata yapmamak lazım. Tabi kesit büyütmeden yapılabilecek şeyler de var. İlk olarak kesitteki sorunun narinlikten mi kaynaklandığını kontrol edin. Başka sorunlar da olabilir, şu anki konumuz narinlik olduğu için bu konuyla ilgili olarak şunlar yapılabilir:



Ana giriş ve makas başlıkları, doğru aşık sistemiyle ek maliyet olmadan tutulabilir.

Bir başka konu da, zayıf yön narinliğinde sorun varken ana yönde profil boşuna büyütülüyor olabilir. Narinliğin hangi yönden kaynaklandığına bakın. Mesela I profilin zayıf yön atalet momenti (ve haliyle atalet yarıçapı) U profile göre daha düşüktür. Aynı alana sahip U profil kullanarak da kesiti kurtarabilirsiniz

Bina şeklinde katlardan oluşan çelik yapılarda, kat tanımları yapılması durumunda o kattaki öteleme ve kesme kuvveti durumuna göre tutulma özelliği değişmektedir, varsa kat tanımlarının yapılması burkulma boyunu önemli miktarda azaltabilir:



Tanımlanan yükler gerçekçimi, kar yükü almaya gerek var mı? Yapı animasyonu doğru mu vs. bunları kontrol edin.

Son olarak şunu söyleyebiliriz, basitçe $F/A+M/W$ hesabını elle yapın, zaten buradan elde ettiğiniz gerilme büyükse narinlik vs. ile hiç ilgilenmenize gerek yok, kesiti büyütün.

7. KARŞILIKLI ETKİ TERİMLERİ k_{yy} , k_{yz} , k_{zy} , k_{zz}

EN 1993-1-1:2005' de bölüm 6.3.3'de yapısal elemanların basınç ve çift yönlü burkulmalı eğilme durumu detaylı olarak incelenmiştir:

EN1993-1-1: 2005 bölüm 6.3.3 Eğilme ve eksenel kuvvet altında burkulma hesabı

Olumsuz kombinasyon: 1,35G + 1,5Q

*Eç notasyonuna göre y[2] ana yön, z[3] zayıf yön hesaplarını gösterir.

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{\chi_{LT} \frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}} = 0.0416 + 0.00193 + 0.498 = 0.541 \leq 1 \quad (6.61)$$

Basınç **Ana Yön** **Zayıf Y. Toplam**
momenti **mom. Tepki**

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{\chi_{LT} \frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}} = 0.238 + 0.000981 + 0.522 = 0.761 \leq 1 \quad (6.62)$$

Etkileşim katsayıları;

k_{yy} : Y yönü (Ana yön) tesirlerinin Y yönü tasarımına etkisi

k_{yz} : Y yönü tesirlerinin Z yönü (Zayıf yön) tasarımına etkisi

k_{zy} : Z yönü tesirlerinin Y yönü tasarımına etkisi

k_{zz} : Z yönü tesirlerinin Z yönü (Zayıf yön) tasarımına etkisi

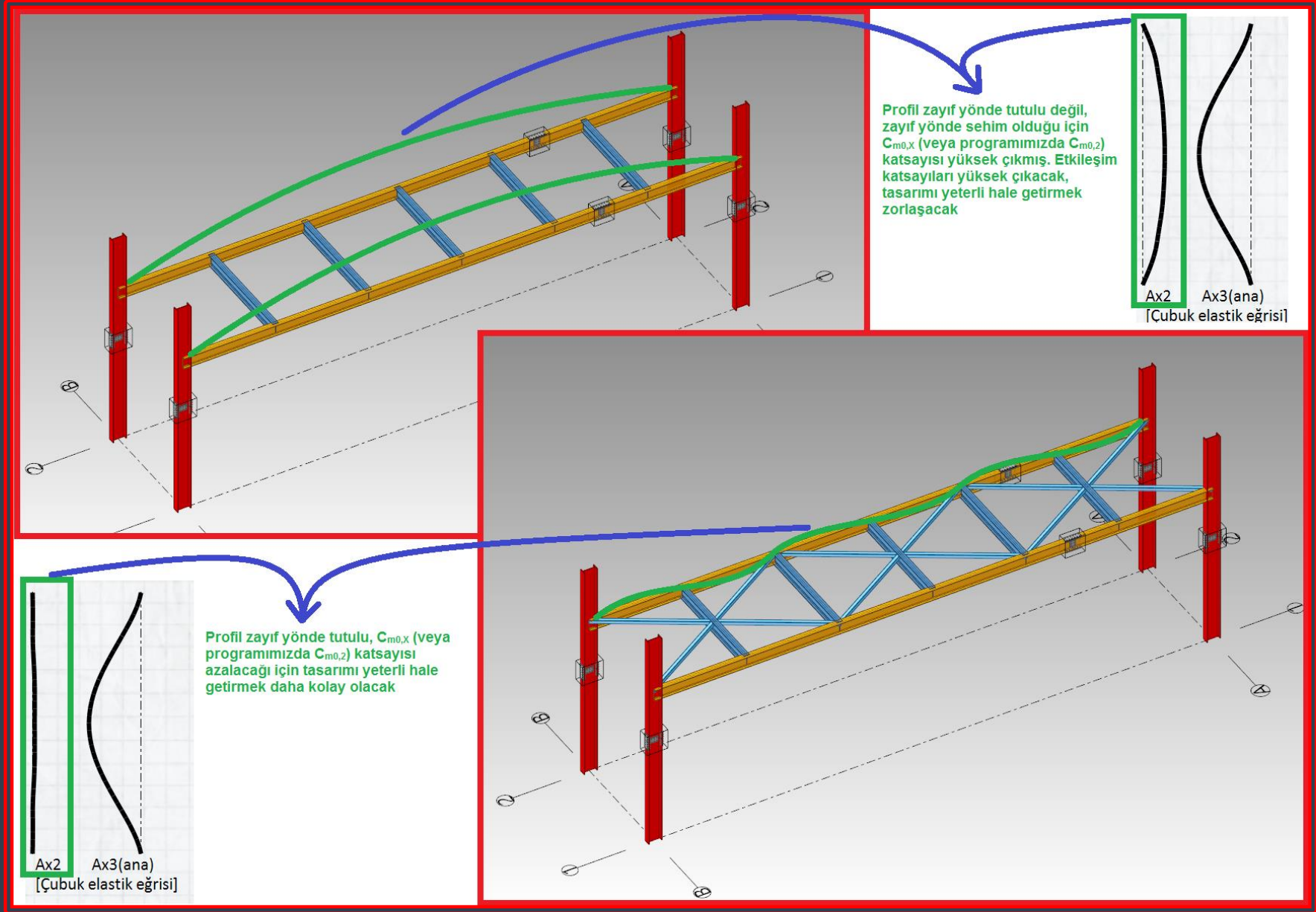
$$C_{mi,0} = \text{Max} \left[0.79 + 0.21\Psi_i + 0.36 \left(\Psi_i - 0.33 \right) \frac{N_{Ed}}{N_{cr,i}} ; 1 + \left(\frac{\pi^2 EI_i |\delta_x|}{L^2 |M_{i,Ed}(x)|} - 1 \right) \frac{N_{Ed}}{N_{cr,i}} \right] \quad (\text{Table A.2})$$

$M_{MAX} : 53.404/22.057 \text{ kN.m}$, M oran: 2.42 , $\delta_{MAX} : 5.9636/19.986 \text{ cm}$, $C_{m0,2} : 0.904$, $C_{m0,3} : 1.56$

Zayıf yön etkileşim katsayısı yüksek

k katsayıları, C_{m0} katsayıları kullanılarak hesap edilir ve C_{m0} artıka k artar, tasarımın yeterli hale gelmesi zorlaşır. $C_{m0,X}$ (veya programımızda $C_{m0,2}$) katsayısı ana yön etkilerinden, $C_{m0,Y}$ (veya programımızda $C_{m0,3}$) katsayısı zayıf yön etkilerinden hesaplanır. Etkiler, moment diyagramları ve elastik eğrilerden elde edilir. Program bu katsayıları Annex-A'da tarif edildiği şekilde hesaplamaktadır.

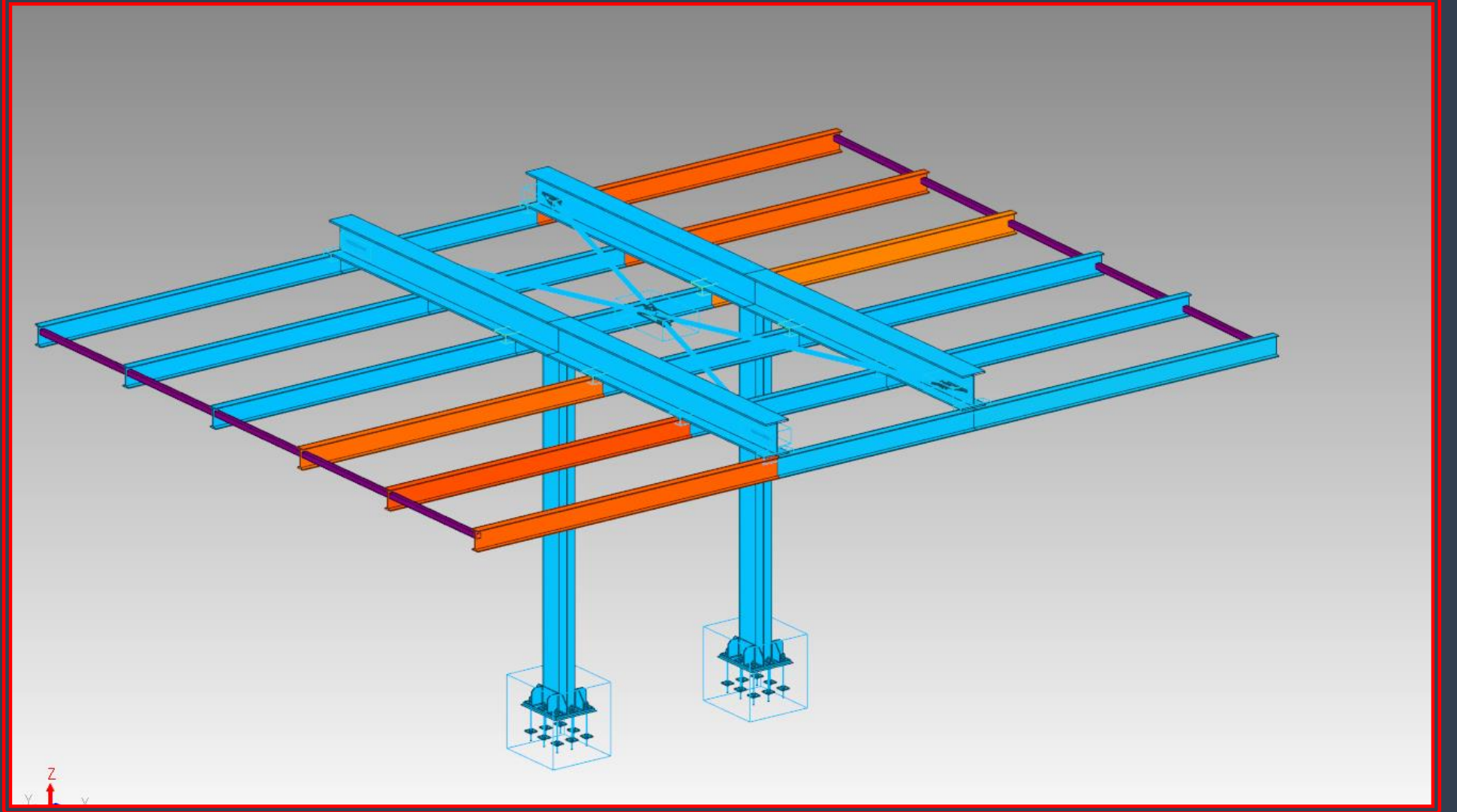
Yukarıdaki şekilde hesapta zayıf yön etkileşim katsayısı yüksek çıktığı için zayıf yöne takviye gerekmektedir. Bu katsayılar 1,5' den büyük çıkıyorsa, müdahale edilip düşürülmeye çalışılmalıdır.



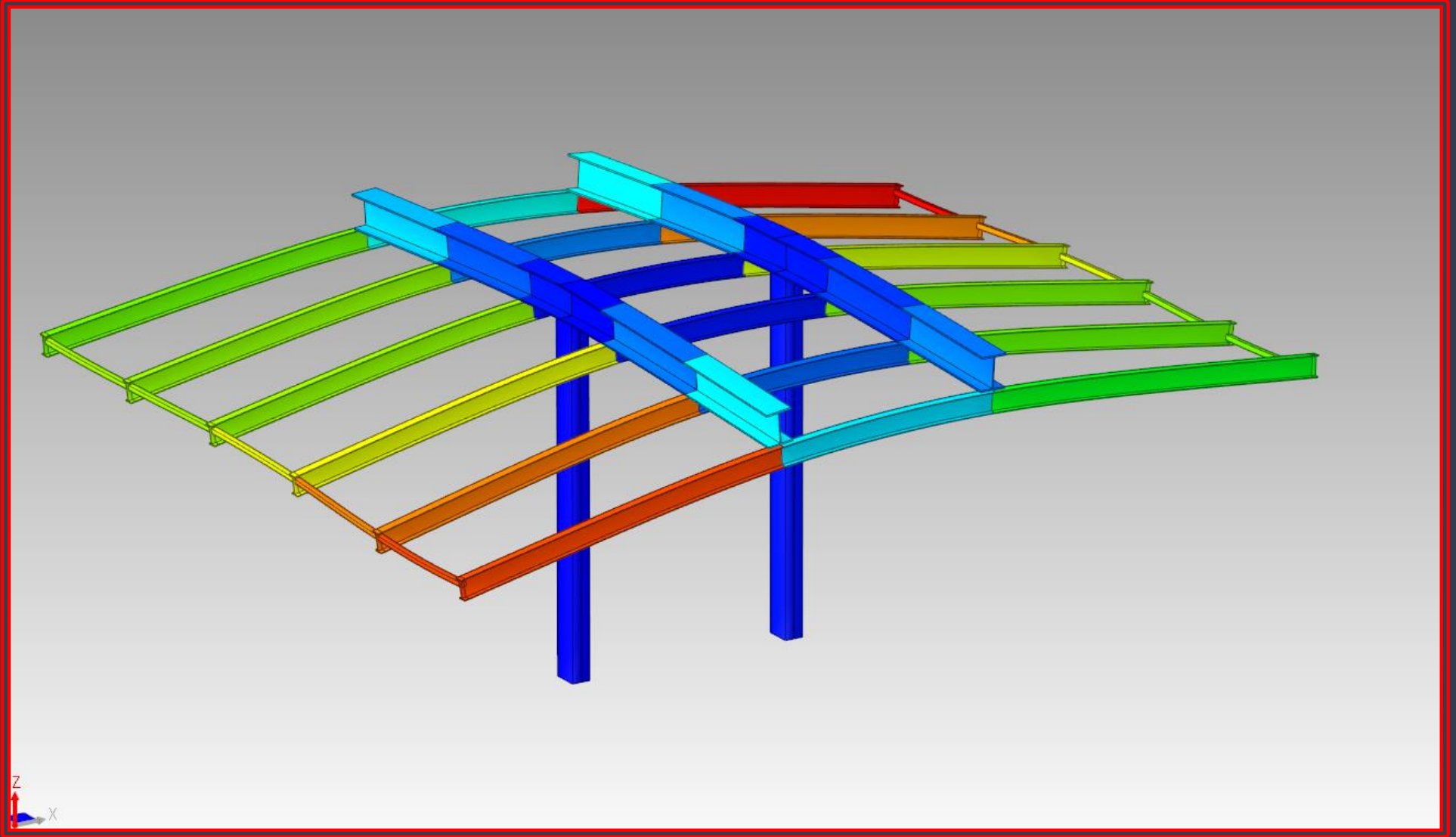
Yapılan bu müdahale ile kZY katsayısı 1,67'den 0,77'lere düşürülmüştür. Aynı ana profili kullanan sistem iki kat güvenli hale gelmiştir. Gerekirse çaprazlarda daha küçük profil de kullanılabilir, önemli olan zayıf yönde yer değiştirmeye karşı tasarım yapılmış olunmasıdır.

8. ŞEKİL DEĞİŞTİRME VE YÜKLEME DURUMLARI

Bazı durumlarda kullanıcılarımız profillerin kurtarmadığından veya sonuçların simetrik olmadığından bahsederek bize projelerini yolluyorlar. Bu durumda ilk bakılması gereken yapı animasyonu ve tesir diyagramlarıdır. Örneğin bize yollanan bir kanopi projesinde simetrik elemanların bazılarının kurtardığı bazılarının kurtarmadığı belirtildi:

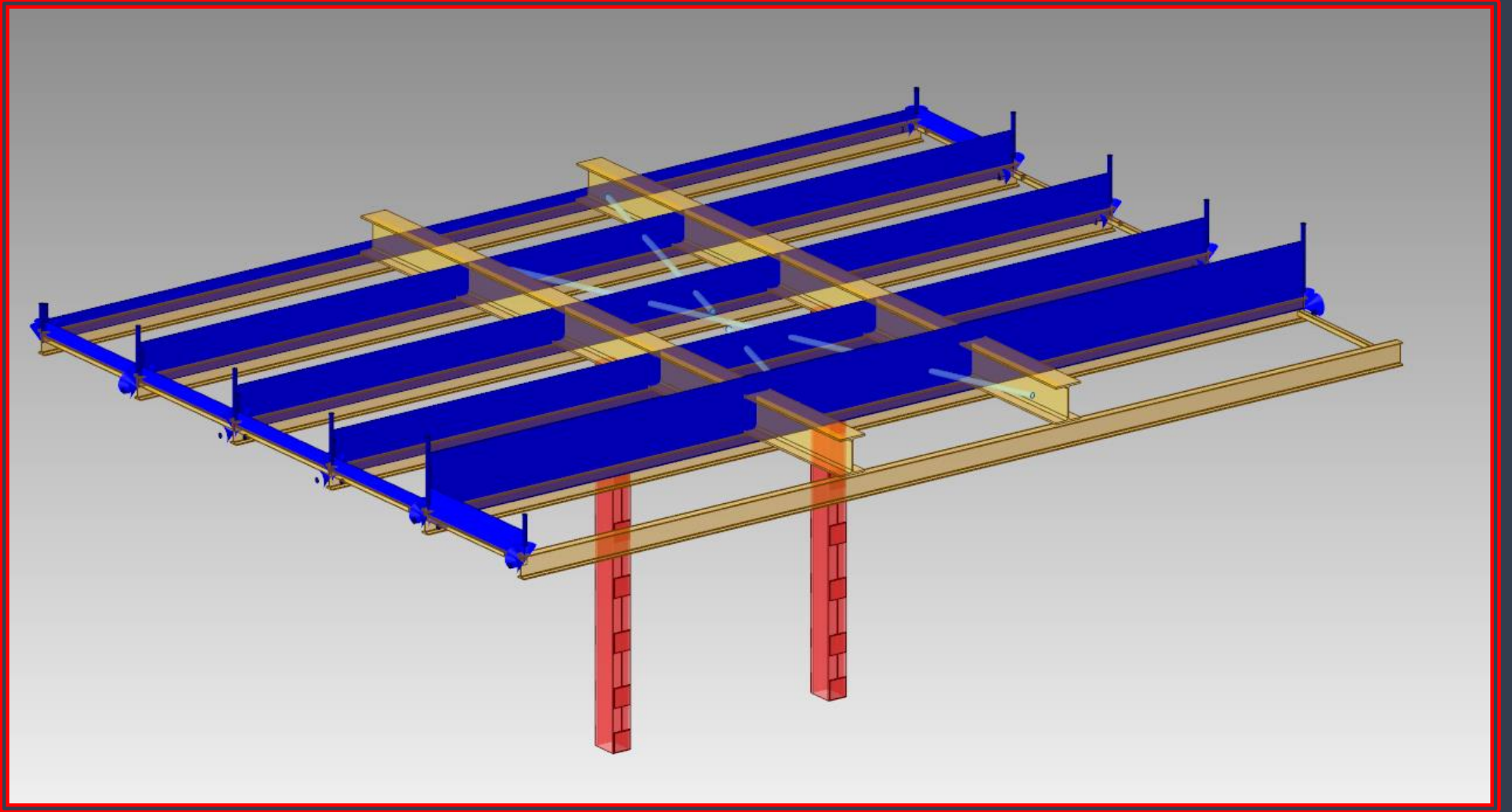


Böyle durumlarda biz de programın menülerinden raporları ve değerleri takip ediyoruz, hatayı daha kolay bulmamızı sağlayan özel araçlar bulunmuyor. İlk olarak şekil değiştirmeye bakıldığında:

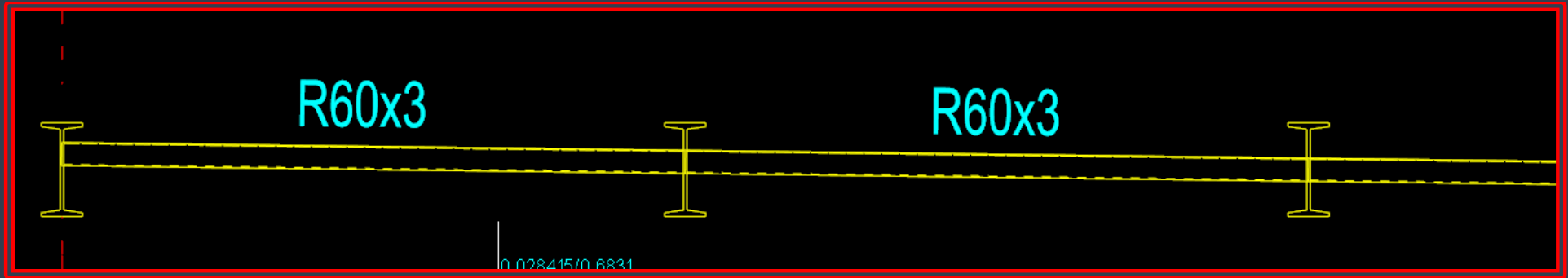


Şekil değiştirmenin de simetrik olmadığı anlaşılır.

Bir adım daha geri gidilip yükleme kontrol edilirse:



Yüklerin bir köşeye yığıldığı görülür. Yığılan yer incelendiğinde de şu ortaya çıkar:

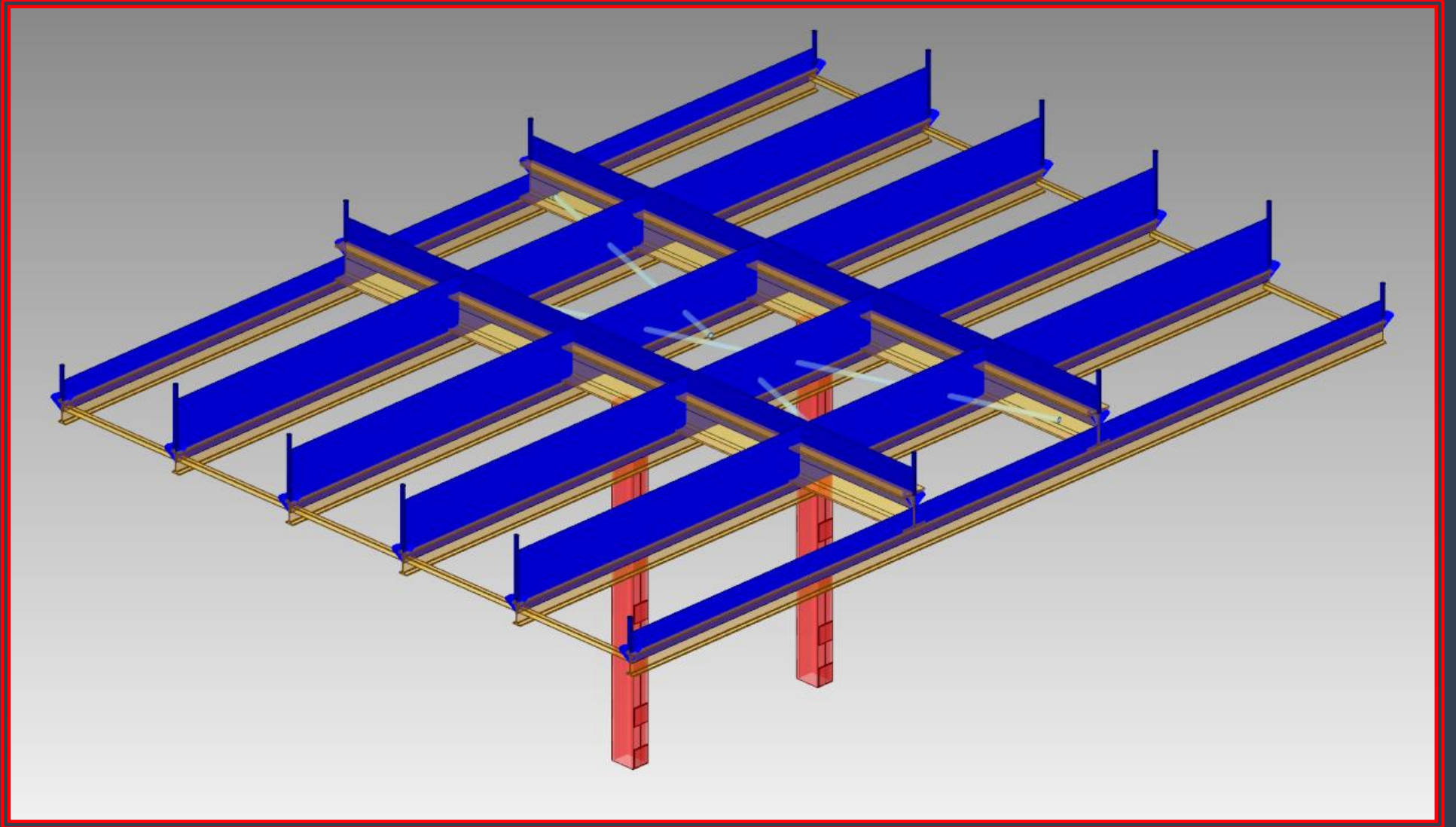


Uca girilen küçük profil tam oturtulmadığı için tanımlanan yüzey elemanı yükleri simetrik dağıtamamıştır.

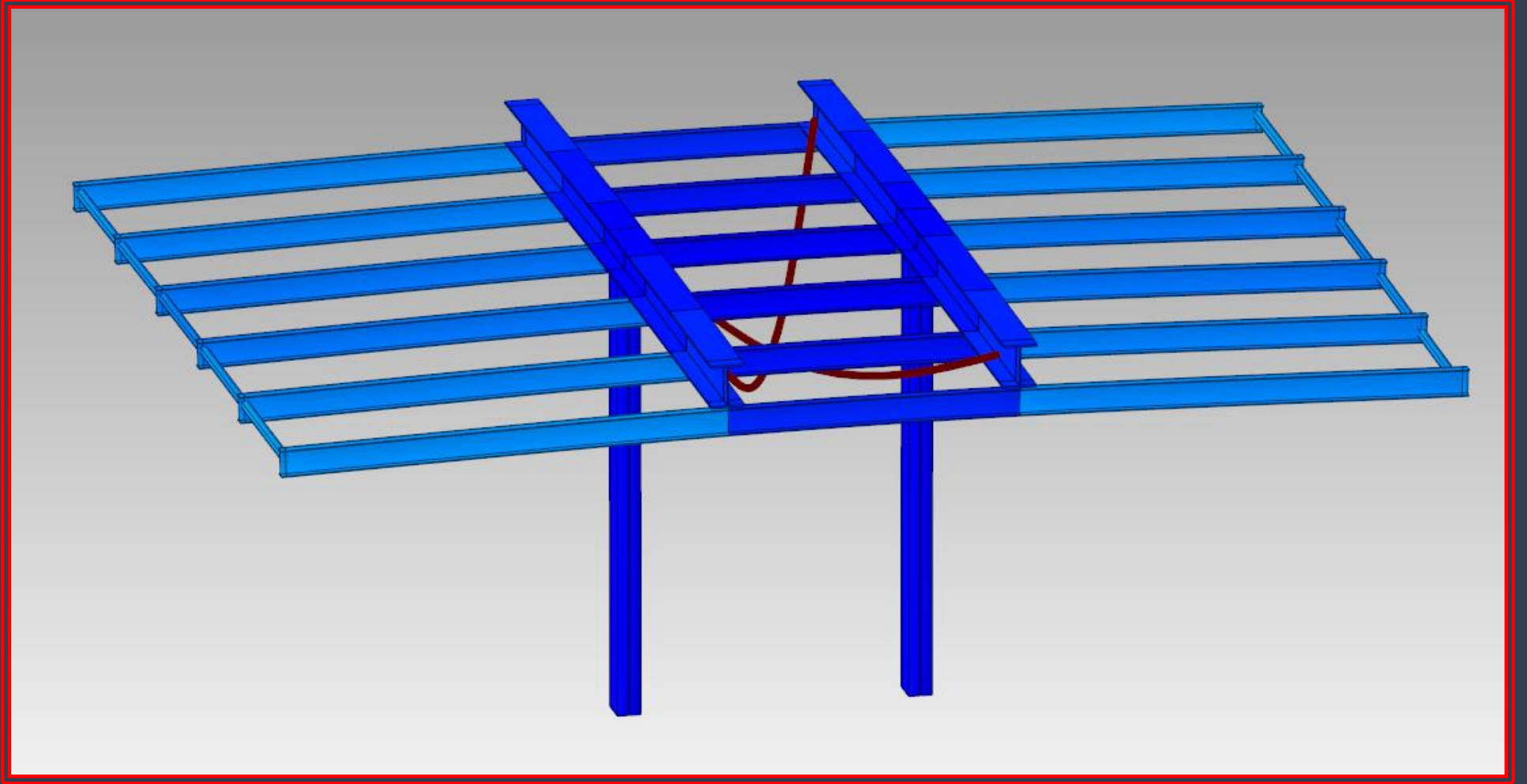
Görüldüğü gibi geriye doğru zincirleme giderek hata belirlenebilmektedir.

Hata belirlenince çözüm de kolay olur.

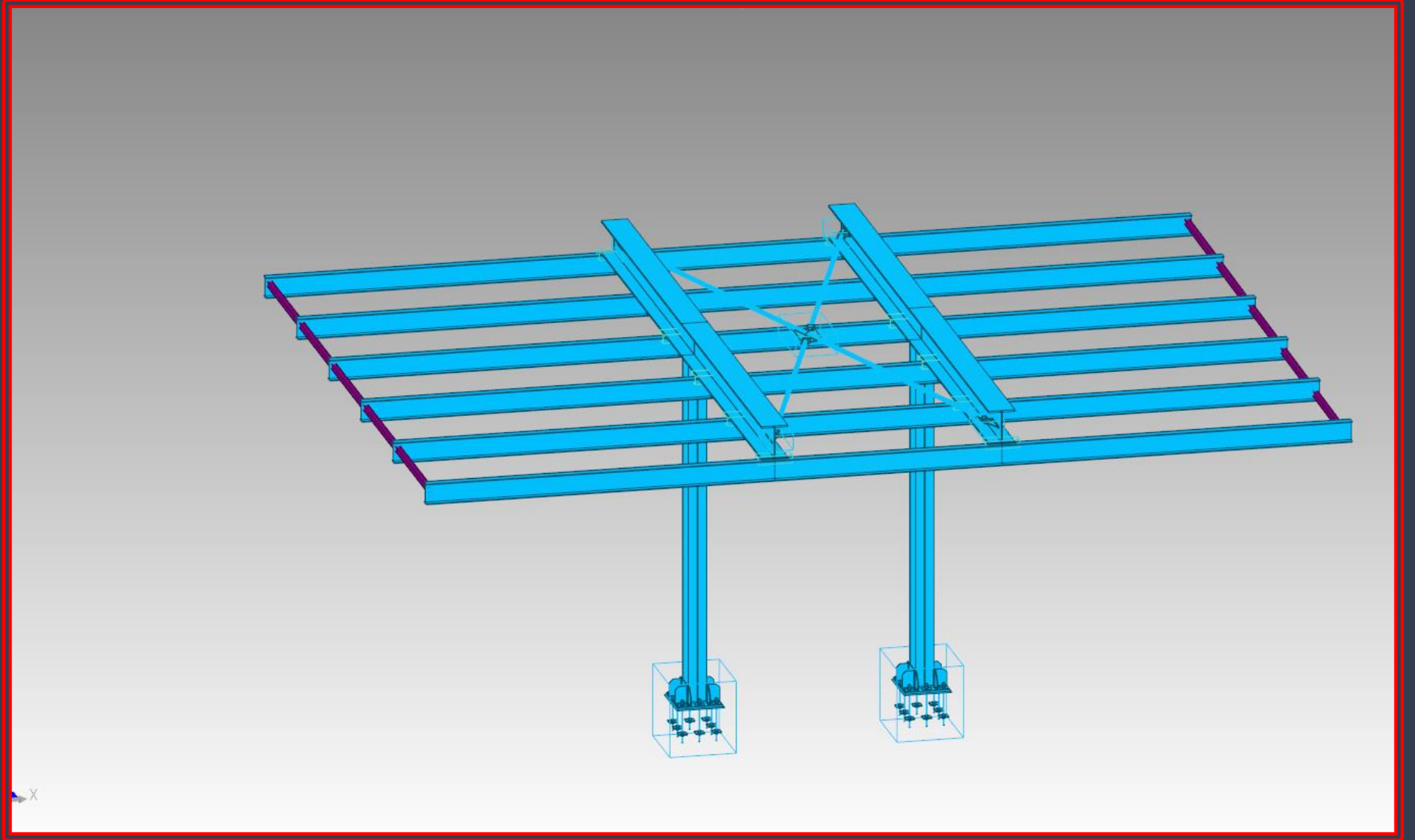
Kaplama sistemi ve profil yeniden düzenlenirse yük dağılımları...



Buna bağlı olarak yer değiştirmeler...



Ve tasarım sonuçları düzelir

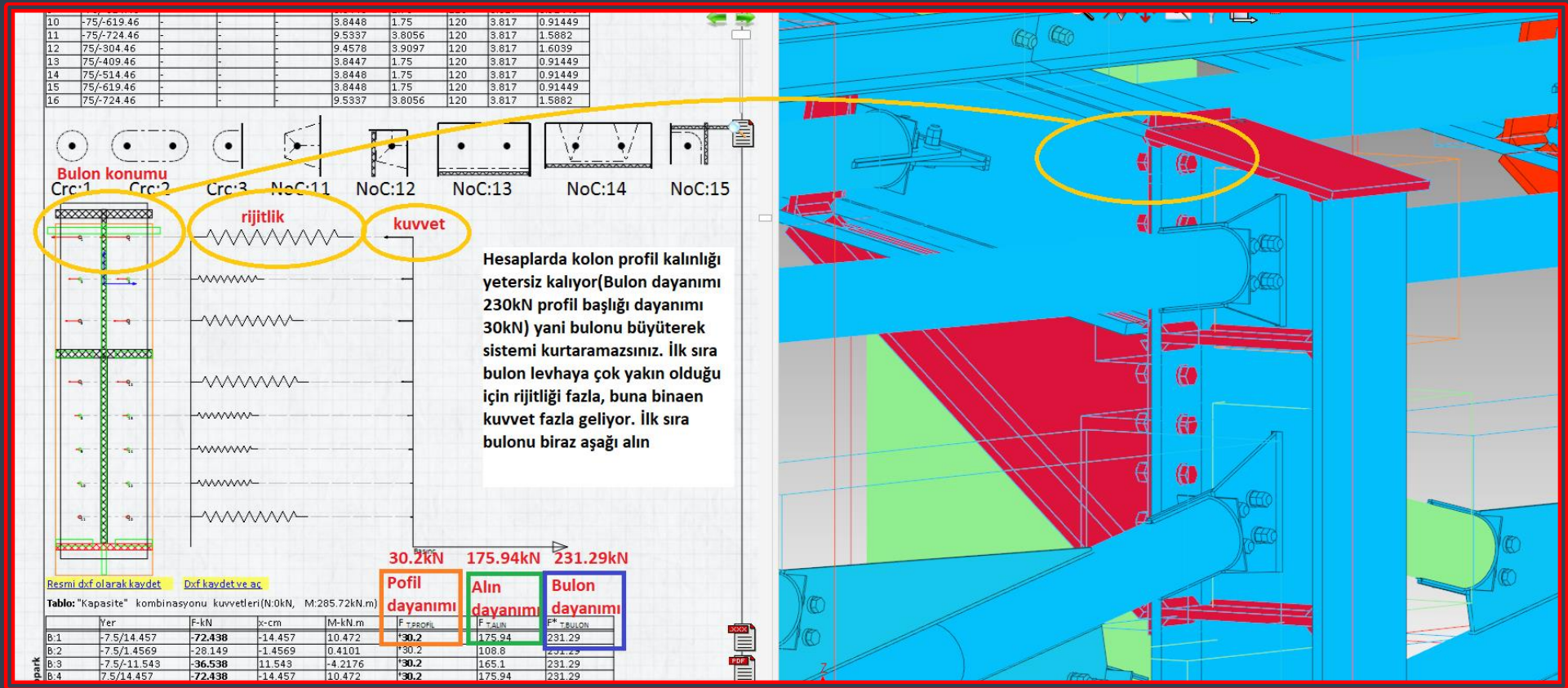


Sistem simetrik olarak kurtaracaktır.

Genel olarak her projede yükleme dağılımlarını ve yapı animasyonlarını inceleyiniz.

9. COMPONENT METOTLA BİRLEŞİM TASARIMI

Türk standartları TS EN 1993-1-8:2005 yönetmeliğine göre birleşimde bulon dayanımının yanında alın levhası ve profil de kontrol edilmelidir. Aşağıdaki örnekte bir bulonun dayanımı 231.29kN, bu bulona bağlı alın levhası kısmının dayanımı 175.94kN, kolon başlık kısmında bulonun çekmesinden dolayı dayanım 30,2kN'dur. Buna binaen yetersizlik durumunda bulon çapının artırılması veya alın levhasının kalınlığının artırılması bir yarar sağlamayacaktır.

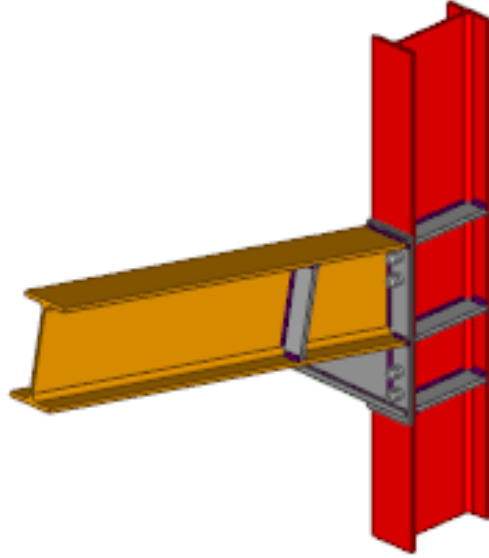


Yük dağılımları hesaplanan rijitliklere göre yapılmaktadır. Rijitlik hesaplamasında, rijitleştirme elemanlarının yeri önemlidir. Üst sıra bulon kolonun üstünü kapatan levhaya yakın olduğu için rijit çıkmış, yükün çoğunu üstüne almıştır. Bu yüzden bulon çapını artırmak yerine, bulonlar biraz aşağı çekilebilir. Birleşimde bulon sistemi kurtarmadığında temel olarak iki konu incelenmeli:

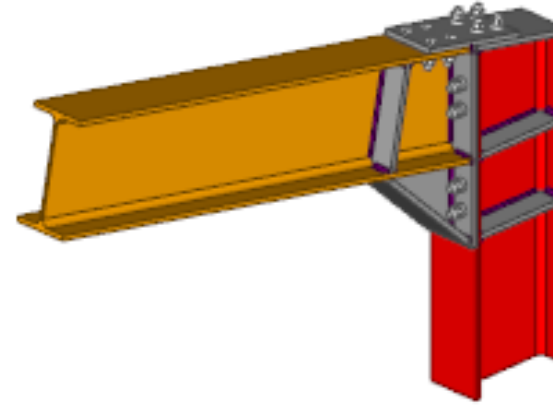
Neden kurtarmıyor? (bulon, levha, profil başlık çekmesi, profil gövdesi ezilmesi, beton ezilmesi vs...)

Yük dağılımlarını nasıl daha iyi hale getirebilirim?

Birde alternatif olarak başka birleşimler kullanılabilir. Bu birleşim özelinde üstü kapalı şekil kullanılırsa, birleşimin taşıma gücü önemli biçimde artacaktır.



Kolon üstünde kirişe giden levha yok



Kolon üstünde kirişe devam eden levha ile birleşim kapasitesi artırılmış

10. ASSAMBLİ İLE YAPI ÜRETİMİ

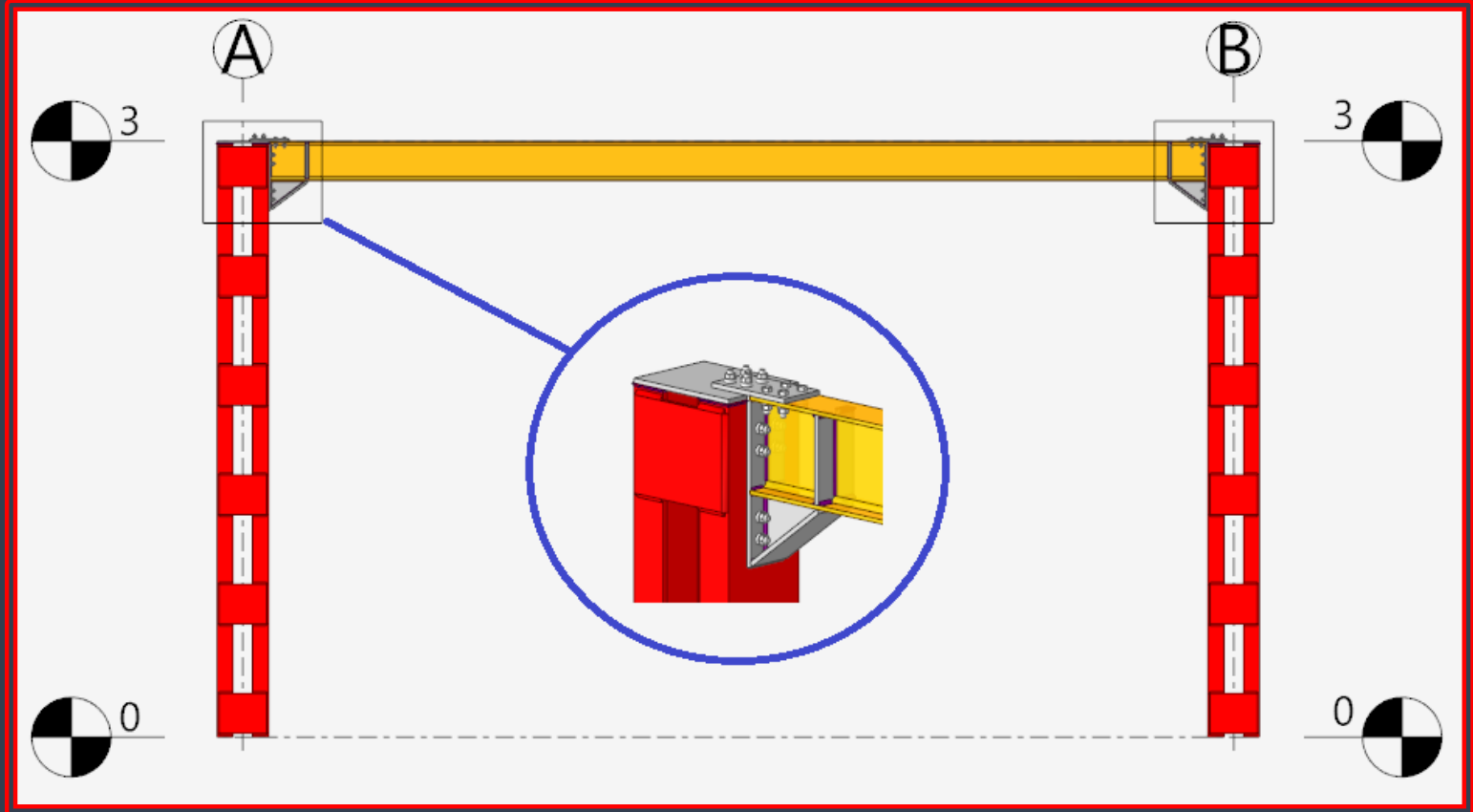
Genelde üretim şu şekilde yapılır:

Bütün yapı atölyede üretilen parçalar şeklinde düşünülür. Bu parçalara assembly denir.

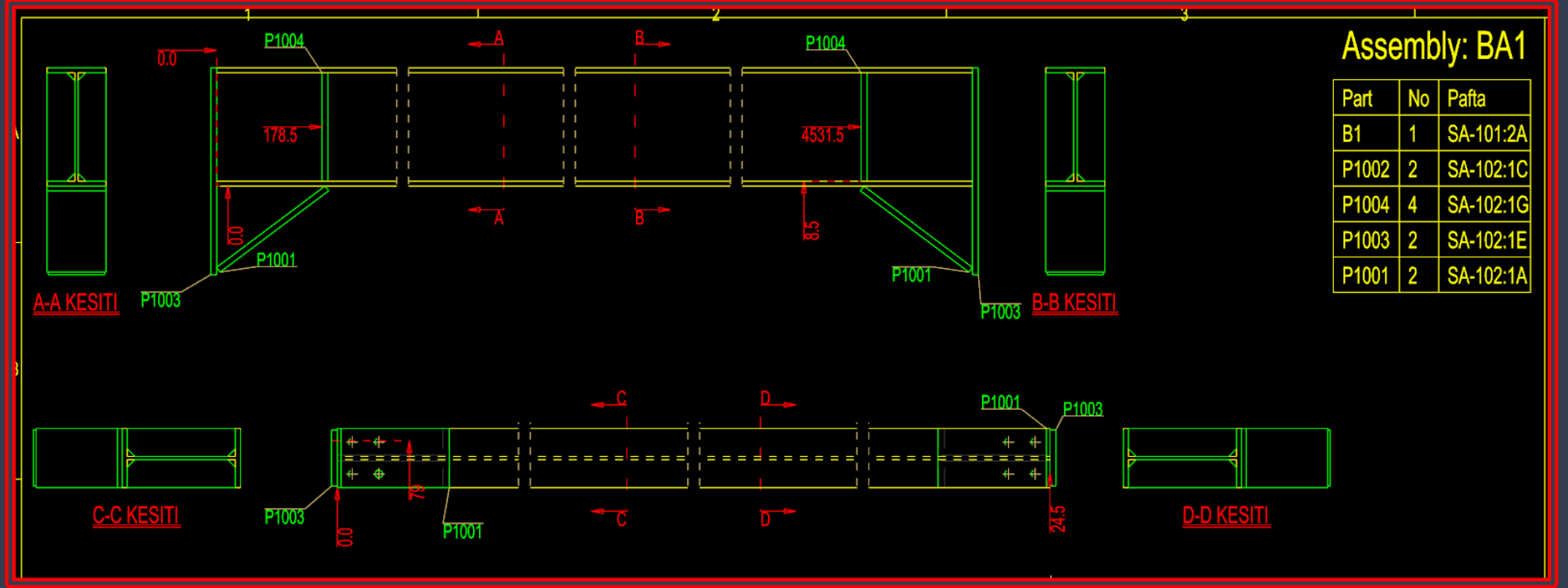
Atölyede profillerin ve levhaların kesimleri yapılır. Bunun için parça çizimleri gerekecektir. Ve yine atölyede genellikle kaynaklama işlemleri yapılır. Bunun içinde parçalardan assamblylerin nasıl oluşturulacağını izah eden çizimler gerekecektir. Atölyeden çıkan her parça bir assemblydir.

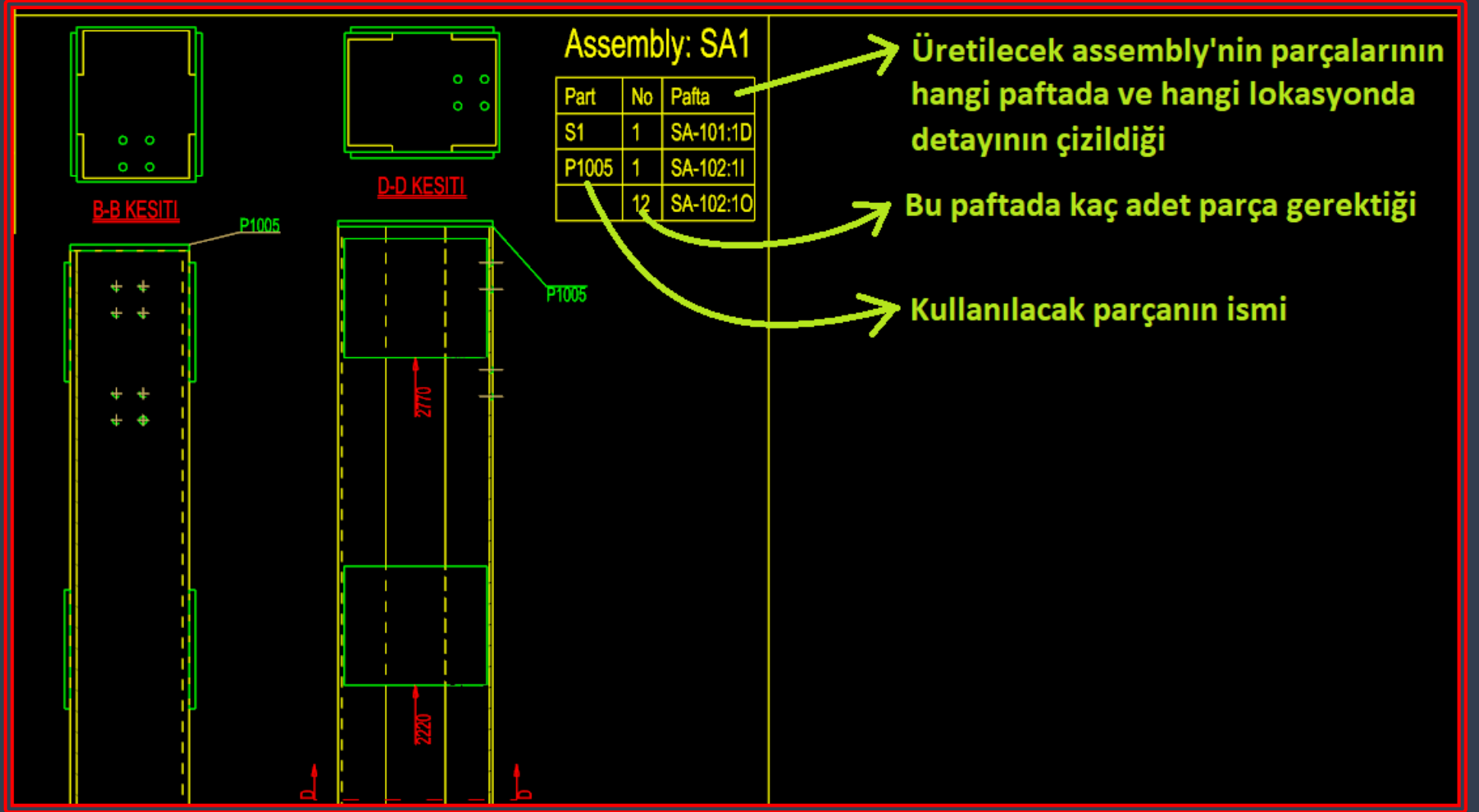
Assemblyler inşaat sahasına getirilir ve genellikle bulonlarla birbirlerine birleştirilerek yapının taşıyıcı sistemi oluşturulur. Birleştirme işlemi yapılırken aks, kat ve birleşim çizimleri gerekecektir.

Örneğin, aşağıda görülen iki kolon ve bir kirişten oluşan “yapı” imal edilecek:

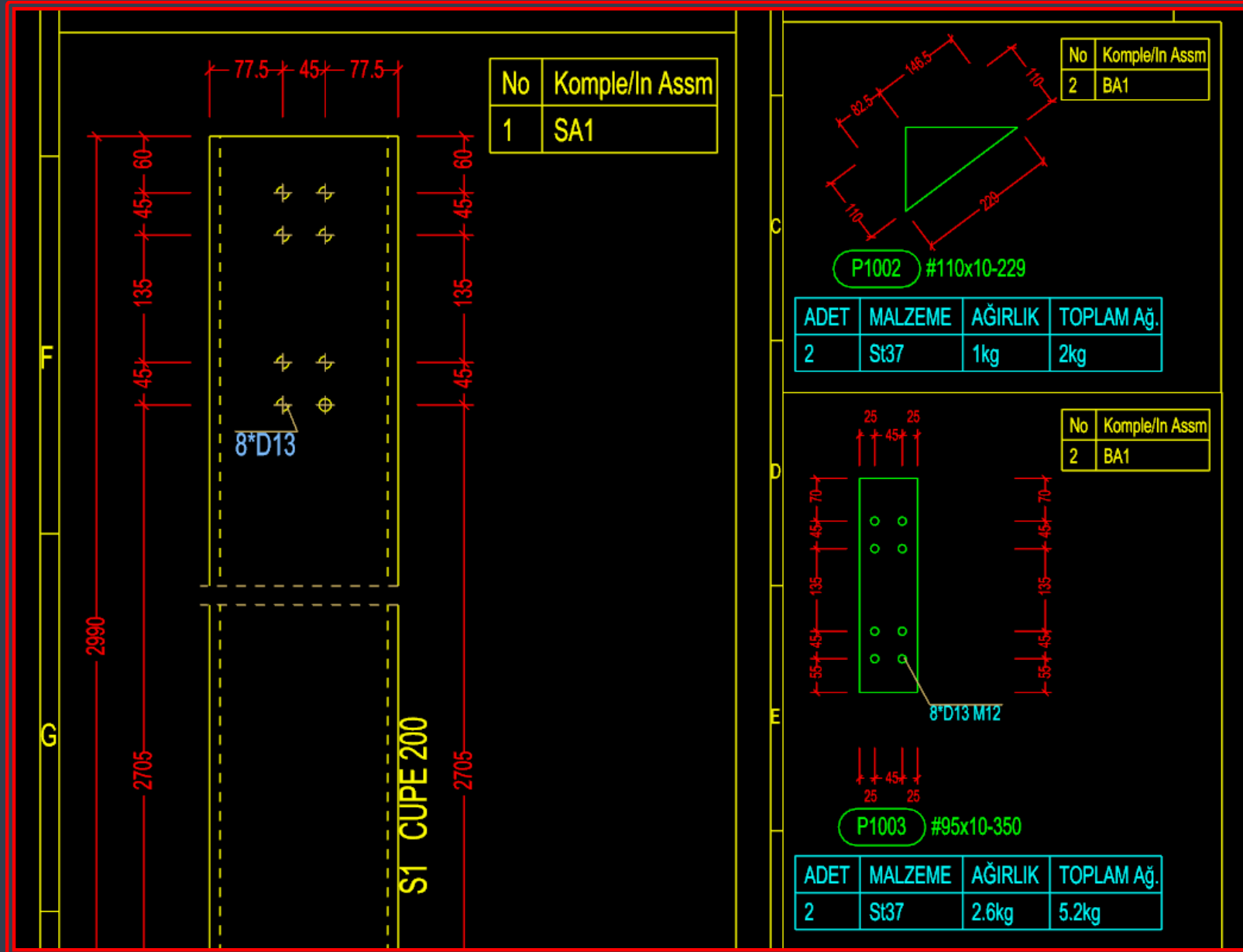


Bu yapı iki tip assemblyden oluşur. Bu assemblylere SA1 ve BA1 ismi verilmiştir. SA1 assemblysinden 2 adet, BA1 assemblysinden 1 adet bulunmaktadır:

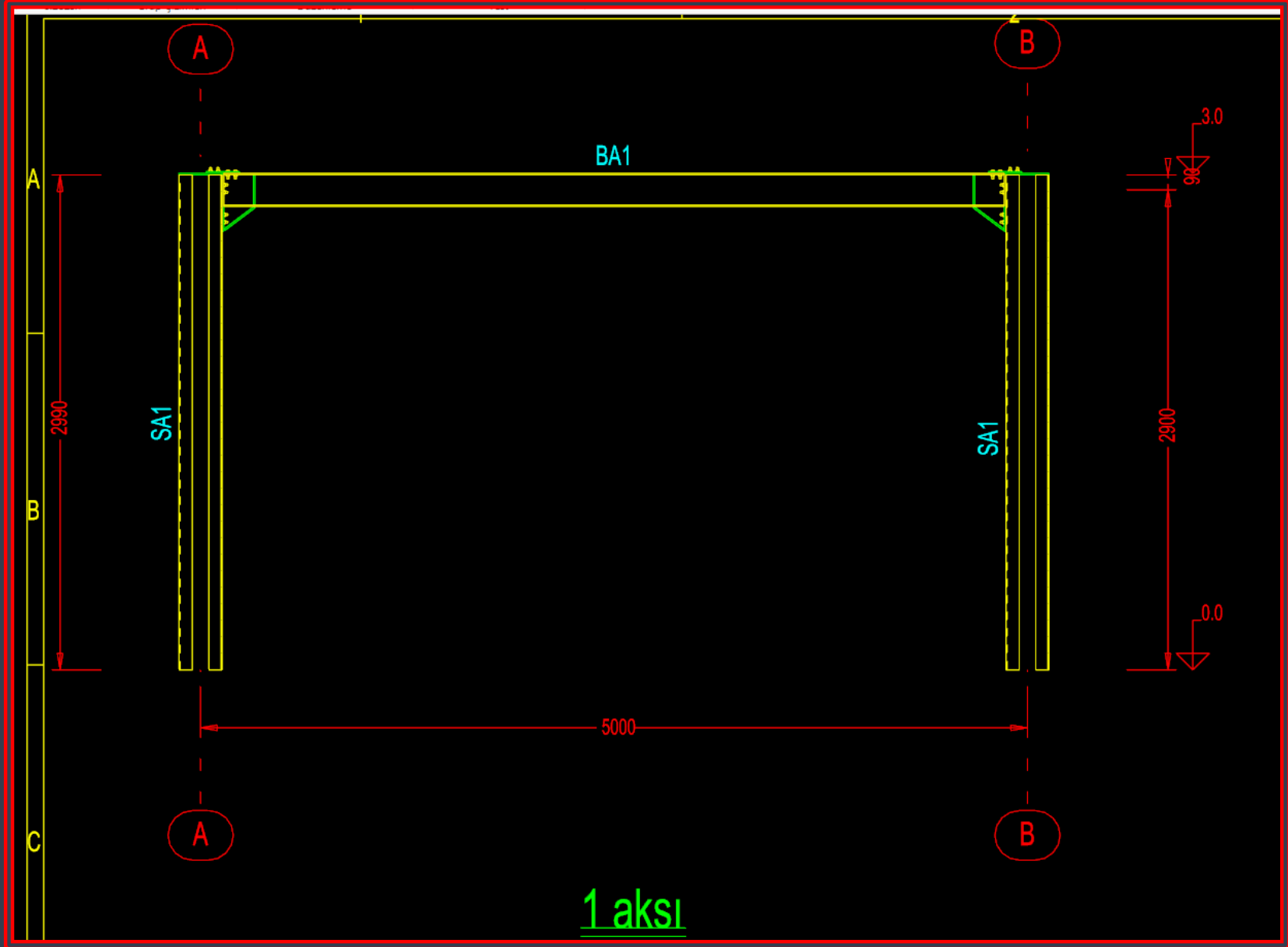


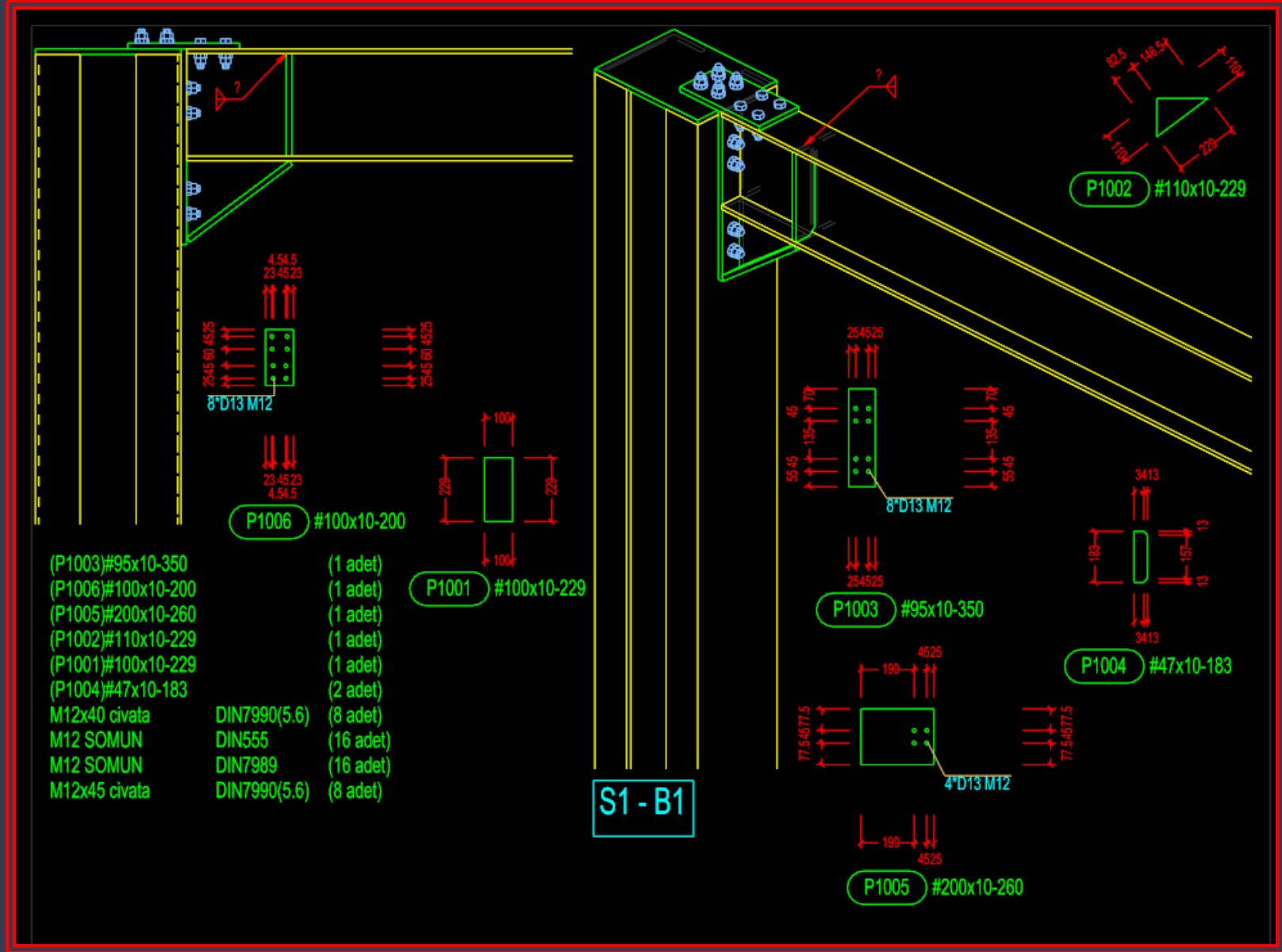


Bu assembly'ler atölyede üretilecektir. Üretilmeleri için profillerin ve levhaların nasıl kesileceği bilinmelidir. Detay çiziminde, elemanların nasıl kesileceği veya delineceği hakkında bilgiler bulunmaktadır:



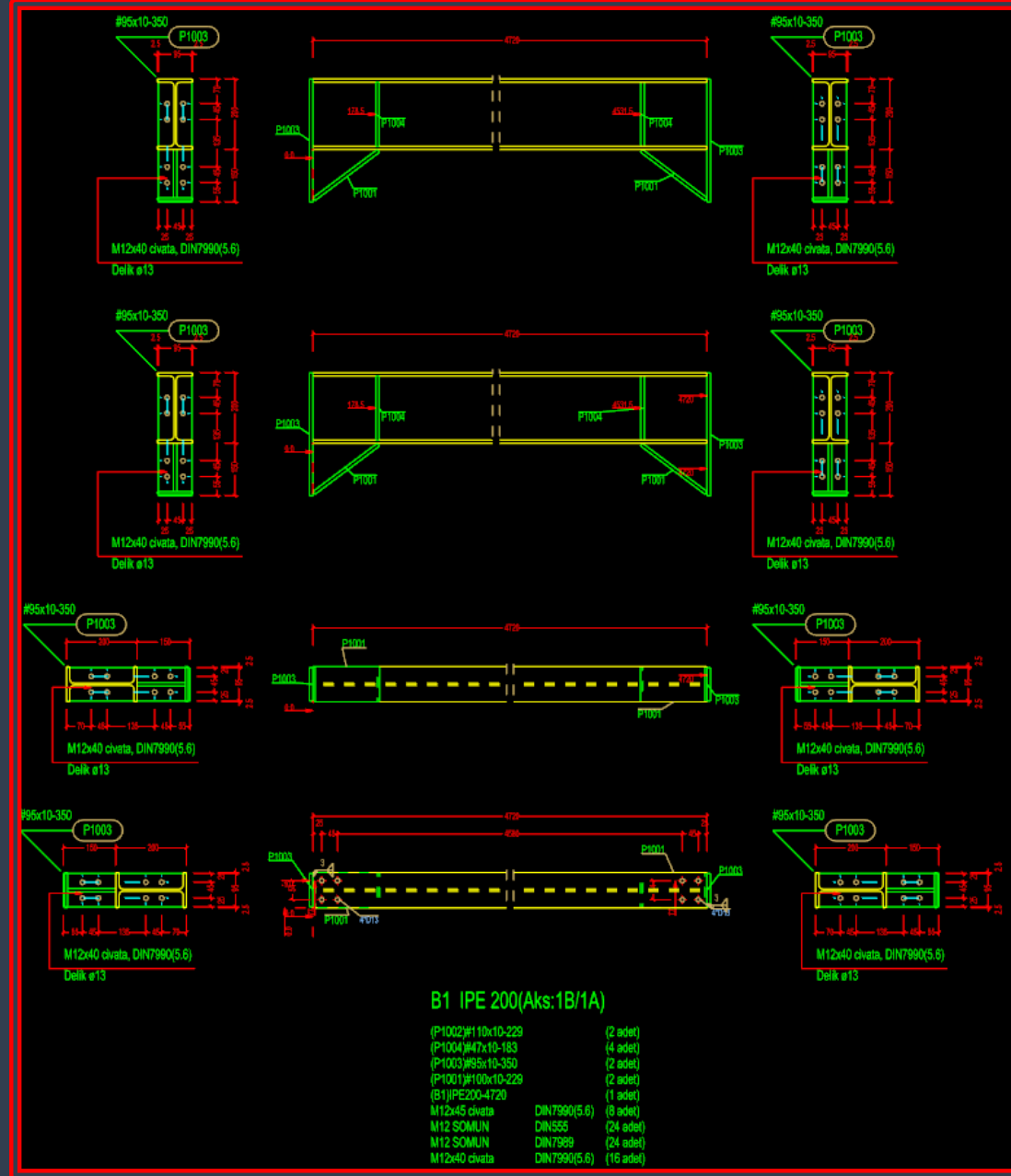
Parçalar kesilir, kaynaklanır ve assembly'ler oluşturulur. İki tip toplam üç adet assembly şantiyeye yollanır. Şantiyede bu elemanların nasıl yerleştirileceği bilinmelidir. Bunun içinde yerleşim planlarına bakılır:

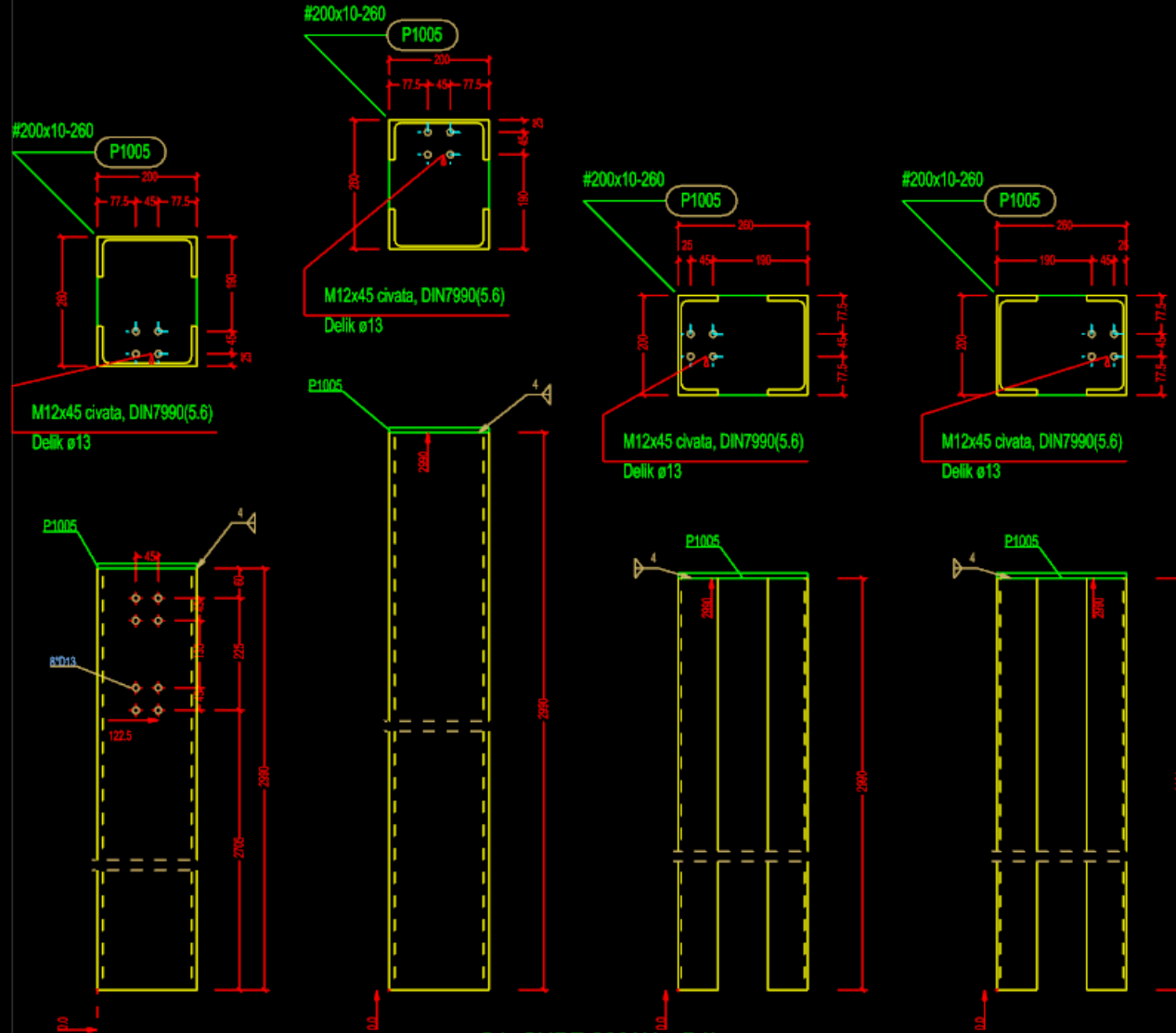




Yerleşimleri tamamlamak için genellikle verilen çizimler yeterli olacaktır. Aks ve plan(aplikasyon) çizimlerinde assembly'lerin nasıl yerleştirileceği açıklanmıştır. Birleşim çizimlerinde bulonların yerleşimi ve çapı da görülmektedir. Yalnız kaynakla ilgili düzenleme mühendis tarafından yapılmalıdır. Eğer birleşimde tek tip kaynak kullanılmışsa program bu kaynağın kalınlığını belirtir. Farklı tiplerde kaynak varsa, program "?" simgesiyle kaynağı gösterir. Mühendis tarafından nerede hangi kaynağın kullanılacağı çizimde belirtilmelidir.

Ayrıca daha çok şantiye üretimine dönük olarak özel kiriş ve kolon çizimleri de alınabilir. Bu çizimler assembly mantığına göre düzenlenmemiştir:



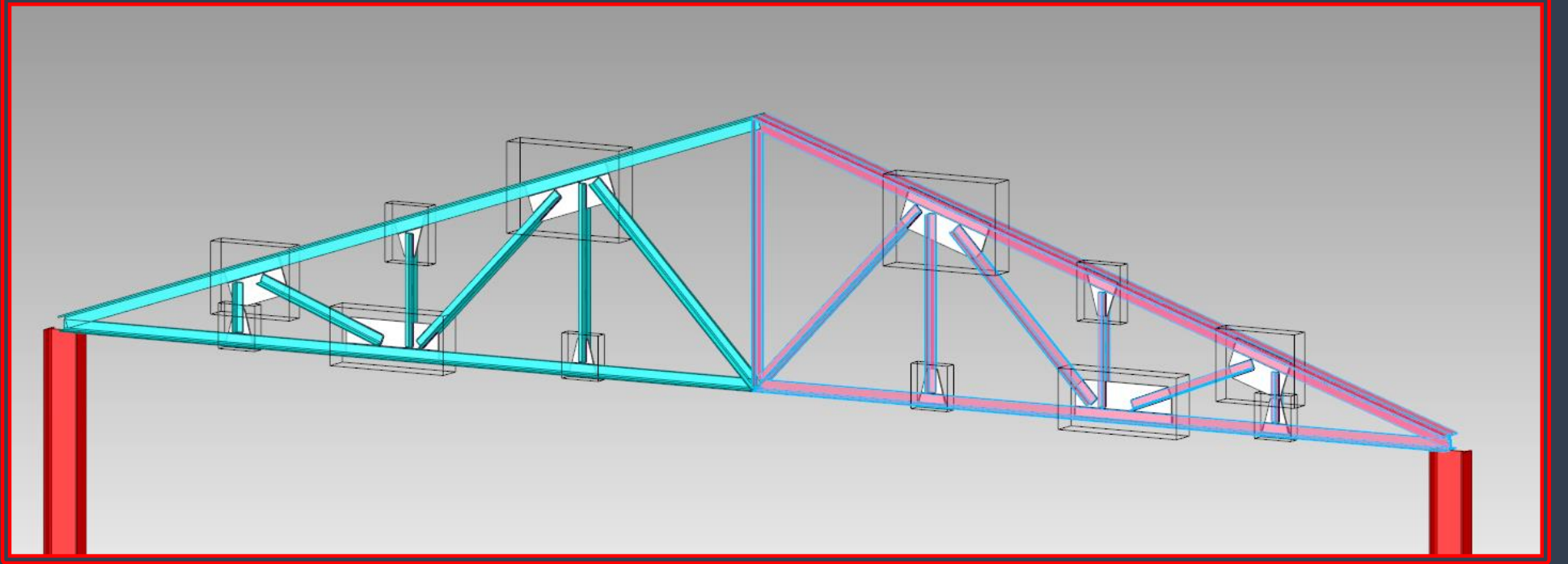


S1 CUPE 200(Aks:B1)

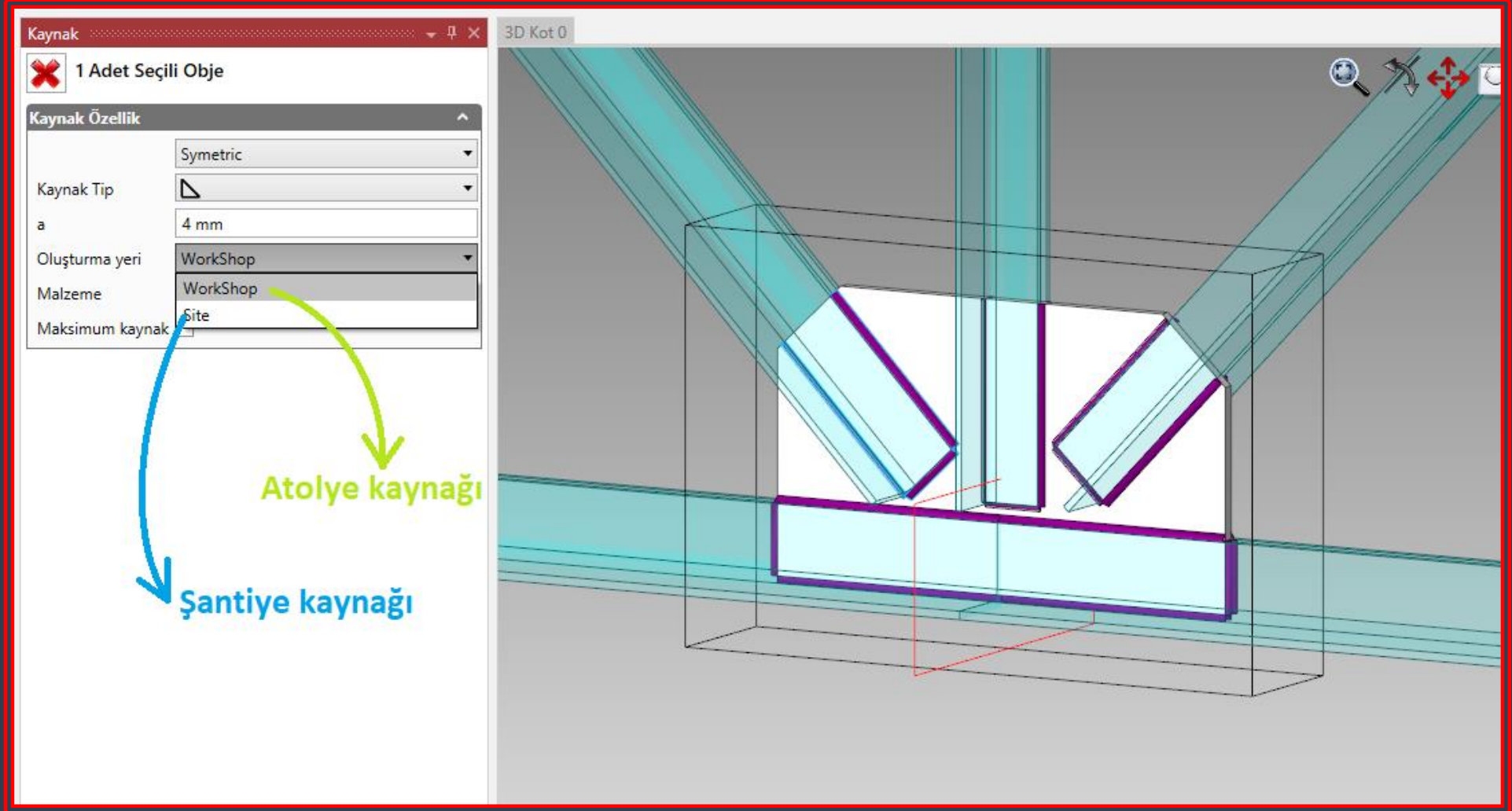
(P1005)#200x10-260	(1 adet)
(S1)CUPE200-2990	(1 adet)
M12x40 civata	DIN7990(5.6) (8 adet)
M12 SOMUN	DIN555 (12 adet)
M12 SOMUN	DIN7989 (12 adet)
M12x45 civata	DIN7990(5.6) (4 adet)

Manuel Olarak Assembly Belirlenmesi

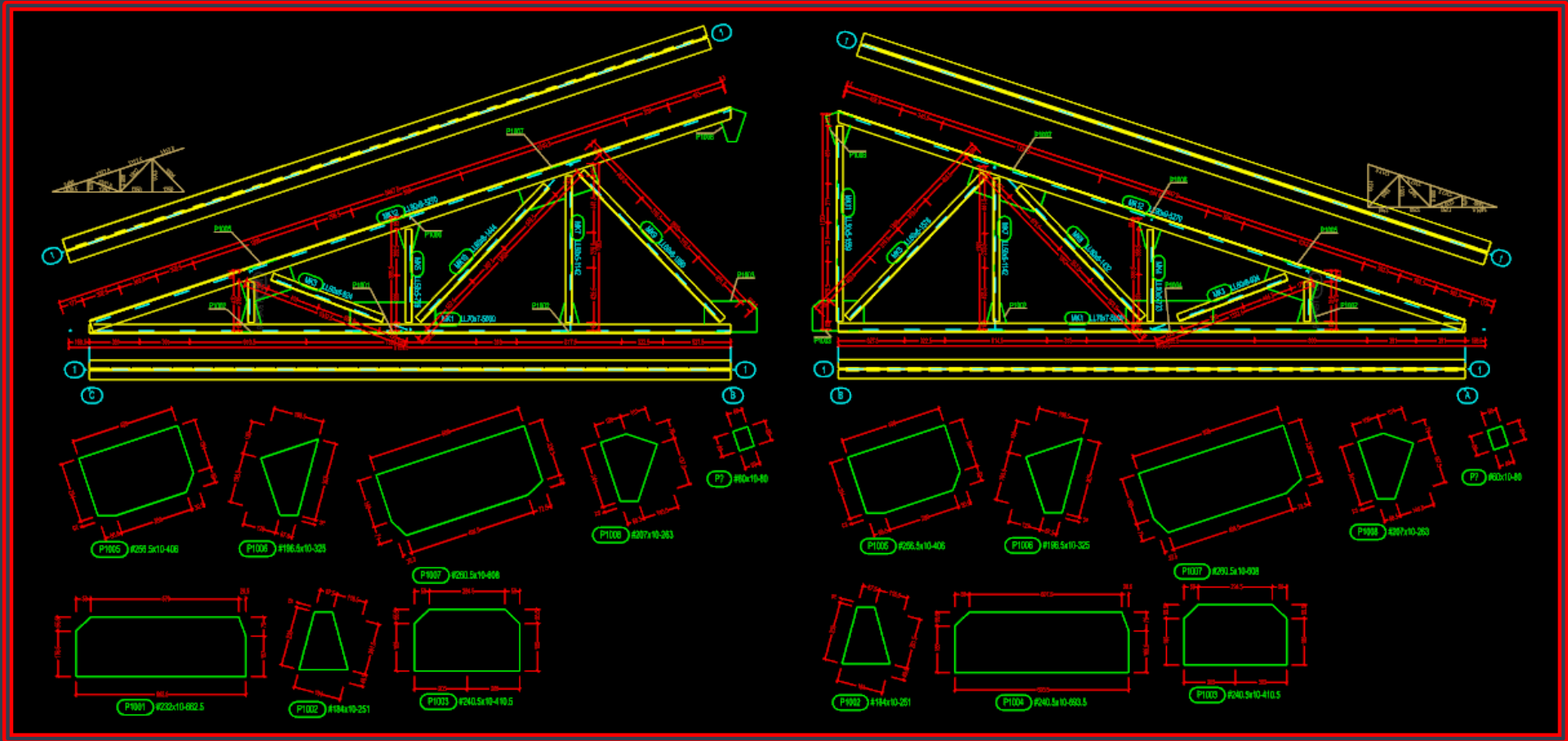
Stasteel programı kaynaklı parçaların atölyede birleştirileceği varsayımıyla otomatik olarak tek assembly içine alır, bulunlu birleşimleri de şantiyede birleştirileceği varsayımıyla farklı assembly içine alır. Fakat bazı durumlarda şantiye de kaynak yapmak gerekebilir. Örneğin geniş açıklıklarda makaslar iki parça olarak atölyede üretilir, şantiyede birleştirilerek yerine yerleştirilir:



Bu durumda ortaya yapılacak birleşimde kaynağın şantiyede üretileceği işaretlenmelidir:



Assembly mantığına göre çalışan “çizim-interaktif” ve “Çizim>Tüm parçalar” kısmında bu farktan dolayı makası tek parça veya iki parça olarak farklı verir. Fakat “Çizim>Makas” kısmından alınan çizimler her zaman makas makrosuna bağlı olduğu için iki parça olacaktır.



11. GÜVENLİK KATSAYILARI

TS EN 1993-1-1:2005 kısım 6.1'de profil tasarımında kullanılacak olan güvenlik katsayıları belirlenmiştir. Bu katsayılar yönetmelikte $\chi_1= 1,0$, $\chi_2= 1,0$ ve $\chi_3= 1,25$ olarak istenmektedir. StaSteel programında ise $\chi_1= 1,1$ ve $\chi_2= 1,1$ olarak ek bir güvenlik sağlanmaktadır. Projeleri sonlandırırken şu kontrolleri mutlaka yapın:

Analizden sonra yapı animasyonu mantıklı mı?

Yük dağılımları doğru mu?

Çıkan moment diyagramları mantıklı mı?

Kritik elemanların burkulma boyları doğru atanmış mı?

Kritik elemanlarda N/A+M/W kontrolünü yaptığınızda mantıklı bir sonuç buluyor musunuz?

Eğer analizden sonra projelerinizi dikkatlice inceliyorsanız, “Tasarım opsiyonları>Tasarım Standartları>EC 3>Genel” kısmından χ_1 ve χ_2 katsayılarını 1,0 olarak değiştirebilirsiniz.

Önemli not: İskele hesaplarında güvenlik katsayıları yönetmelik tarafından 1,1 olarak istenmektedir, iskele projelerinde χ katsayılarını düşürmeyiniz.

Benzer durum kaynaklar için de geçerlidir. Analizden sonra:

Atölyedeki/şantiyedeki kaynak uygulamasına güveniyorsanız

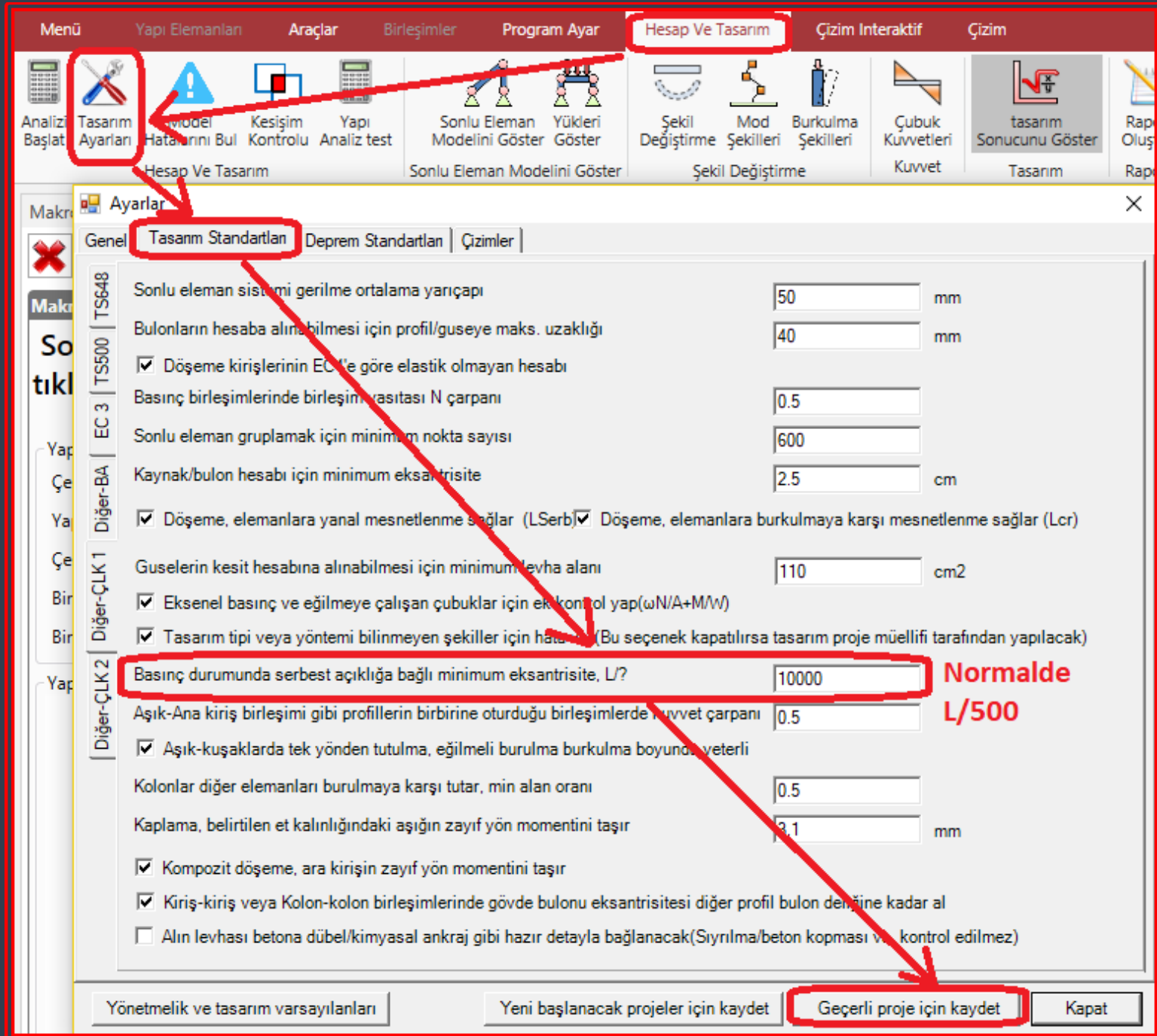
Çizimlerde kaynaklarla ilgili açıklamaları iyi yaptıysanız

Eleman moment diyagramlarını inceleyip, bulunan momentin hesap dokümanlarında da aynen kullanıldığını görüyorsanız χ_2 (kaynak vb..) katsayısını 1,4'den 1,25'e düşürebilirsiniz.

Profillerle ilgili katsayının düşürülmesi ile problem olacağını sanmıyoruz, fakat kaynak işçiliği ve imalatla ilgili sorunlar olabileceğinden kaynak katsayısının yüksek tutulması daha mantıklı görünmektedir. Bu konu sonuçta proje müellifinin deneyimine ve projesine hâkimiyetine göre belirlenmelidir.

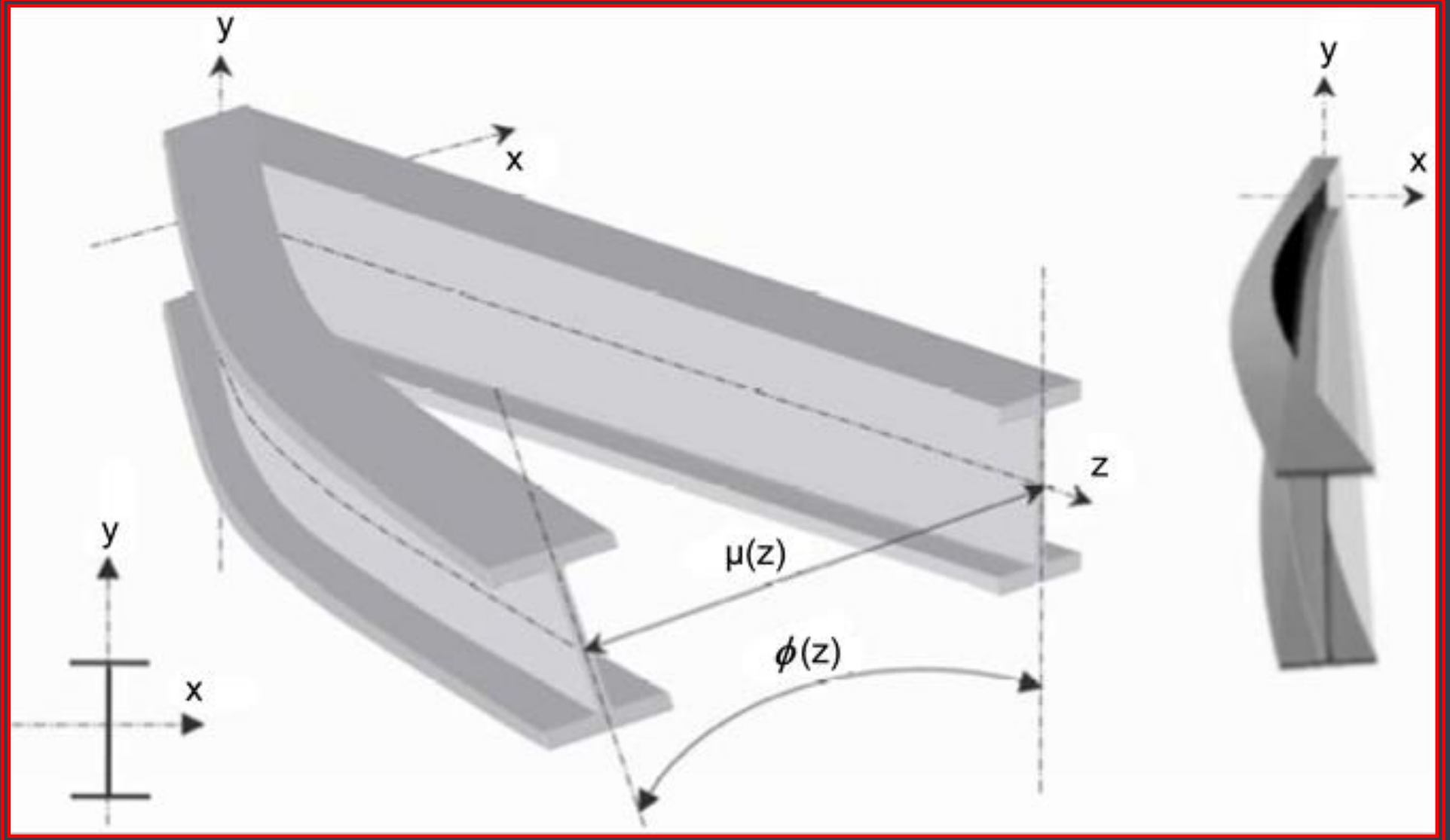
Benzer şekilde minimum eksantrisite de ayarlanarak sistemin güvenliği değiştirilebilir. Yapı tasarımı bitirildikten sonra sadece çapraz, aşık ve makas elemanlar kısmi olarak kurtarmıyorsa, L/500 olan minimum eksantrisite değeri L/10000 gibi küçük bir değere çekilebilir.

Eğer makasın geneli kurtarmıyorsa kesit ve makas şeklinde düzenleme yapınız, elemanların geneli kurtarıp sadece 2-3 diyagonal vs. kurtarmıyorsa bu düzenlemeye gidiniz.



12. YANAL BURULMA BURKULMASI (LATERAL-TORSIONAL BUCKLING)

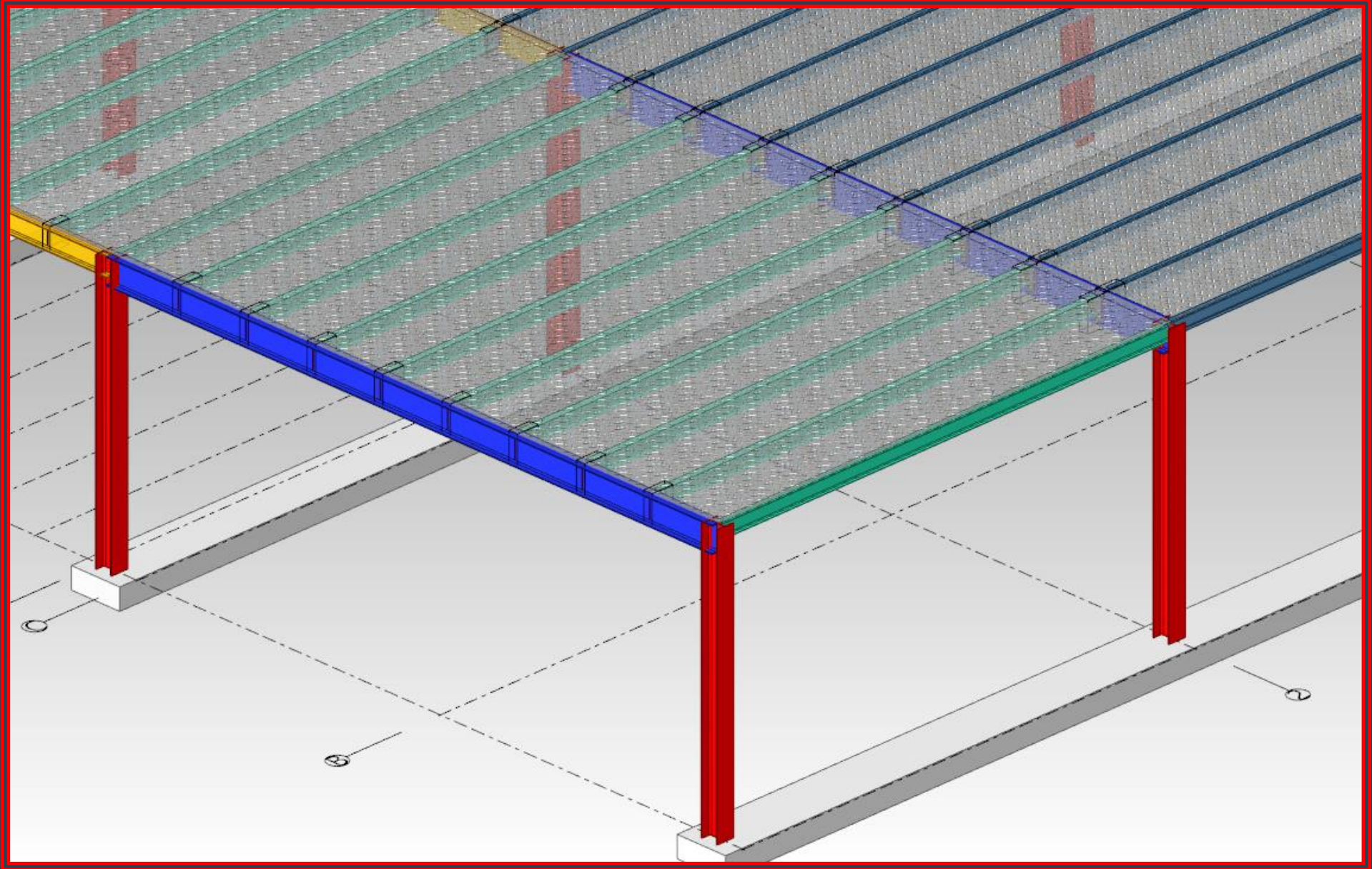
Her türlü kiriş sistemleri, yandan tutulu değillerse artan moment altında kapasitesine ulaşmadan burkulabilirler. Bu yüzden kirişler mümkün mertebe yandan tutulmalıdır.



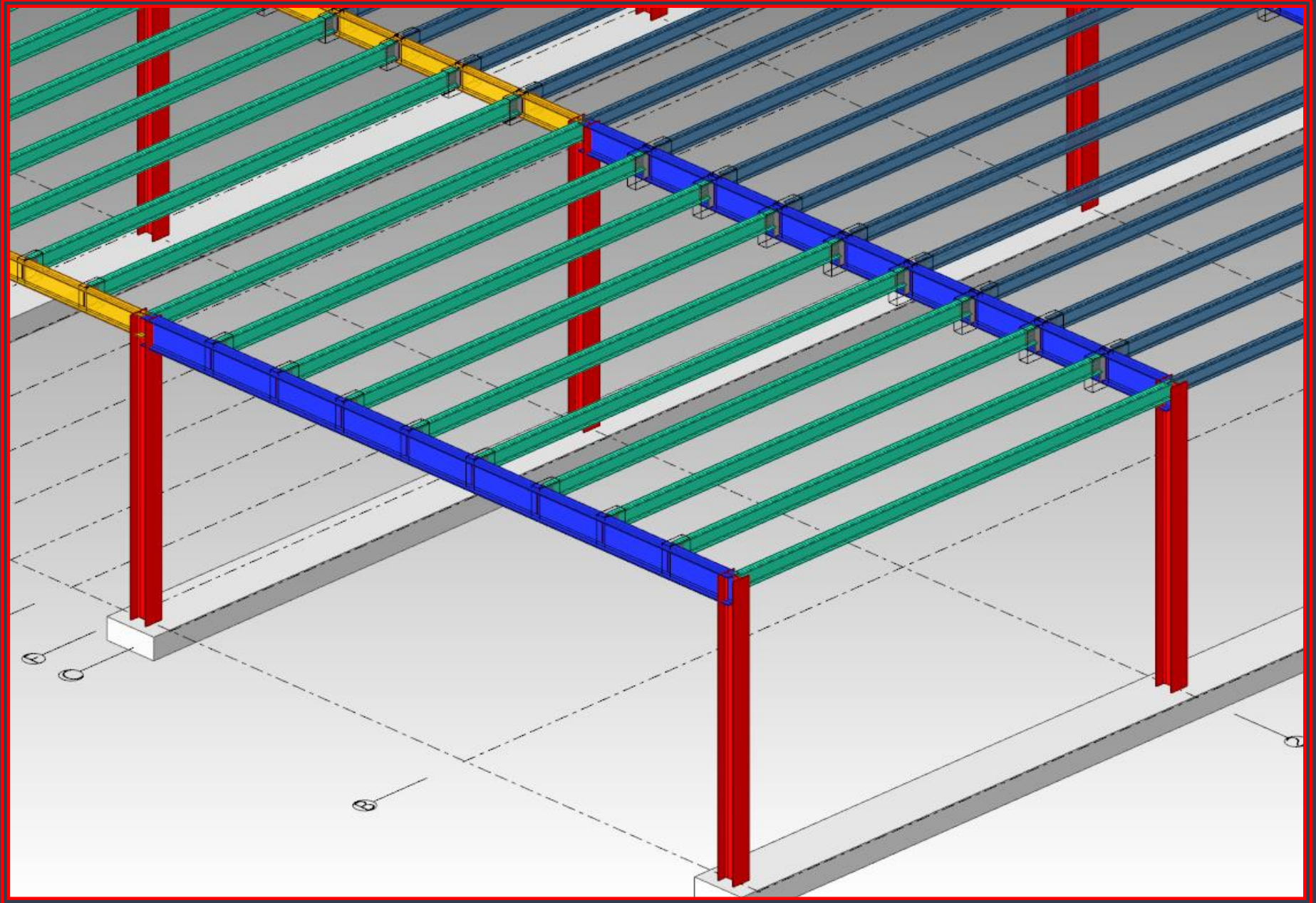
Kren girişleri, krenin kapasitesine de bağlı olarak paralel bir giriş koyularak saç kaplama veya makasla tutulmalıdırlar. Eğer tutulmazlarsa YBB problemleri yüzünden büyük kesit gerekecektir.



Konunu açıklamak için iki örnek alalım. Birinci örnek saç kaplama ile tutulu olsun(YBB engellenmiş):



Alternatif sistemde kaplama tanımlanmamış, fakat yüklemeler manuel olarak tanımlanmış durumdadır. (YBB'ye müsait):



İki sistemin statığı benzer şekilde olmakla birlikte, profillerin YBB' ye karşı tutulma kabulleri farklıdır. YBB' ye müsait sistemde:

Yanal Burulmalı Burkulma dayanımı-6.3.2.1

$L_{SERB-M2}:7.017m$, $L_{SERB-M3}:92.617m$, $L_{Cr-Bur}:7.017m$, $M_{CR-uniform}:16.627kN.m$, $M_{CR-M2}:21.055kN.m$, $M_{CR-M3}:21.055kN.m$, $W_{Y-M2}:222.4cm^3$, $W_{Y-M3}:44.76cm^3$

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_y f_y}{M_{cr}}} \quad \Phi_{LT} = 0.5 \left[1 + \alpha_{LT} (\bar{\lambda}_{LT} - 0.2) + \bar{\lambda}_{LT}^2 \right] \quad \chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2}} \leq 1$$

$\bar{\lambda}_{M2}:1.7043$

Tablo 6.4'e göre burkulma eğrisi: $a \gg \alpha_{LT}:0.21$

$\Phi_{LT}:2.1104$, $\chi_{LT}:0.29807$

6.3.2.4: Basit kirişler için burulmalı burkulma varsayımı

$$\bar{\lambda}_f = \frac{k_c L_c}{i_{f,z} \lambda_1} = \frac{0.95 \times 701.7cm}{2.4063cm \times 87} = 3.2 > \bar{\lambda}_{c0} \frac{M_{c,Rd}}{M_{y,Ed}} = 0.5 \frac{48.929kN.m}{32.157kN.m} = 0.76 \rightarrow \text{Burulma etkisi, } \chi_{LT} = 0.093 \quad (6.59)$$

Yanal Burulmalı burkulma momenti, $M_{b,Rd2}:14.584kN.m$, $M_{b,Rd3}:2.9352kN.m$

Burulma burkulması narinliğine binaen kesitin eğilme dayanımının %29'u kullanılacak

Burularak burkulma momenti 14.584 kNm

YBB yüzünden profilin eğilme dayanımı %29 oranında kullanılacaktır. YBB önlemiş sistemde:

Yanal Burulmalı Burkulma dayanımı-6.3.2.1

$L_{SERB-M2}:7.017m$, $L_{SERB-M3}:92.617m$, $L_{Cr-Bur}:7.017m$, $M_{CR-uniform}:16.627kN.m$, $M_{CR-M2}:25.112kN.m$, $M_{CR-M3}:25.112kN.m$, $W_{Y-M2}:222.4cm^3$, $W_{Y-M3}:44.76cm^3$

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_y f_y}{M_{cr}}} \quad \Phi_{LT} = 0.5 \left[1 + \alpha_{LT} (\bar{\lambda}_{LT} - 0.2) + \bar{\lambda}_{LT}^2 \right] \quad \chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2}} \leq 1$$

$\bar{\lambda}_{M2}:1.5606$

Tablo 6.4'e göre burkulma eğrisi: $a \gg \alpha_{LT}:0.21$

$\Phi_{LT}:1.8606$, $\chi_{LT}:1$

Madde 6.3.2.1(2)'e göre basınç bölgesi tutulu profillerde burulma burkulması göçme modu oluşmaz.

Yanal Burulmalı burkulma momenti, $M_{b,Rd2}:48.929kN.m$, $M_{b,Rd3}:9.8471kN.m$

Moment dayanımında azaltma yok

Burularak burkulma momenti 48.929 kNm

profil eğilme dayanımı azaltılmayacaktır. Tasarıma geçildiğinde YBB yüzünden narin sistem:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + \frac{M_{Ed}}{\chi_{LT} \frac{M_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \leq 1.0 \quad (6.66)$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} = \frac{-7.577 \text{ kN}}{0.0694 \frac{788.92 \text{ kN}}{1.25}} = 0.173$$

$$\frac{M_{Ed,2}}{\chi_{LT} \frac{M_{Rk,2}}{\gamma_{M1}}} = \frac{-32.157 \text{ kN.m}}{0.298 \frac{61.161 \text{ kN.m}}{1.25}} = 2.2$$

$$\frac{M_{Ed,3}}{\chi_{LT} \frac{M_{Rk,3}}{\gamma_{M1}}} = \frac{0.0016053 \text{ kN.m}}{0.298 \frac{12.309 \text{ kN.m}}{1.25}} = 0.0362$$

Narinlik

Kesit kapasitesi

Güvenlik katsayısı ζ : 0.41 YETERSİZ...XXX (M2 ve M3 aynı anda uygulanmıştır)

kurtarmamakta, fakat biraz daha fazla moment gelmesine rağmen YBB önlenmiş sistem bunun tersine kurtarmaktadır:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + \frac{M_{Ed}}{\chi_{LT} \frac{M_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \leq 1.0 \quad (6.66)$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} = \frac{-8.1652 \text{ kN}}{0.0694 \frac{788.92 \text{ kN}}{1.25}} = 0.186$$

$$\frac{M_{Ed,2}}{\chi_{LT} \frac{M_{Rk,2}}{\gamma_{M1}}} = \frac{-35.249 \text{ kN.m}}{1 \frac{61.161 \text{ kN.m}}{1.25}} = 0.72$$

$$\frac{M_{Ed,3}}{\chi_{LT} \frac{M_{Rk,3}}{\gamma_{M1}}} = \frac{0.0017525 \text{ kN.m}}{1 \frac{12.309 \text{ kN.m}}{1.25}} = 0.0116$$

Güvenlik katsayısı ζ : 1.1 uygun...V (M2 ve M3 ayrı ayrı uygulanmıştır)

13. KAR BİRİKMESİ

ÇELİK YAPILARIN TASARIM, HESAP VE YAPIM ESASLARINA DAİR YÖNETMELİK veya TS-EN 1993:2005'e göre, projelendirilen çelik yapılarda kar ve rüzgâr yükleri için yük yönetmeliği olarak TS-EN 1991-1-3(kar yükleri) ve TS-EN 1991-1-4 (rüzgâr yükleri) kullanılmalıdır. TS-EN 1991-1-3 yönetmeliğinde kar birikmesiyle ilgili yük artımı istenmektedir:

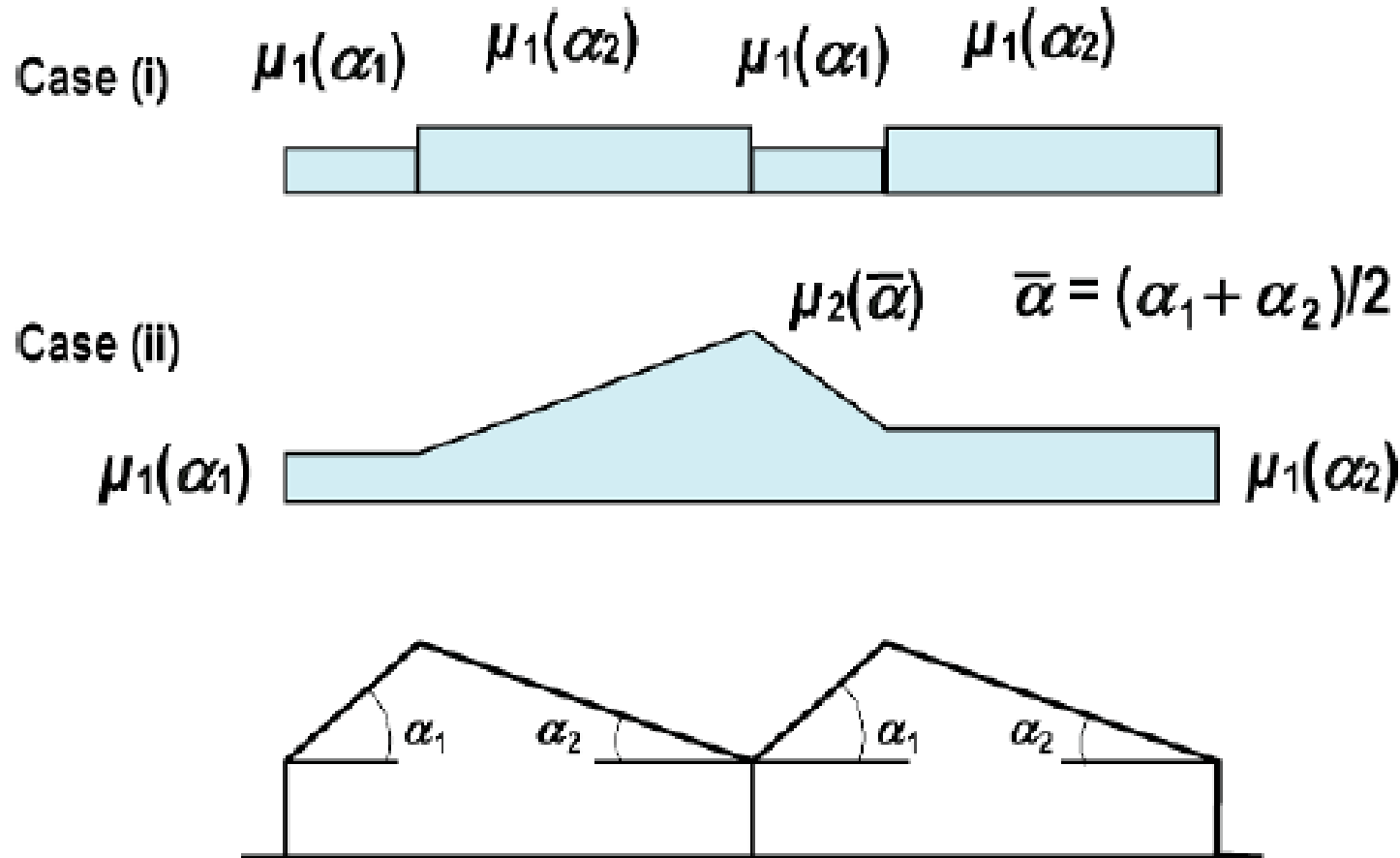
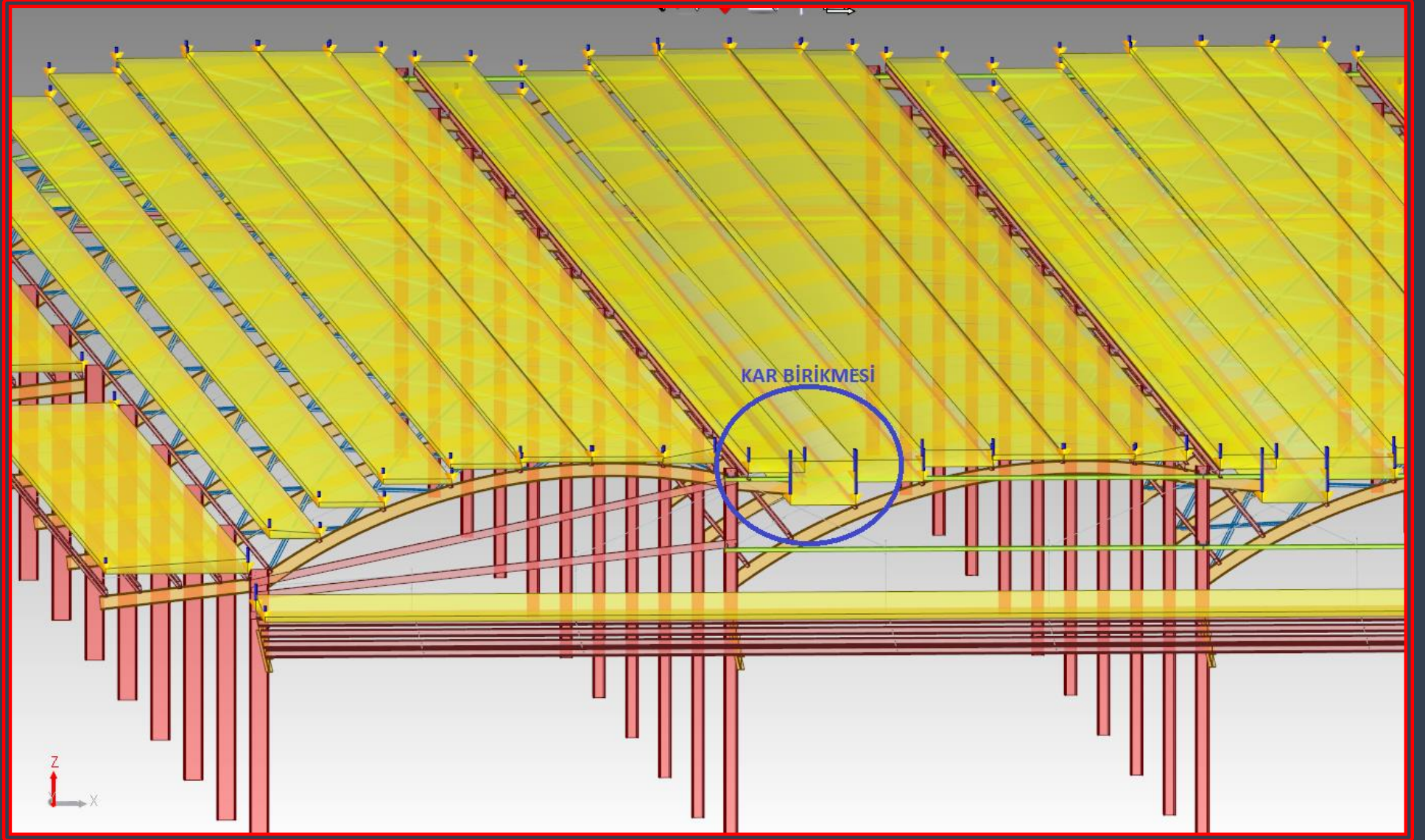
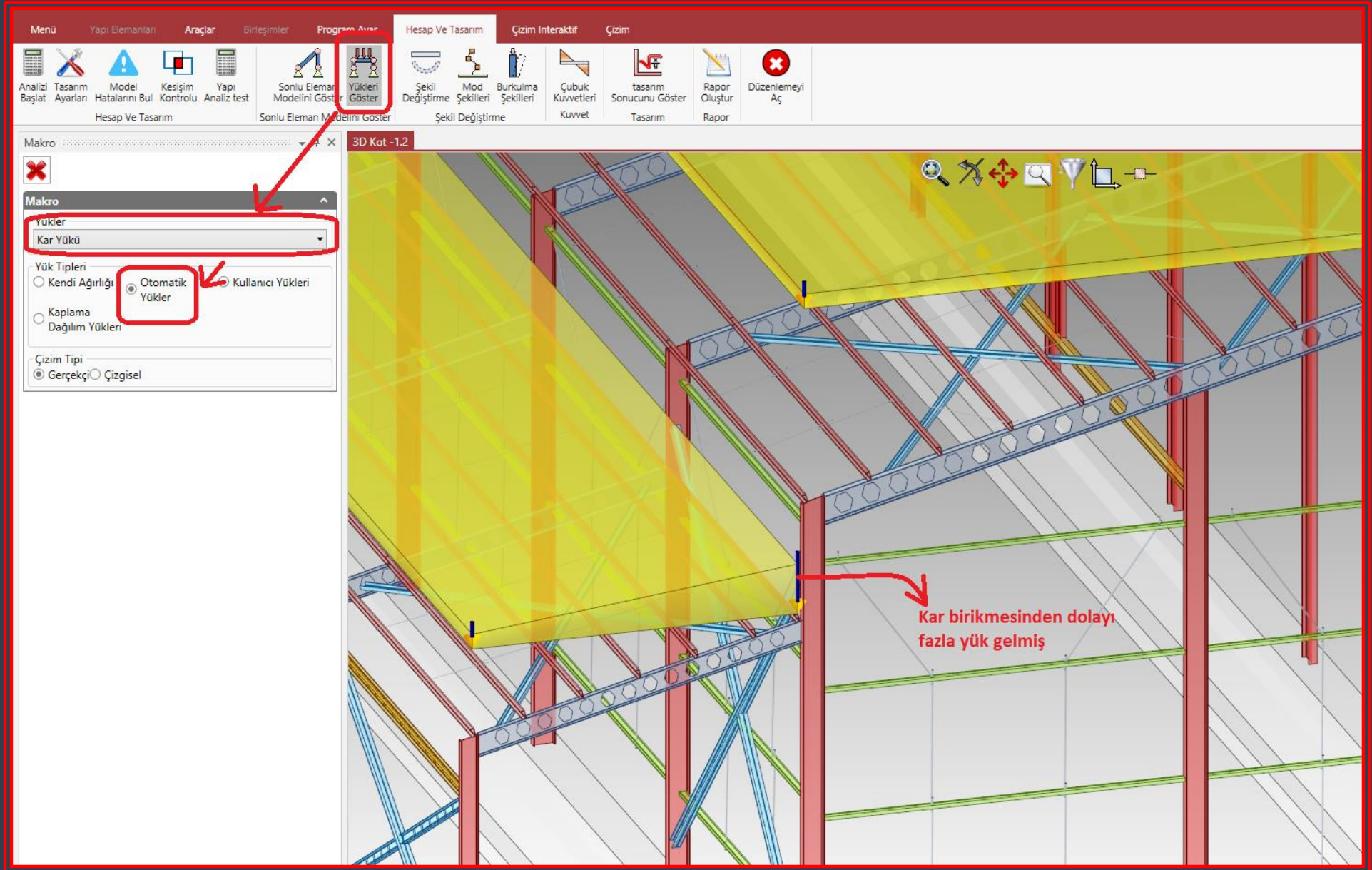


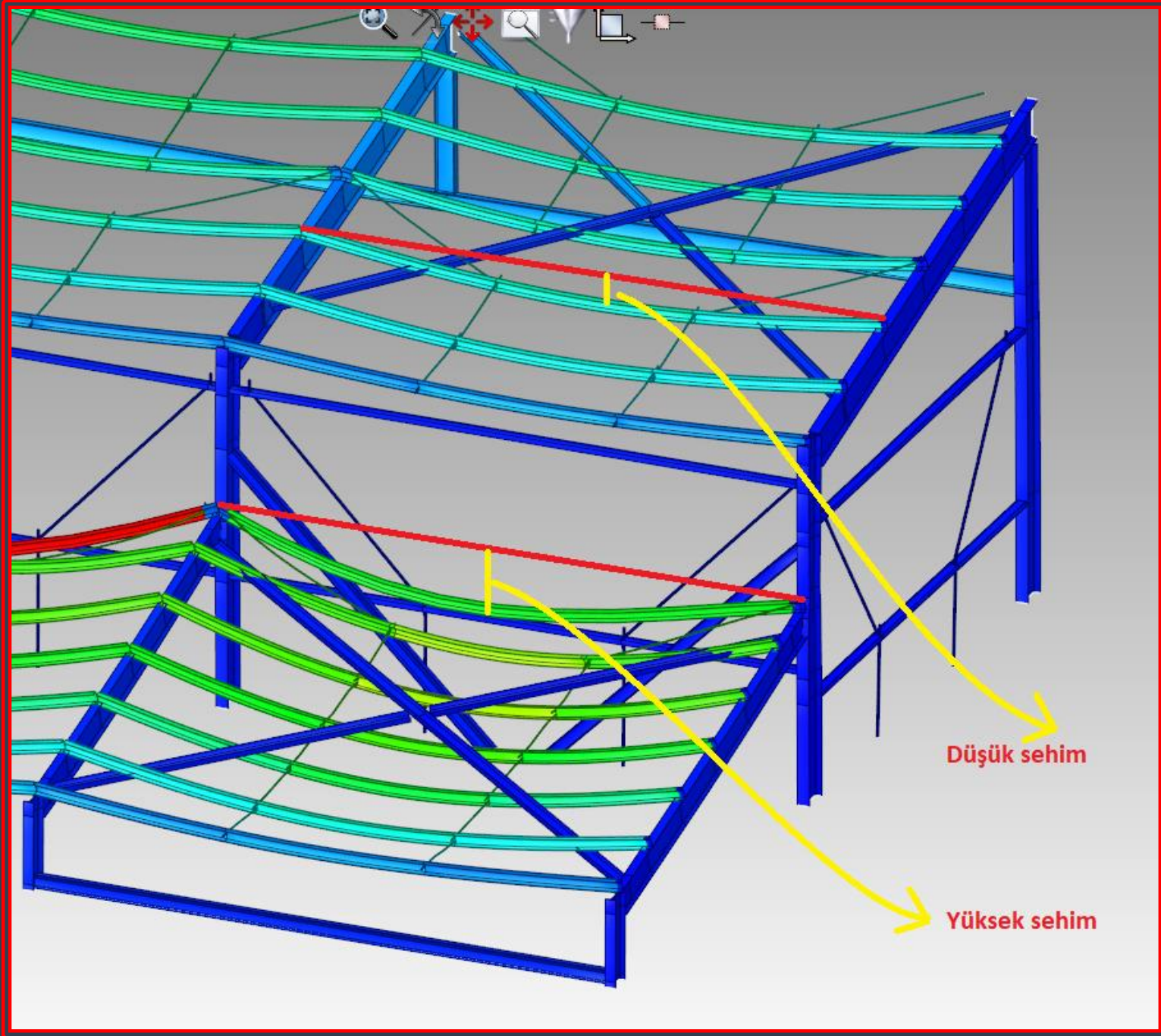
Figure 5.4: Snow load shape coefficients for multi-span roofs"

Buna binaen StaSteel programında kar yükleri otomatik olarak hesaplanırken, yapıda kar yüklerinin birikebileceği noktalarda fazladan yük alınır:





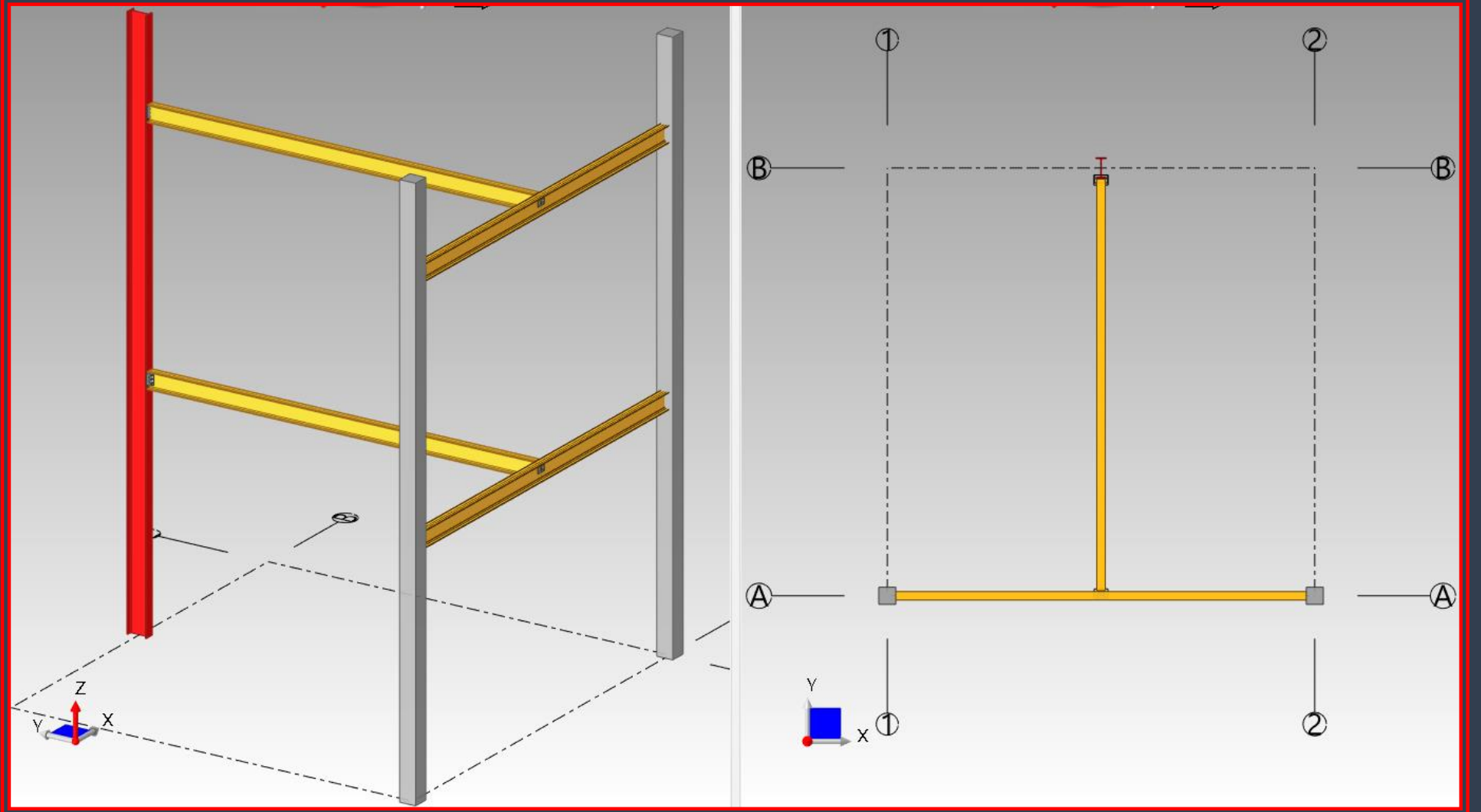
Bu durumun sonucu olarak, aynı aşıklı sistemi farklı cephelerde farklı sonuçlar verebilir:



14. BURKULMA BOYU

1. Mertebe teoriye göre yapılan hesaplarda, bilindiği gibi burkulma boyu kriterleri kullanılır. Stasteel programı bazı kriterlere göre burkulma boyunu seçmektedir. Genellikle bu seçim güvenli tarafta kalacak şekilde yapılır, çünkü mühendis gözetiminde değildir. Ayrıca farklı güncellemeler arasında burkulma boyu seçimi de farklı olabilir, çünkü karışık durumlarda mühendis tarafından seçim yapılmalıdır.

Bazı durumlarda burkulma boyu azaltılmak istenebilir. Bunun için programda tutulma noktaları dışarıdan tanımlanabilir. Örneğin:



yukarıdaki sistemde çelik kolonun, yandan bağlanan kirişler tarafından tutulup tutulmayacağı tartışılabilir. Esasında bu, betonarme kolonların ve iki betonarme kolonun arasındaki kirişin rijitliği ile alakalı bir konudur. Verilen sistem çözüldüğünde:

>>>> Tutulma kabulleri <<<<

Parça	Yön	I ucu tutulu	I ucu not	J ucu tutulu	J ucu not
0 - 2.9m	M2(Ana)	✓	Mesnet koşulu	X	
	M3(Zayıf)	✓	Mesnet koşulu	X	
2.9 - 5.9m	M2(Ana)	X		X	
	M3(Zayıf)	X		X	
5.9 - 7m	M2(Ana)	X		X	
	M3(Zayıf)	X		X	

0/1/0 yönü için burkulma sistemi(Ana Yön)

Başlangıç ucu tutulu çubuk.

Ankastre çubuk, burkulma boyu maksimum 2L olur.

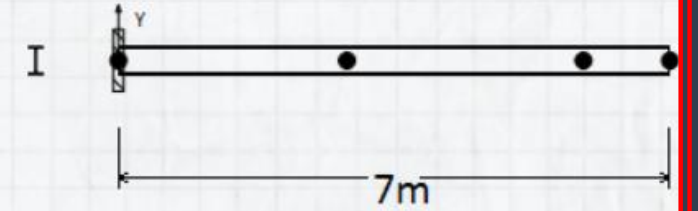
Sonlu Eleman Modeli

s2k kaydet

Nokta	X-m	Z	Tut	DönmeYayı-kN/m ²	Kesit
1	0	0	UX,UZ,RY	-	-
2	0	2.9		-	S1 Id: 3 IPE 240
3	0	5.9		-	S1 Id: 3 IPE 240
4	0	7		-	S1 Id: 3 IPE 240

Aradan bağlı yay bulunmamaktadır.

Kabul edilen burkulma yükü: 405.44kN, burkulma boyu($\pi^2 EI / N_{cr}$)^{0.5} :13.998m



Programın sadece mesneti kabul edip 2L (L:7metre >> Lb:14m) burkulma boyuna göre sistemi çözdüğü görülmektedir. Eğer bu kabul değiştirilmek isteniyorsa, profilin başlangıç noktasına göre yeni tutulma noktaları tanımlanabilir:

Çelik Kolon

1 Adet Seçili Obje

İsimlendirme

Kesit

Kaçıklık

Elastik Bağ

Mesnet

Yükler

Analiz-Tasarım

Tasarım Tipi

SteelColumn

Malzeme

St37

Kütleyi Diğer Elemanlara Aktar

☐

Sadece Çekme Alan Çubuk

☐

Burkulma Boyları 2

3 6

Burkulma Boyları 3

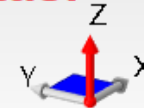
Eğrilik

3D Kot 0

Başlangıçtan 6m
uzakta tutulma
noktası

7000 mm

Başlangıçtan 3m uzakta
tutulma noktası



Tanımlanan 3m ve 6m uzaklıklara denk gelen düğüm noktalarında, program profilin burkulmaya karşı tutulduğunu varsayar. Bu varsayım, sadece tanımlandığı profil için geçerlidir. Eğer girilen uzaklıklarda düğüm noktası yoksa, program bu değerleri ihmal eder. Bu veri girişine göre yeni durumda:

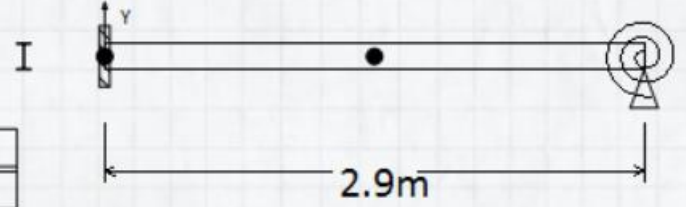
0/1/0 yönü için burkulma sistemi(Ana Yön)
 İki ucu tutulu çubuk.
 Ankastre çubuk, burkulma boyu maksimum 2L olur.
 Sonlu Eleman Modeli s2k kaydet

Nokta	X-m	Z	Tut	DönmeYayı-kN/m ²	Kesit
1	0	0	UX,UZ,RY	-	-
2	0	1.45		-	S1 Id: 3 IPE 240
3	0	2.9	UX	8049.7	S1 Id: 3 IPE 240

Tablo: Burkulma hesaplarında dönme serbestliğine atanan yaylar

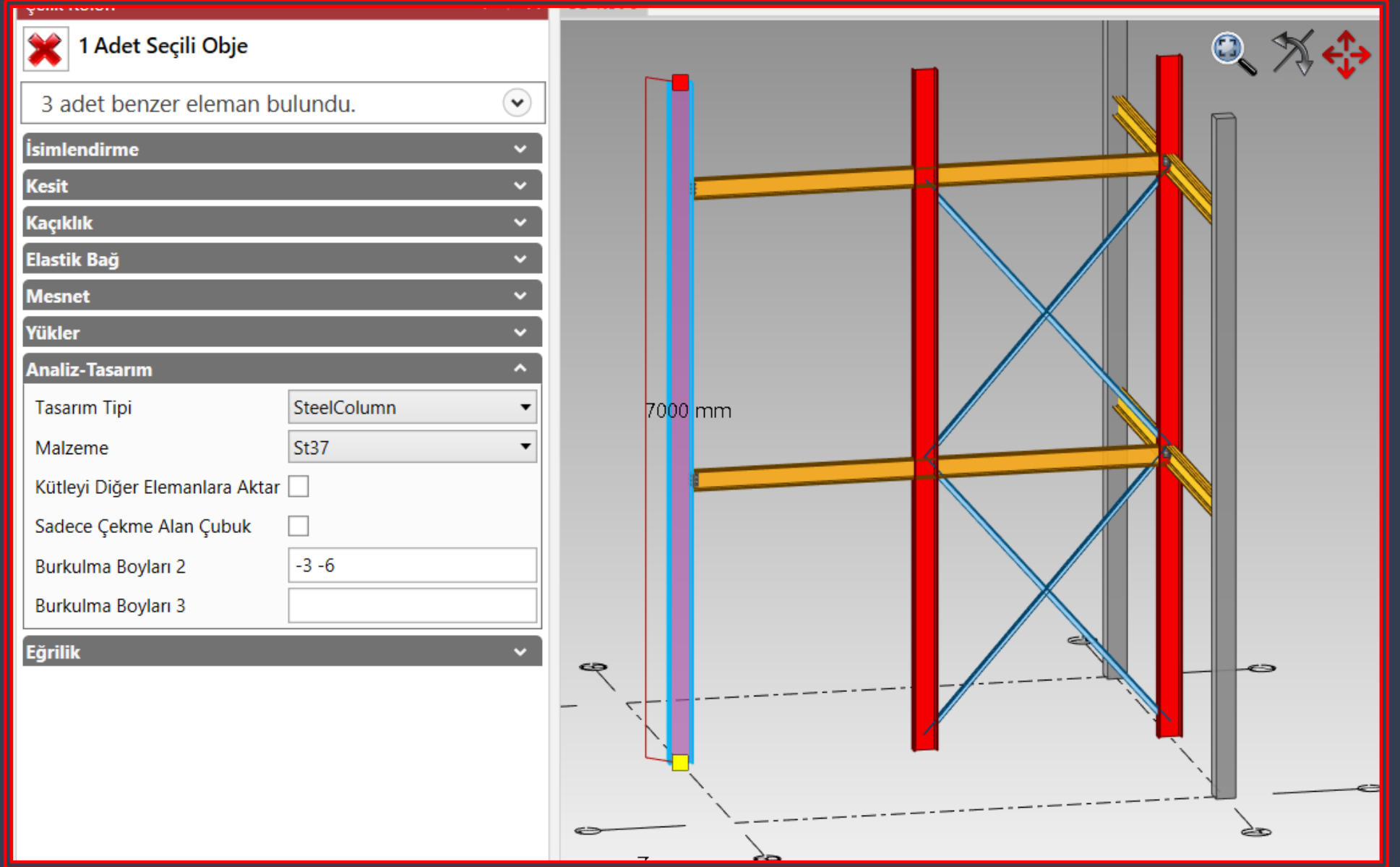
Nokta	Yay elemanı	DönmeYayı-kN/m ²
3	S1-3m	8049.7

Kabul edilen burkulma yükü: 26202kN, burkulma boyu($\pi^2 EI / N_{cr}$)^{0.5} :1.7413m



Temel üstünden ankastre ve ilk kirişle birleştiği noktadan tutulu sistem çözülmüş ve burkulma boyu L (L:2.9metre >> Lb:1.74m)' nin de altına düşmüştür.

Bunun tersine, istenilen durumlarda burkulma boyu artırılabilir de. Örneğin:



Görülen çaprazlı sistemde tutulma noktaları program tarafından temelde ve kiriş düğüm noktalarında belirlenmiştir. Eğer kirişlerin kolunu tutamadığı varsayılacaksa, uzaklıklar negatif olarak girilir ve:

0/1/0 yönü için burkulma sistemi(Ana Yön)

Başlangıç ucu tutulu çubuk.

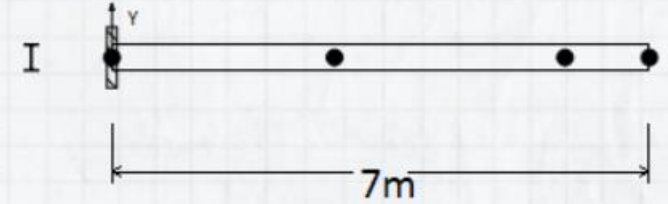
Ankastre çubuk, burkulma boyu maksimum 2L olur.

[Sonlu Eleman Modeli](#) [s2k kaydet](#)

Nokta	X-m	Z	Tut	DönmeYayı-kN/m ²	Kesit
1	0	0	UX,UZ,RY	-	-
2	0	2.9		-	S2 Id: 3 IPE 240
3	0	5.9		-	S2 Id: 3 IPE 240
4	0	7		-	S2 Id: 3 IPE 240

Aradan bağlı yay bulunmamaktadır.

Kabul edilen burkulma yükü: 405.44kN, burkulma boyu($\pi^2 EI / N_{cr}$)^{0.5} :13.998m



Burkulma boyu 2L(L:7metre >> Lb:14m) olarak kabul edilmiş olunur.

15. GÜVENLİK KATSAYISININ “0” VEYA “0,01” GİBİ İNANILMAZ DÜŞÜK BİR DEĞERDE ÇIKMASI

Bazı projelerde, profil hesaplarında güvenlik aşırı düşük çıktığı konusunda bildirimler bulunmaktadır. Bu durumda kontrol edilecekler:

Profil tahkiklerinde, oluşan kesme kuvveti ve moment etkileşimlidir, kesme kuvveti arttıkça moment kapasitesi azalır. Profile gelen kesme kuvveti fazlaysa, gelen kesme kuvveti ile dayanım azaltma katsayısı TS-EN 1993-1-1:2005 madde 6.2.8(3)e göre

$$\rho = \left(\frac{2 V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} - 1 \right)^2$$

Formülüyle hesaplanır ve

$$(1 - \rho) f_y$$

Formülüyle uygulanır. Buna binaen, kesme kuvveti arttıkça moment kapasitesi sıfıra kadar düşebilir, profil en küçük momenti bile taşıyamaz duruma gelir.

Kren hesaplarında ise, moment ve burulma kuvveti etkileşimlidir, moment arttıkça burulma dayanımı azalır:

EN 1993-1-5:2006 6.3.2 Lateral-torsional buckling(Yanal burulmalı burkulma)

Burulmalı eğilme hesabı, EN 1993-1-5:2006 Annex A'da tarif edildiği şekilde burulma burkulması gözönüne alınarak yapılmıştır. Olumsuz komb:1,35G + 1,5CR(MaxM3-) + 1,05Wx, M_2 :-68.913kN.m, M_3 :-10.029kN.m, T:-0.43866kN.m
TS-EN 1993-1-1:2005 Table B.3: Cm moment faktörü hesabı, tekil yükleme için

$$\frac{\frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \frac{M_{y,Rk}}{Y_{M1}}} + \frac{C_{mz} M_{z,Ed}}{\frac{M_{z,Rk}}{Y_{M1}}} + \frac{k_w k_{zw} k_\alpha B_{Ed}}{\frac{B_{Rk}}{Y_{M1}}} = 1.77 + 0.32 + 38.3 = 40.4 \leq 1$$

$$k_w = 0.7 - \frac{0.2 B_{Ed}}{\frac{B_{Rk}}{Y_{M1}}} = 0.673 \quad k_{zw} = 1.0 - \frac{M_{z,Ed}}{\frac{M_{z,Rk}}{Y_{M1}}} = 0.649 \quad k_\alpha = \frac{1}{1 - \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,cr}}} = 532 \quad C_{mz} = 0.91 \quad (\text{Annex A1})$$

$M_{y,Rk}$:91.729kN.m, $M_{z,Rk}$:31.392kN.m, $M_{y,cr}$:138.09kN.m, χ_{LT} :0.93585

EN 1993-1-5 formül A.1 = 40.4 >>> Güvenlik katsayısı ζ : 0.02

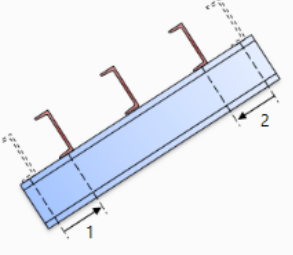
Bu örnekte gelen moment profil kapasitesinin 1,8 katı gibi yüksek bir değerde, sadece momenti düşünürseniz güvenlik katsayısı 0,55 gibi çıkar. Fakat moment-burulma etkileşiminde k_α değeri 532 çıkmış, yani burulma kuvveti 532 kat büyütülüyor. Buna binaen güvenlik katsayısı 0,02 çıkmış durumdadır.

Çözüm: İki durumda da moment ve kesme kuvveti diyagramları incelenmeli, ya profile gelen yük azaltılmalı veya profil büyütülmeli. Herhangi bir opsiyonla veya yorumla profili kurtarır hale getiremezsiniz. Yalnız profili dayanımını, moment veya kesme kuvveti talebinin üstüne çıkardığınızda kesit hemen kurtarır hale geçer. Mesela ikinci örnekte, profil eğilme dayanımını 50 kat değil sadece 2 kat artırmanız gerekmektedir.

16. SÜREKLİLİK VE MOMENT AKTARIMI

Aşık sistemleri 12m'yi geçmediği sürece parçalanmadan tek profile geçilebilir. Böylece momentin bir kısmı profilin mesnet bölgesinde taşınarak daha ekonomik bir tasarım elde edilebilir:

Kenar Ofset

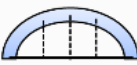



1 0.1 m 2 0.2 m

Kenar Kirişler

☒ İlk kirişi oluştur ☒ Son kirişi oluştur

Bölüm

☐  ☒ 

N 12 12*1

☐ Gerçek mesafe

Sürekli Aşık Ayarı

Sürekli Geçilecek Aralıklar 2 2 2 2 2 m

(2 3 2) için 2 aralık 3 aralık ve 2 aralık sürekli devam eder

Düzlem İçi Kaçıklık

Düzlem Dışı Kaçıklık

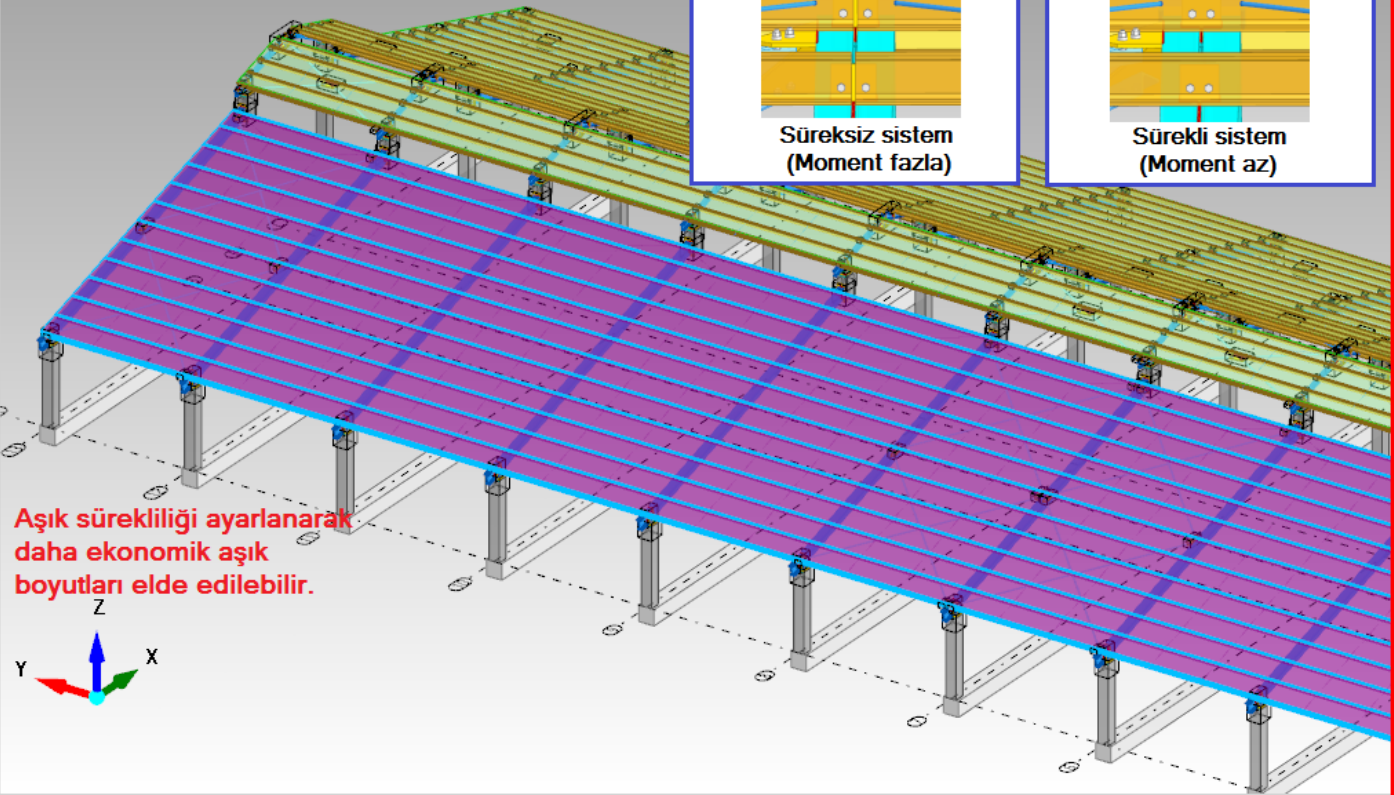
Gergi

Kaplama

Analiz Opsiyon

Yapı Aşık

Stabil.Muh.Mus.Ltd.Sti.-YTU Teknopark Hazır



Sürekli Aşık

Aşık sürekliliği ayarlanarak daha ekonomik aşık boyutları elde edilebilir.

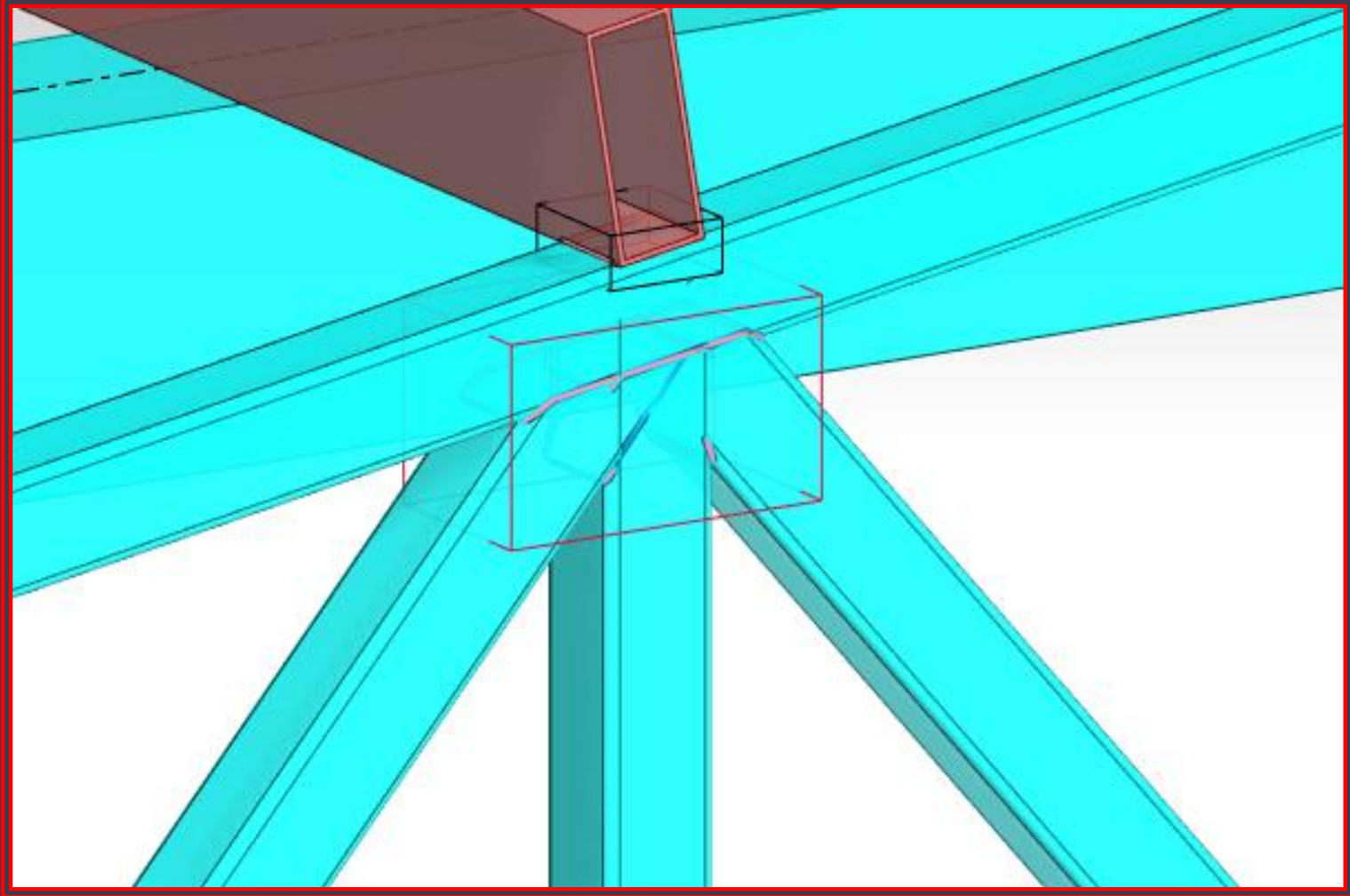
Sürekli sistem (Moment fazla)

Sürekli sistem (Moment az)

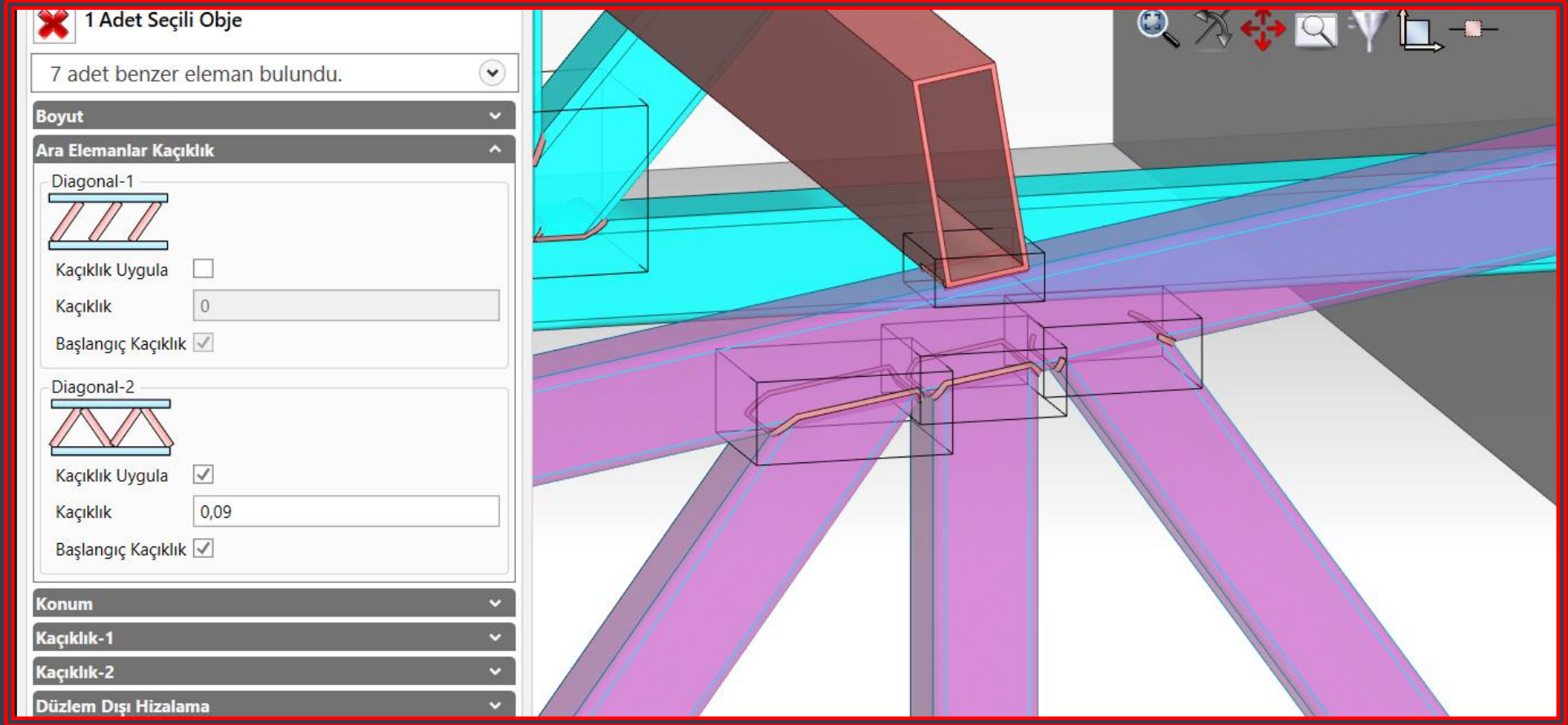
Makas sistemlerine birleşim atılmadığı takdirde moment aktarır şekilde çözülürler. Arada levha olan kaynaklı veya bulonlu birleşim atıldığında, otomatik olarak mafsalsal tanımlanır. Böylece yük akışı değişir, elemanların kurtarıp kurtarmama durumu değişir.

Eğer kutu/boru makas sistemine giydirmeye kaynak tanımlanırsa, moment aktaran sistem oluşturulacağı için birleşimler kurtarmayabilirler. Eğer moment aktarılması istenmiyorsa, makro patlatılarak mafsalsal atılması yapılabilir.

Giydirmeye kaynak tercih edildiğinde, kaynakların güzel tanımlanabilmesi için profil aralıkları doğru belirlenmelidir.



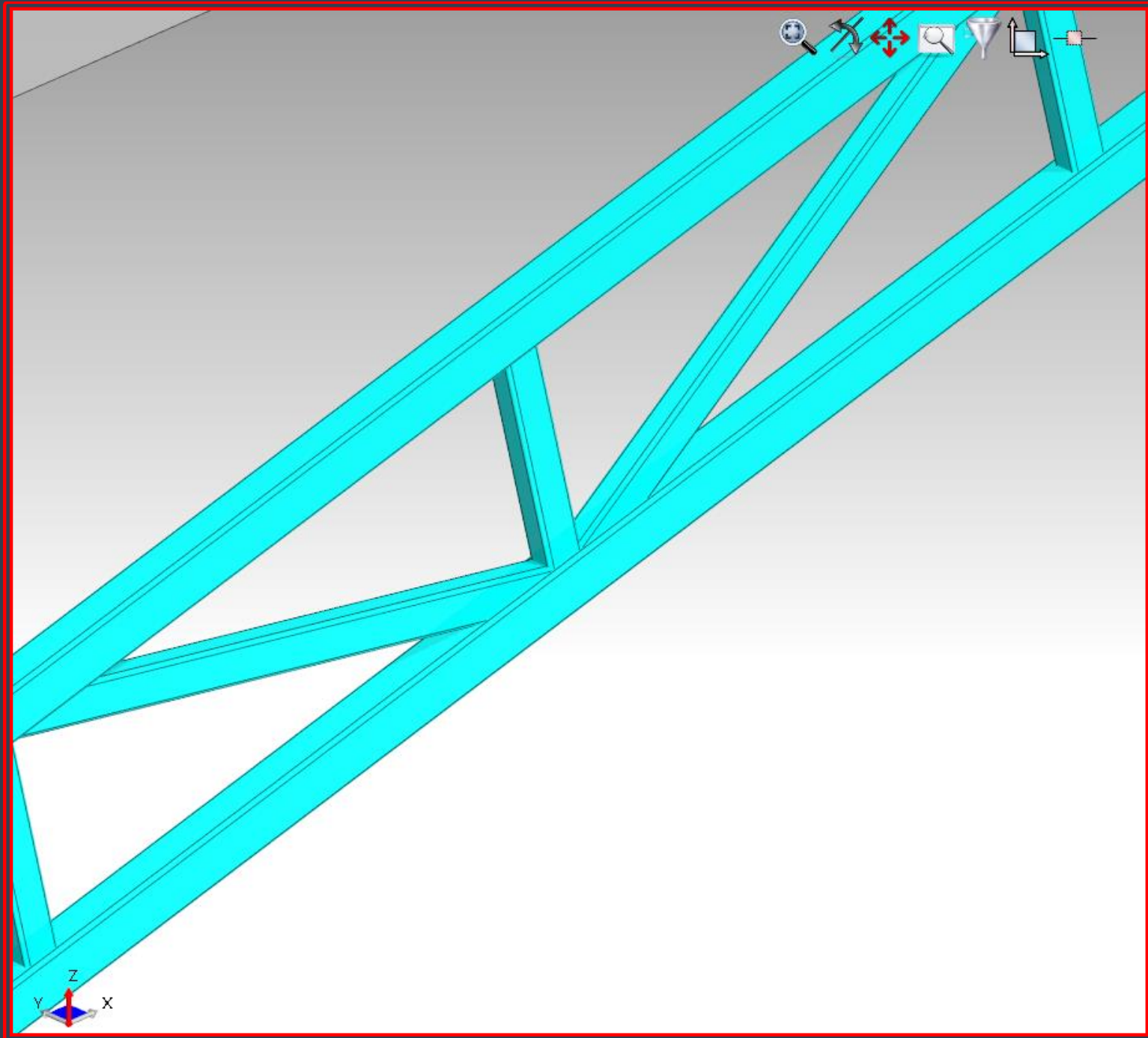
Yukarıdaki detay iç içe girdiği için kesim/üretim işlemi daha zor olacak, ayrıca kaynaklar daha zor kurtaracaktır.

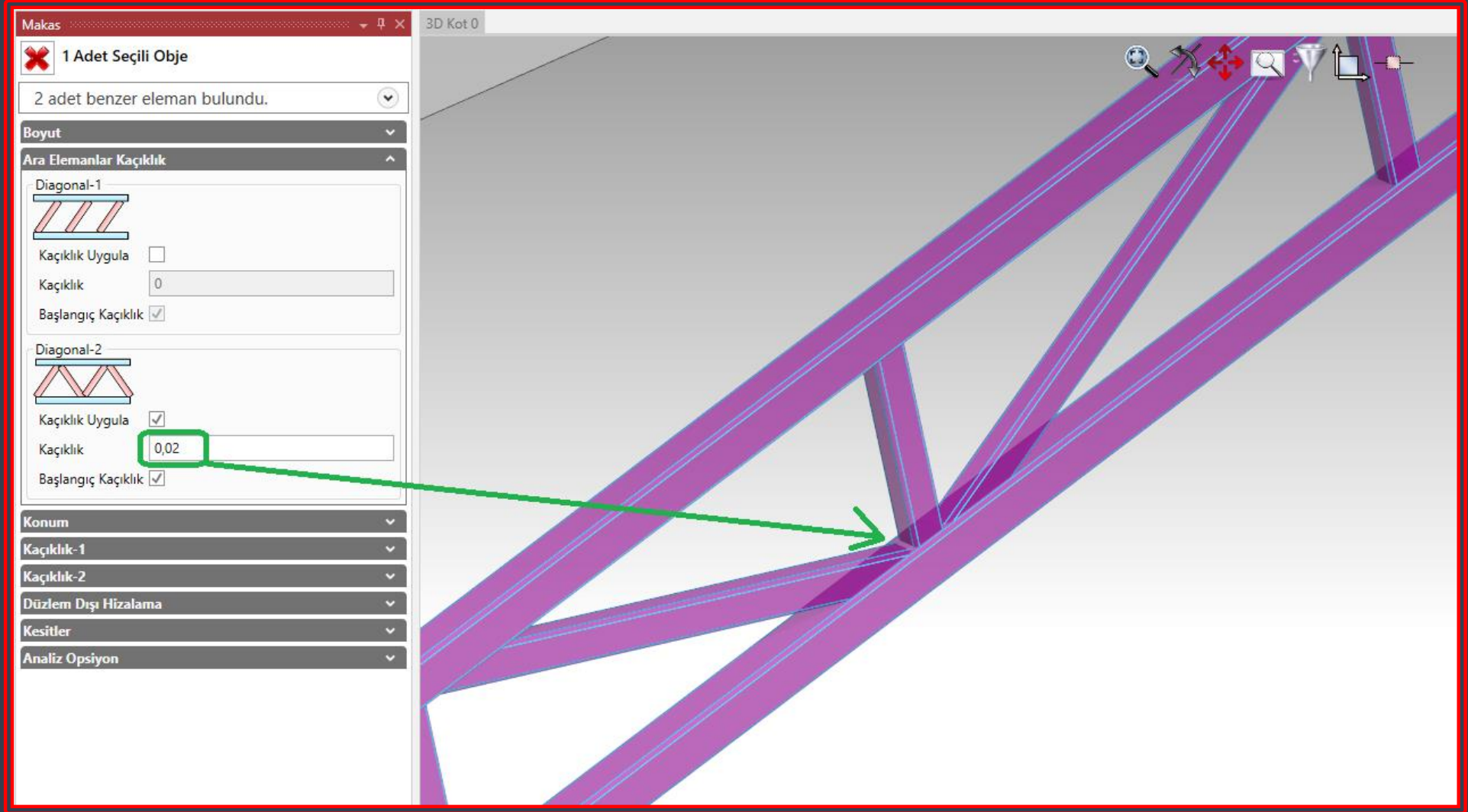


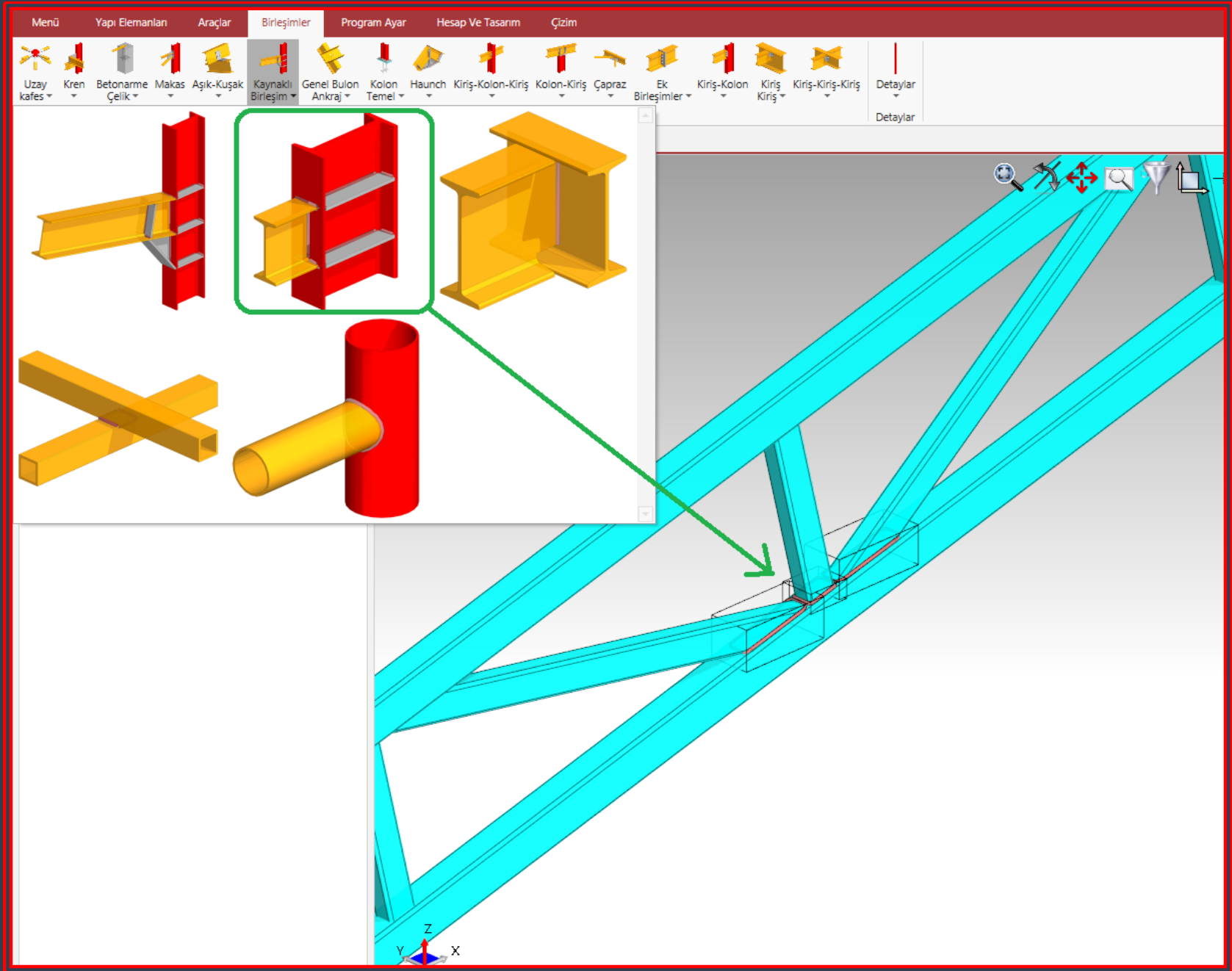
Profillerin arası makro ile kolayca açılabilir. Böylece daha düzgün kesimler elde edilir.

Kutu makasın başlık ve iç elemanları aynı profil seçildiğinde, profil kenarları şekilde görüldüğü gibi kaynaklanamayabilir.

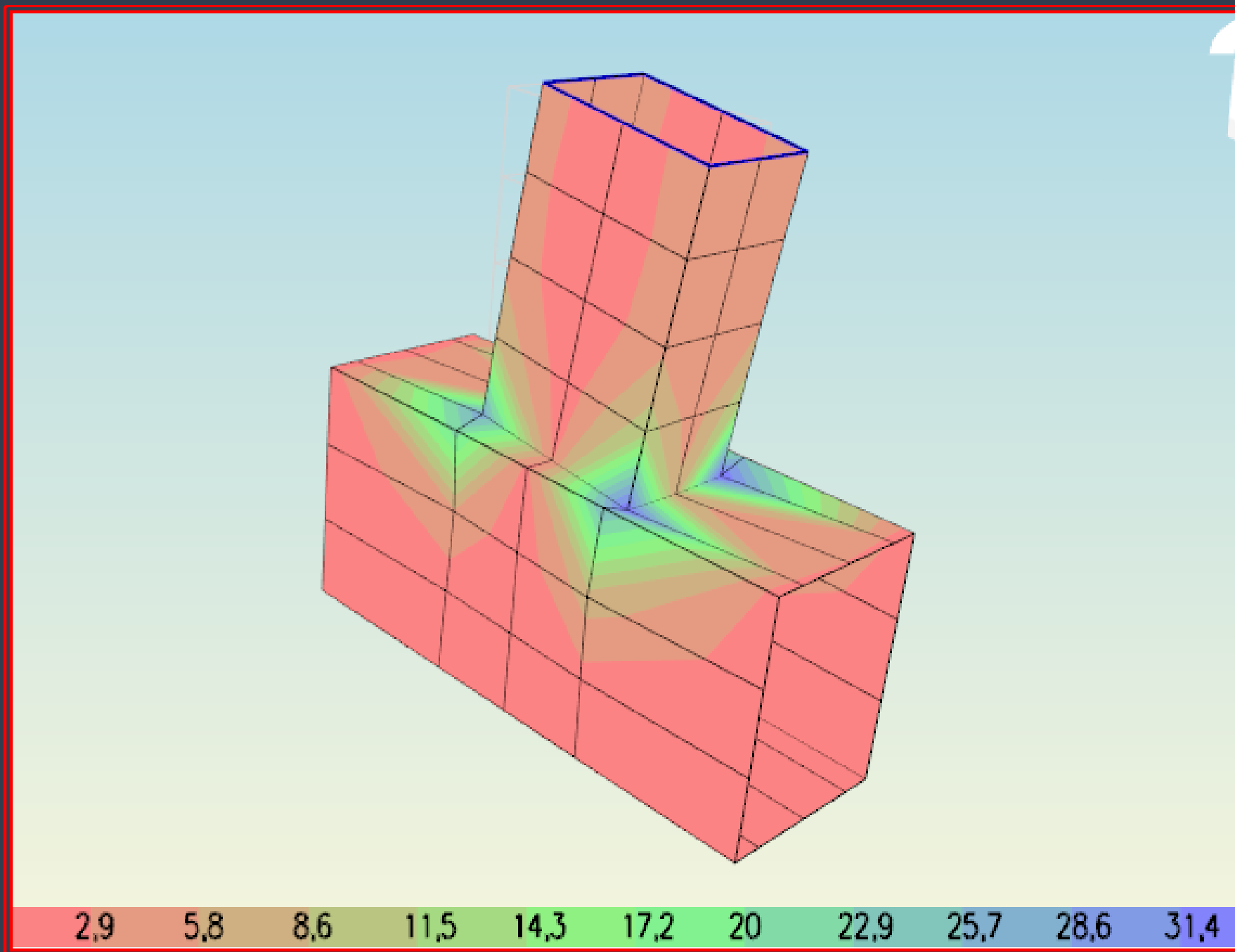
Bunu engellemek için iç elemanlar biraz daha dar seçilmelidir.





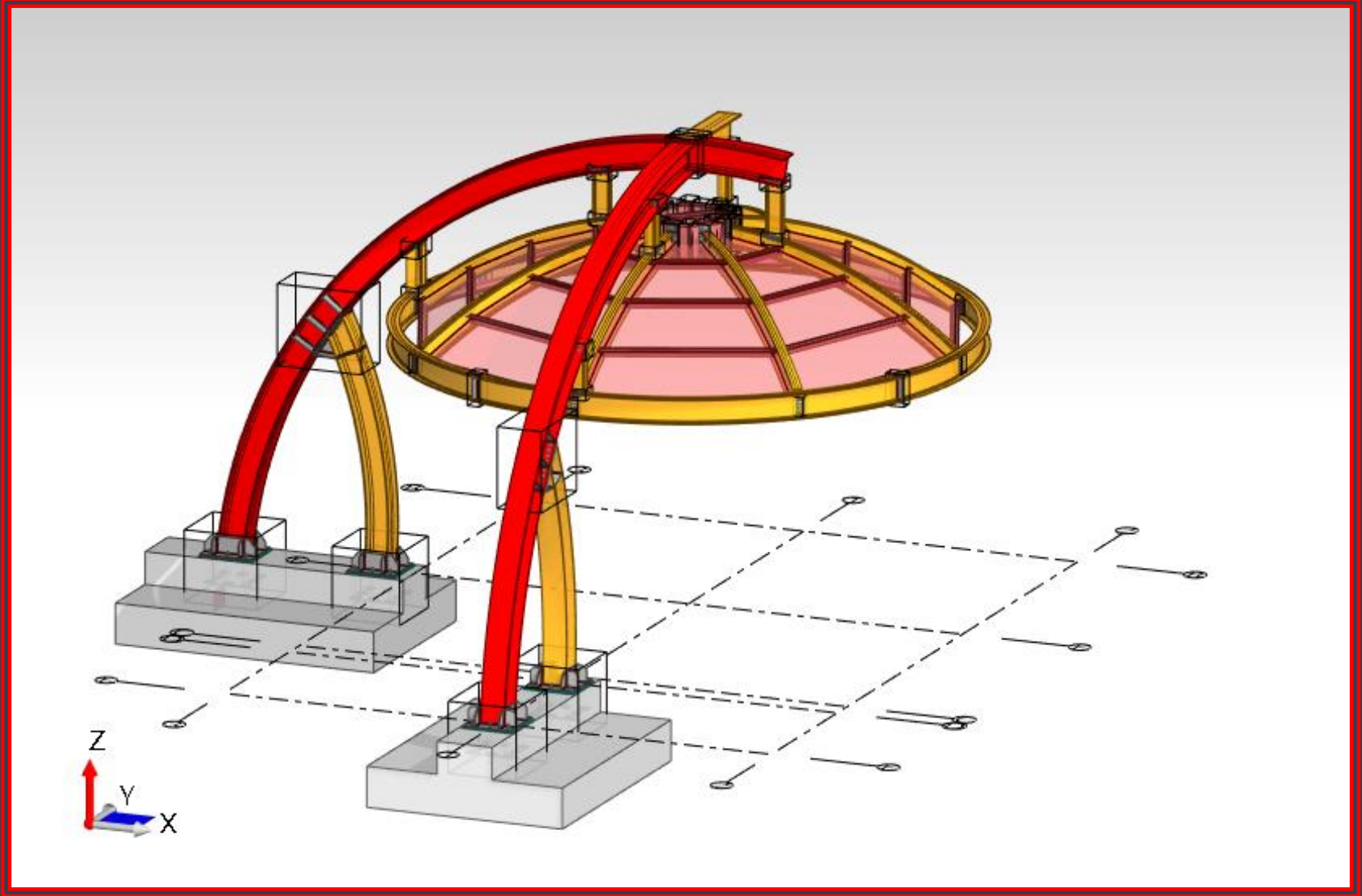


Aralıklar ayarlanıp düzgün yüzeye atılan solid kaynak seçildiğinde, profilde et kalınlığı kontrolü de otomatik olarak yapılır:

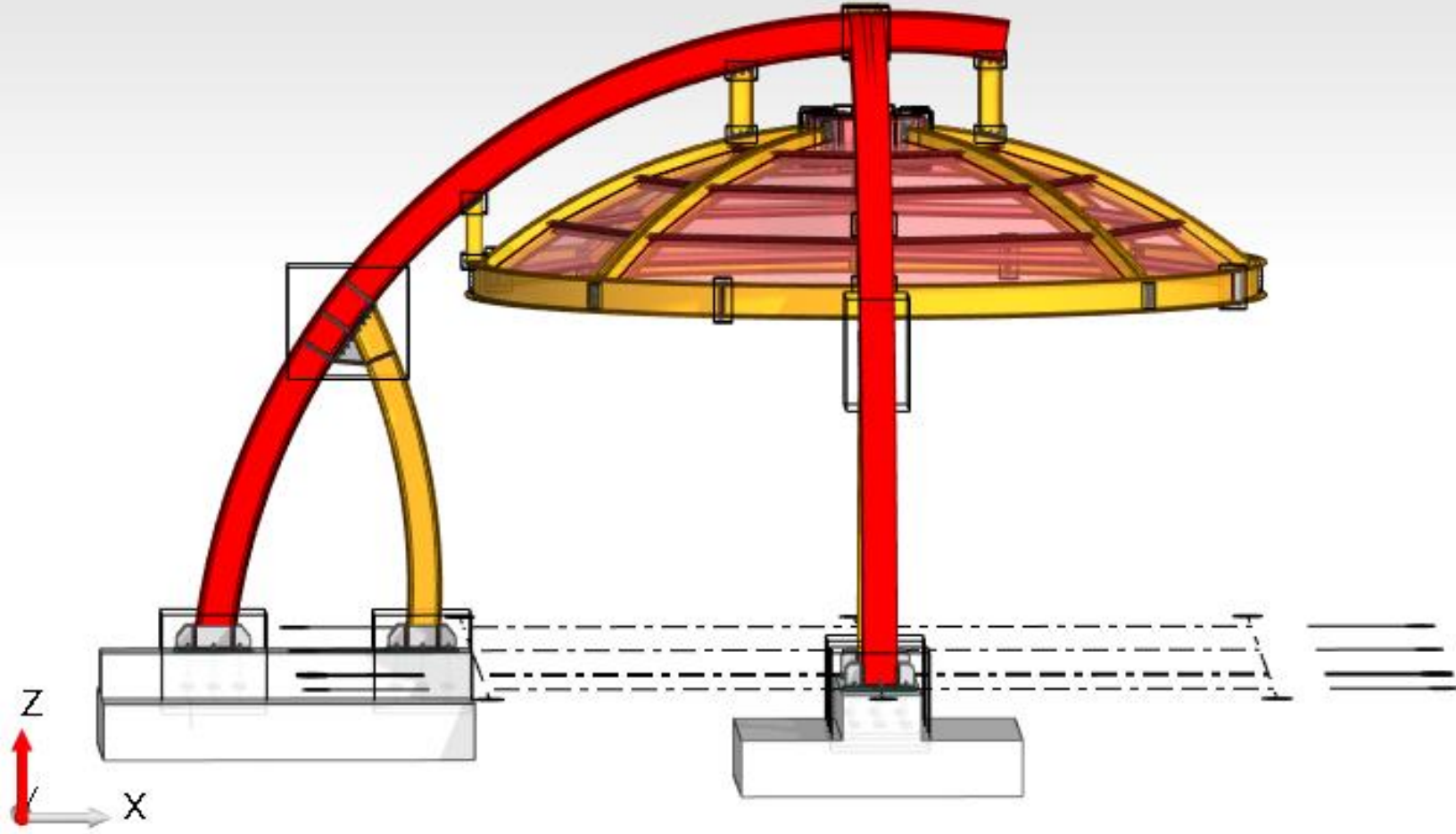


17. DEVRİLME TAHKİKİ İÇİN YÖN SEÇİMİ

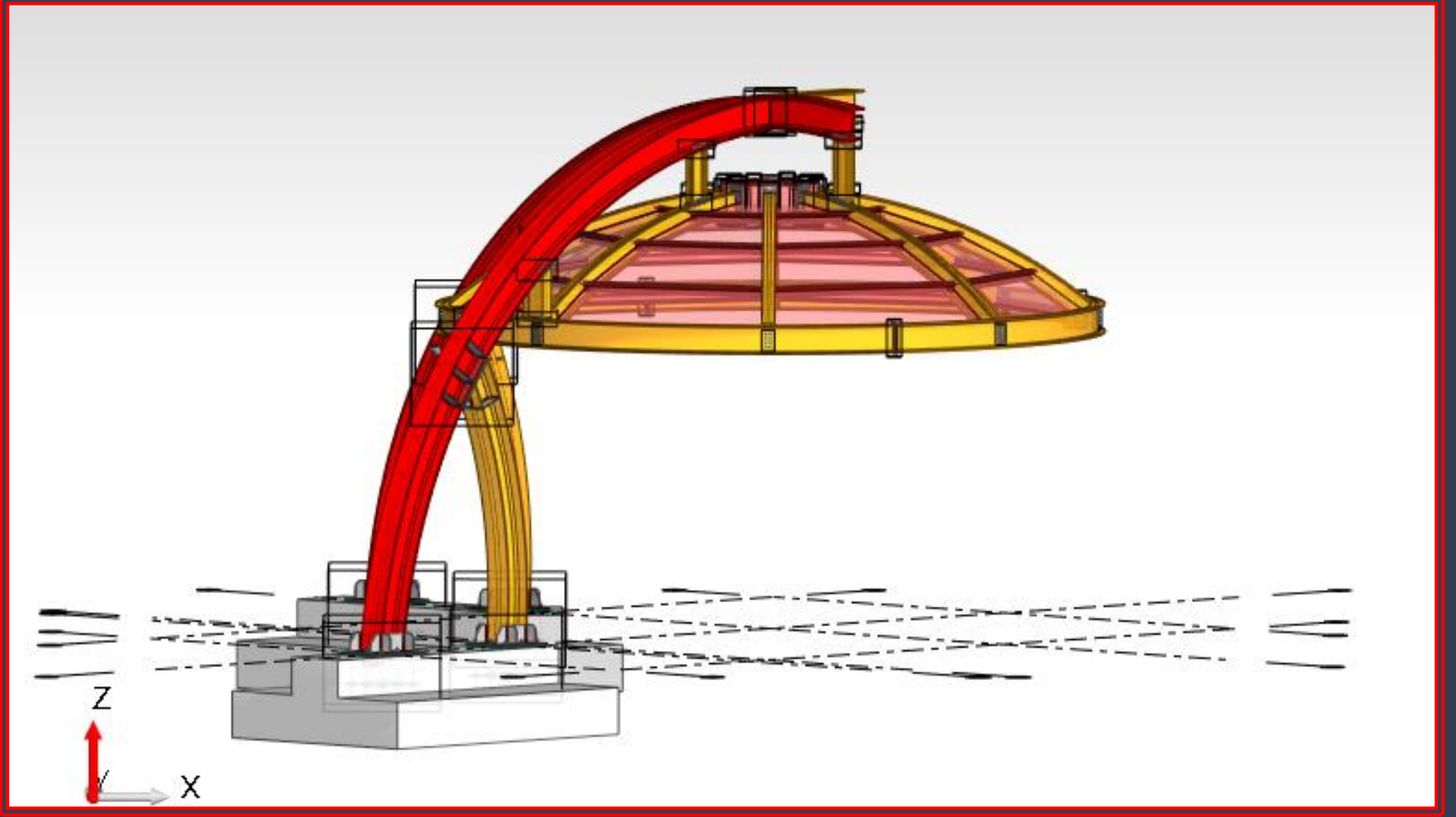
Stasteel programında yapının X ve Y ekseninde devrilme tahkiki yapılmaktadır. Bu sebeple devrilme tahkiklerinin doğru yapılabilmesi için, gerekirse analiz modelinde yapı döndürülerek deneme yapılmalıdır. Yapı döndürüldüğü halde yine devrilme tahkiki kurtarıyorsa, yapı döndürülmeden hesap ve çizimler alınabilir. Örneğin:



Yukarıda görünen yapıda veri girişi dönme eksenine göre girilmemiştir. Bu durumda:



Yapının devrilme güvenliği 86.044 çıkmıştır. Fakat yapı 45 derece çevrildiğinde



Kolon ve temeller aynı hizaya gelirler, devrilmesi daha kolay bir şekil ortaya çıkar. Bu durumda devrilme güvenliği 33.63 çıkmıştır.

2. YANAL ETKİ RAPORU

2.1. Devrilme tahkiki

Düşey yükler toplamı:-319.07kN, kuvvet merkezi:-2.9417/-0.27732m

Devrilme çevresi:-5.5555/-5.9695 >>> -1.4543/5.4149m

Devrilmeye karşı moment:474.59/1816.2kN.m, kuvvet kolu:1.4874/5.6922m

X ve Y yönü için devrilme alt kotu Z:-0.56765/-0.56765m, bu kottan aşağıdaki kuvvetler devrilme hesabına alınmayacaktır.

Yapı düşey yükler altında devrilmemektedir...v

Yükleme	Yön	Devirme Mom.-kN.m	Karşı Mom.	Güvenlik Kats.
Rüzgar Yüğü X	X	6.485	474.59	73.183
Rüzgar Yüğü -X	X	6.5366	474.59	72.605
Rüzgar Yüğü Y	Y	6.5108	1816.2	278.95
Rüzgar Yüğü -Y	Y	6.5108	1816.2	278.95
SeismicXpF	X	14.086	474.59	33.692
SeismicXpR	X	14.086	474.59	33.692
SeismicYpF	Y	11.61	1816.2	156.44
SeismicYpR	Y	11.61	1816.2	156.44

Ç:33.692, Uygun...v

1317 x 549 x 24 BPP Not a file 100% Not a file / 2.07 MB Not a file

X ve Y yönü için devrilme alt kotu Z:-0.56765/-0.56765m, bu kottan aşağıdaki kuvvetler devrilme hesabına alınmayacaktır.

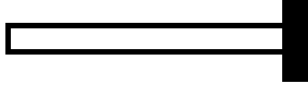
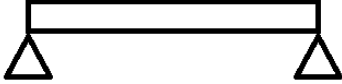
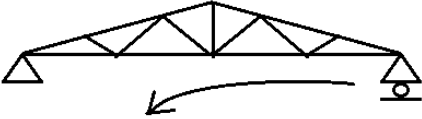
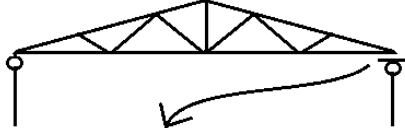
Yapı düşey yükler altında devrilmemektedir...v

Yükleme	Yön	Devirme Mom.-kN.m	Karşı Mom.	Güvenlik Kats.
Rüzgar Yüğü X	X	6.5046	1093.4	168.09
Rüzgar Yüğü -X	X	6.5311	1093.4	167.41
Rüzgar Yüğü Y	Y	6.4904	1093.4	168.46
Rüzgar Yüğü -Y	Y	6.5169	1093.4	167.77
SeismicXpF	X	12.707	1093.4	86.044
SeismicXpR	X	12.707	1093.4	86.044
SeismicYpF	Y	12.187	1093.4	89.715
SeismicYpR	Y	12.187	1093.4	89.715

Ç:86.044, Uygun...v

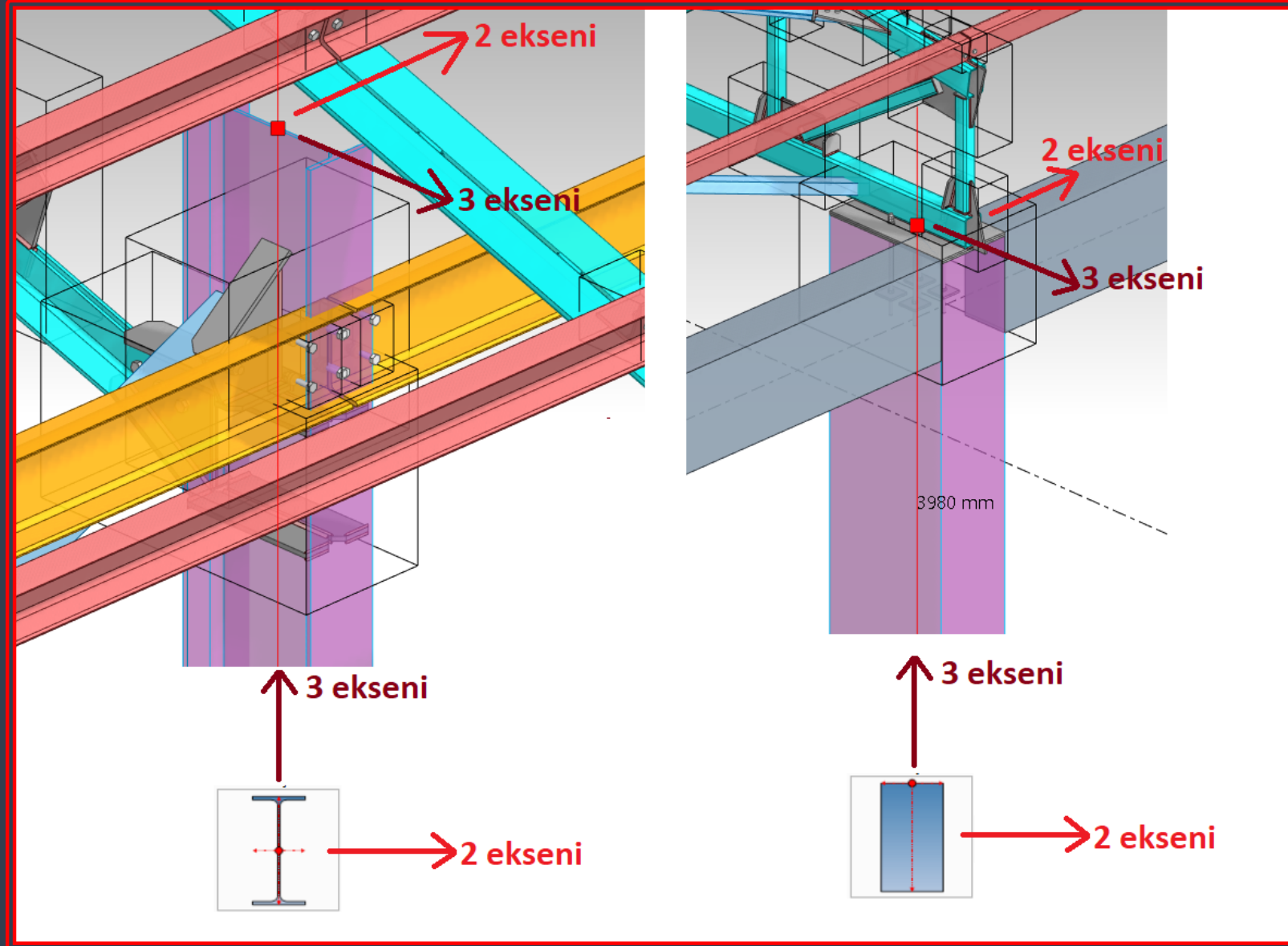
18. MAKAS VE KAYICI MESNET

Birçok makas modellemesinde, makasın bir ucuna kayıcı mesnet eklenmek istenmektedir. Bunun için ilk olarak mesnet ve mafsallın farkını, ne olduğunu ortaya koymak gerekmektedir. Bu konuda gelen maillerde ve aldığımız telefonlarda kafa karışıklığı bulunmaktadır. Yapı statığı I konularına dönersek:

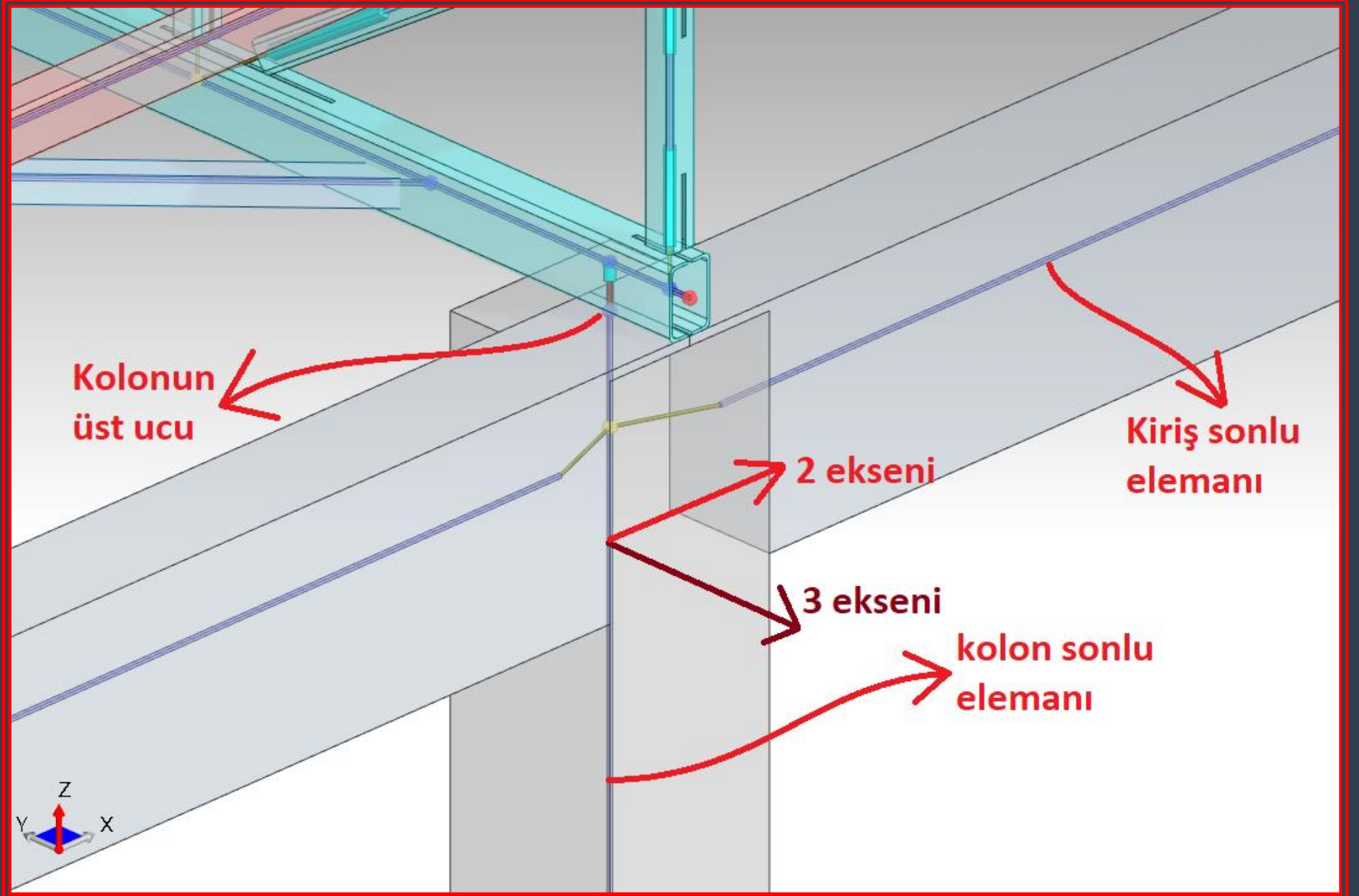
	
Ankastre mesnet, öteleme ve dönme tutulu. Yani moment ve kesme reyaksiyonu oluşur	Moment mafsali, iki çubuğun birleşen ucunda moment (kesit tesiri) oluşmaz, kesme kuvveti oluşur
	
Sabit mesnet, öteleme tutulu dönme tutulu değil. Yani moment oluşmaz, kesme reyaksiyonu oluşur	Kesme kuvveti mafsali, iki çubuğun birleşen ucunda moment (kesit tesiri) oluşur, kesme kuvveti oluşmaz
	
Makas modellenirken kolon girilmemişse, "Kayıcı Mesnet" girilerek yatay reyaksiyon oluşması engellenir	Makas modellenirken kolon girildiyse, kolona "Kesme kuvveti mafsali" ve "Moment mafsali" girilerek kolona kuvvet aktarımı sınırlanır(şadece basınç aktarılır)

Sistemde kolonlar da girildiği için MESNET değil MAFSAL kullanılmalıdır. MESNET, düğüm noktasını YER'e bağlarken MAFSAL, iki elemanın birleşiminde özel bir koşul oluşturur. Bu durumda KESME KUVVETİ MAFSALI tanımlanmalıdır.

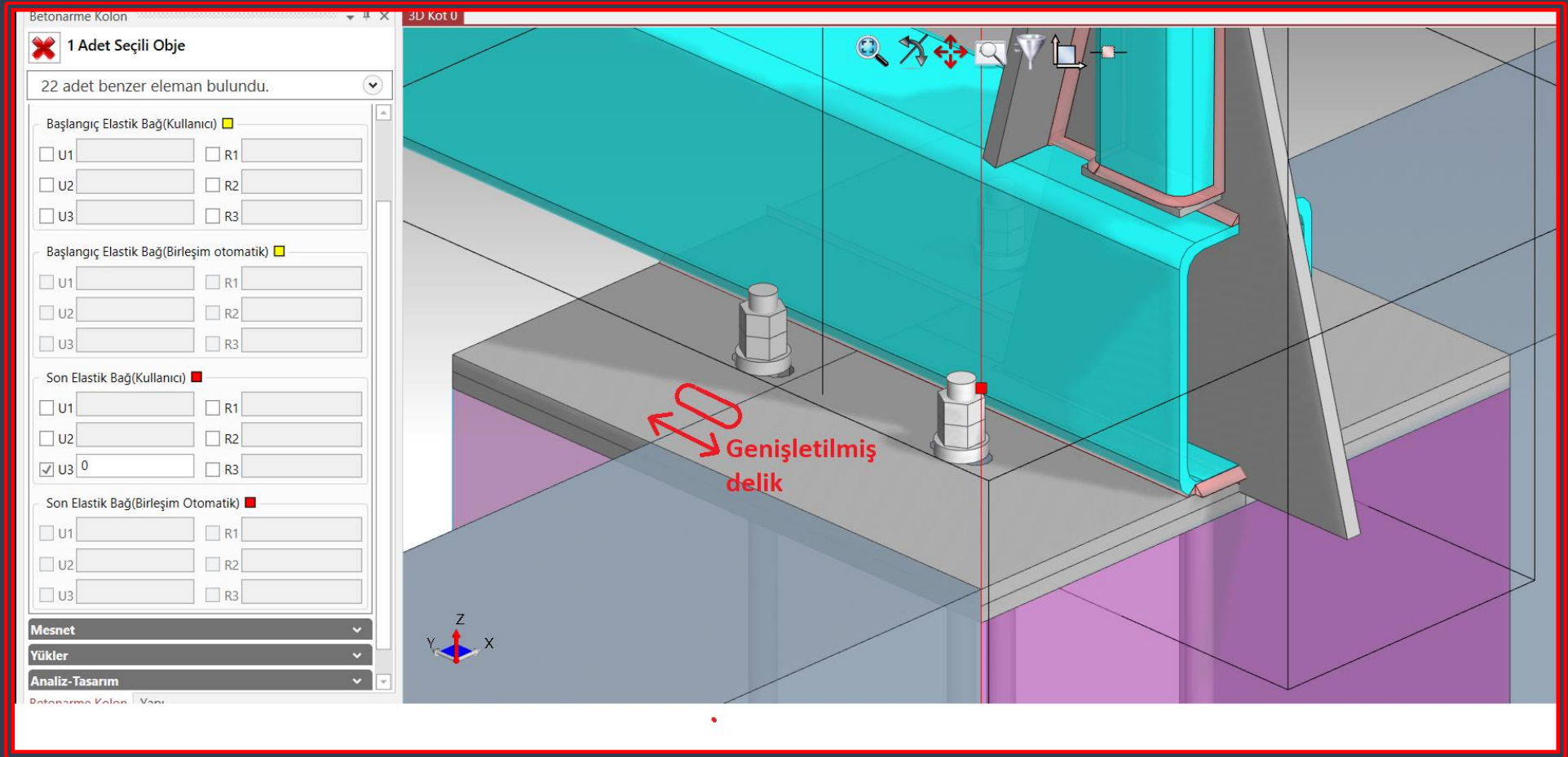
Kesme kuvveti mafsalı tanımlarken ilk olarak hangi yöne tanımlanacağı belirlenmelidir. Genel durumda:



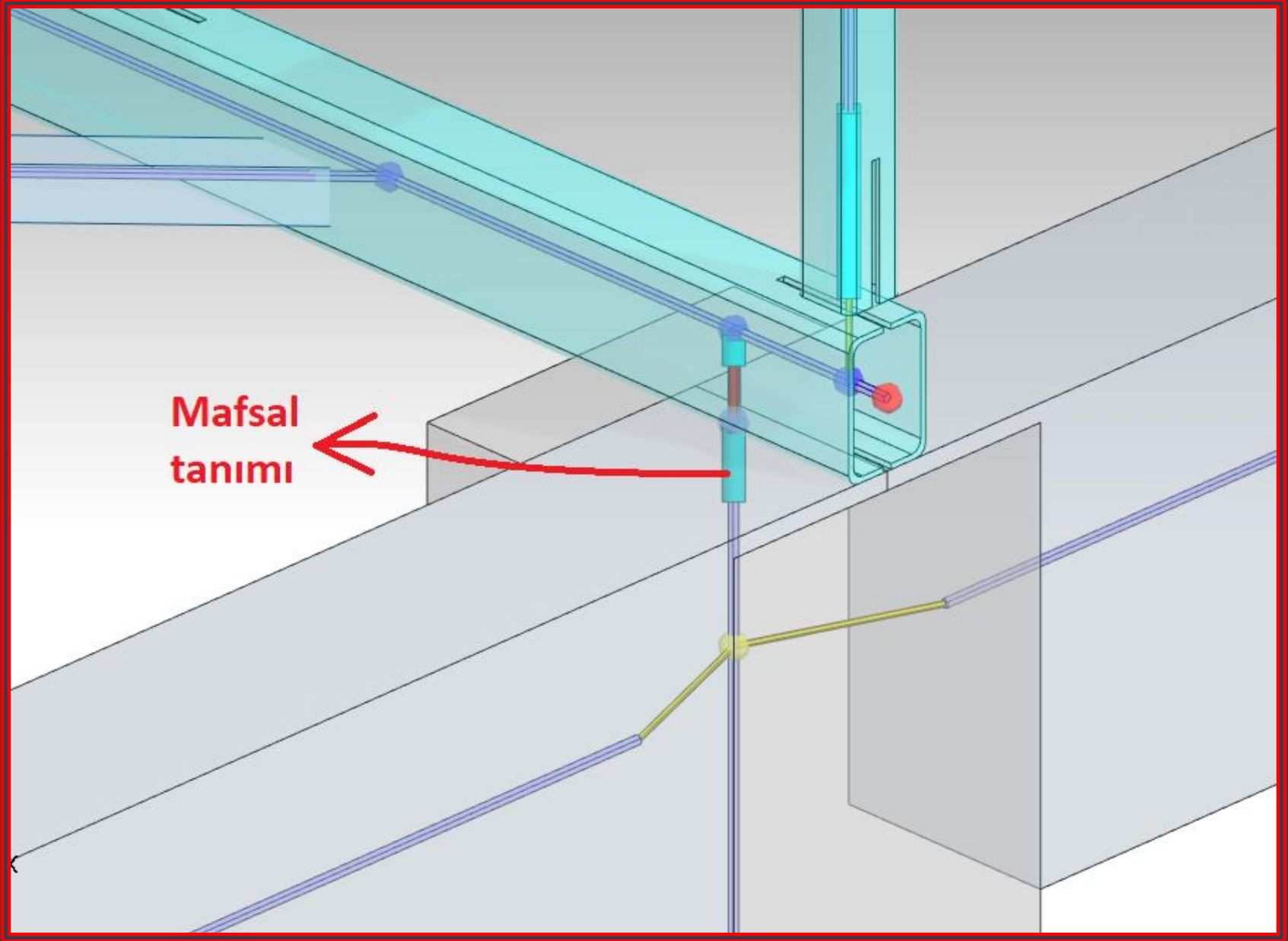
Betonarme veya elik kolonlar Őekildeki gibi yerleŐir. Bu yüzden "3" yönünde kesme mafsalı tanımlanmalıdır. Yapıya sonlu eleman sisteminden de bakarsak:



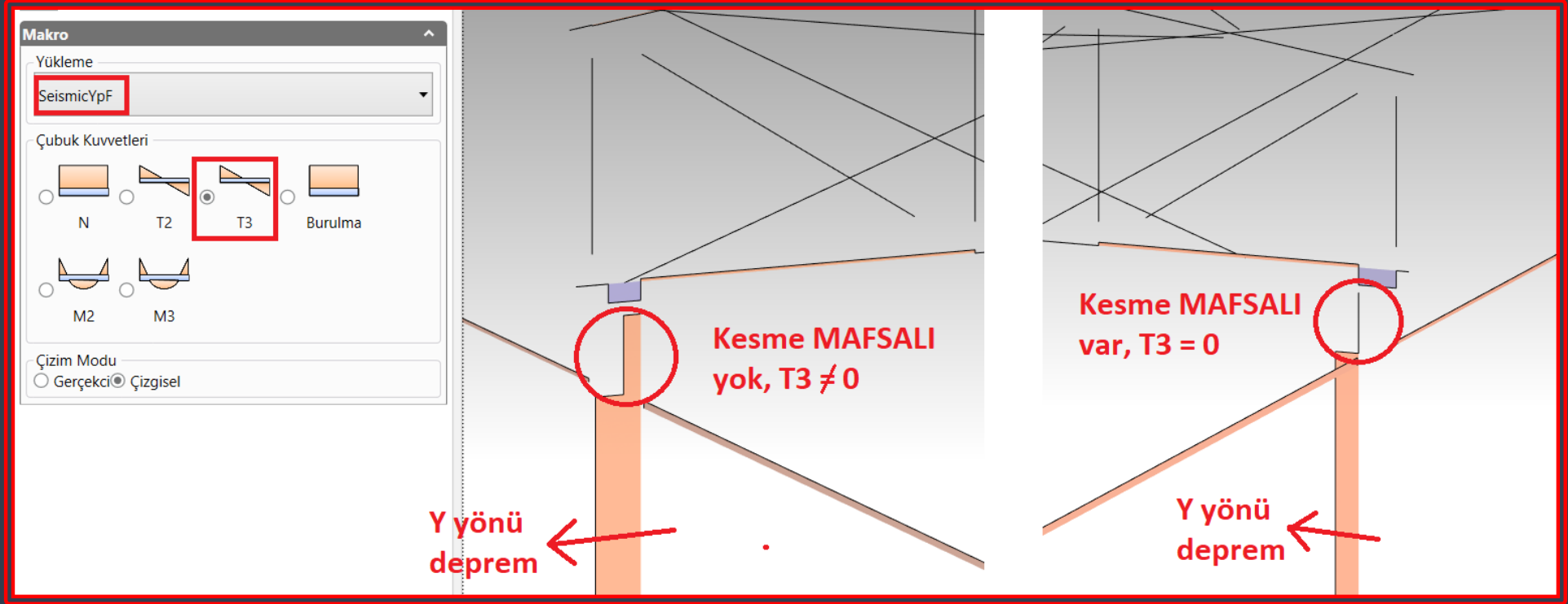
Kolonun üst ucuna eklenecek "3" yönündeki kesme kuvveti mafsali talebimizi karşılayacaktır. Burada kolonun üst düğüm noktasına herhangi bir kirişin bağlanmamış olmasına dikkat edilmelidir.



Kesme kuvvetinin aktarımını engellemek için iki plaka arasına inşaat demiri koyulabilir veya plakalarda genişletilmiş delik kullanılabilir. Bu durumu statığe aktarabilmek için kesme kuvveti mafsali kolonun üst ucunda açılır. İşlemden sonra:



Mafsal tanımı sonlu eleman sisteminde de görülecektir. Tanımlar doğru yapıldıysa, analizden sonra kesit tesirleri incelendiğinde:



Mafsalsız kısım kesme kuvveti aktarırken mafsallı kısım kesme kuvveti aktarmaz.

19. MAKAS YETERSİZLİKLERİ

Stasteel programı makas sistemlerinde momenti de göze almaktadır. Makasların yetersiz olduğu durumlarda momentin etkisi kontrol edilmeli:

Analiz And Design **Çizim**

Placement(Deformed Shape) Mod Buckling Shapes Frame Forces Gerilme Forces Show Design Result Döşeme Sonucu Create Report Aktivite Editing

3D Kot 0

Ayarlar

Genel Tasarım Standartları Deprem Standartları

TS948 Sonlu eleman sistemi gerilme ortalama yarıçapı 50 mm

Bulonların hesaba alınabilmesi için profil/güseye maks. uzaklığı 40 mm

☒ Döşeme kirişlerinin EC4'e göre elastik olmayan hesabı

Basınç birleşimlerinde birleşim vastası N çarpanı 0.5

Sonlu eleman gruplamak için minimum nokta sayısı 600

Kaynak/bulon hesabı için minimum eksantrisite 2.5 cm

☒ Döşeme, elemanlara yanal mesnetlenme sağlar (LSerb) ☒ Döşeme, elemanlara burkulmaya karşı mesnetlenme sağlar (Lcr)

Guselerin kesit hesabına alınabilmesi için minimum levha alanı 110 cm2

☒ Eksenel basınç ve eğilmeye çalışan çubuklar için ek kontrol yap (Bu seçenek kapatılırsa tasarım proje müellifi tarafından yapılacak)

☒ Tasarım tipi veya yöntemi bilinmeyen şekiller için hata ver (Bu seçenek kapatılırsa tasarım proje müellifi tarafından yapılacak)

Basınç durumunda serbest açıklığa bağlı minimum eksantrisite, L/? 500

Aşık-Ana kiriş birleşimi gibi profillerin birbirine oturduğu birleşimlerde kuvvet çarpanı 0.5

☒ Aşık-kuşaklar MCr hesabında ana profili tutar

Kolonlar diğer elemanlar burulmaya karşı tutar, min alan oranı 0.5

Kaplama, belirtilen et kalınlığındaki aşkın zayıf yön momentini taşır 3.1 mm

☒ Kompozit döşeme, ara kirişin zayıf yön momentini taşır

☒ Kiriş-kiriş veya Kolon-kolon birleşimlerinde gövde bulunu eksantrisitesi diğer profil bulon deliğine kadar al

☐ Alın levhası betona dübel/kimyasal ankraj gibi hazır detayla bağlanacak (Sınırlı/beton kopması vs. kontrol edilmez)

Yönetmelik ve tasarım varsayımları Yeni bağlanacak projeler için kaydet Geçerli proje için kaydet İptal

Project:

TS-EN1993-1-1: 2005 6.2.5 Eğilme momenti

6.2.8(2) maddesine göre kesme kuvvetinin eğilme moment Kesit eğilme dayanımı (kesmeli) $M_{c,Rd} : 7.8691/11.923 \text{ kN.m}$ (6

En olumsuz kombinasyon: 1.35G + 1.5SN, $M_{Ed} : 16.158/0.75$

Güvenlik katsayısı $\gamma : 0.49$ **YETERSİZ...XXX**

TS-EN1993-1-1: 2005 bölüm 6.2.9 Çift eksenli eğilme

$a_w : 0, a_f : 0$

1.35G + 1.5SN, $N_{Ed} : 19.415 \text{ kN}$, $M_{Ed} : 16.158/0.7572 \text{ kN.m}$

Class 3-4, A: 31.385cm², W:33.485/50.738cm³

$\sigma_{N1} : 0.61862 \text{ kN/cm}^2$, $\sigma_{M2} : 48.253 \text{ kN/cm}^2$, $\sigma_{M3} : 1.4924 \text{ kN/cm}^2$

$\sigma_{x,Ed} : 50.364 \text{ kN/cm}^2 > f_y : 23.5 \text{ kN/cm}^2 >>>$ Güvenlik katsayısı

TS-EN1993-1-1: 2005 bölüm 6.3.4 Eğilme ve eksenel kuvvet altında burkulma hesabı

En olumsuz durum: 1.35G + 1.5SN, $N_{Ed} : -19.415 \text{ kN}$ (Basınç), $M_{Ed,2} : 16.158 \text{ kN.m}$, $M_{Ed,3} : 0.00039629 \text{ kN.m}$

27.75cm uzaktaki 1. noktada, $N_{Rk} : 737.55 \text{ kN}$, $N_{t,Rd} : 670.5 \text{ kN}$, $M_{Rk,2} : 8.656 \text{ kN.m}$, $M_{Rk,3} : 13.116 \text{ kN.m}$

$\chi_{M1} : 1.1$, $\chi : 0.85903$, $\chi_{LT} : 0.91719$

Kullanılan minimum eksantrisite, $e_{M2} : 0.325 \text{ cm}$, $e_{M3} : 3.9 \text{ cm}$, minimum moment: $0.0631/0.7572 \text{ kN.m}$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi \frac{N_{Rk}}{\gamma}} + \frac{M_{Ed}}{\chi_{LT} \frac{M_{Rk}}{\gamma}} \leq 1.0 \quad (6.66)$$

Ana yön momenti, statik tesirlerden elde edilmiş

$$\frac{M_{Ed,2}}{\chi_{LT} \frac{M_{Rk,2}}{\gamma_{M1}}} = \frac{16.158 \text{ kN.m}}{0.917 \frac{8.656 \text{ kN.m}}{1.1}} = 2.24$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} = \frac{-19.415 \text{ kN}}{0.859 \frac{737.55 \text{ kN}}{1.1}} = 0.0337$$

Zayıf yön tasarım momenti, 19.5m açıklığa L/500=3.9cm eksantrisite verilerek 19.415*0.039=0.7572kNm hesaplanmıştır

$$\frac{M_{Ed,3}}{\chi_{LT} \frac{M_{Rk,3}}{\gamma_{M1}}} = \frac{0.7572 \text{ kN.m}}{0.917 \frac{13.116 \text{ kN.m}}{1.1}} = 0.0692$$

Güvenlik katsayısı $\gamma : 0.43$ **YETERSİZ...XXX** (M2 ve M3 aynı anda uygulanmıştır)

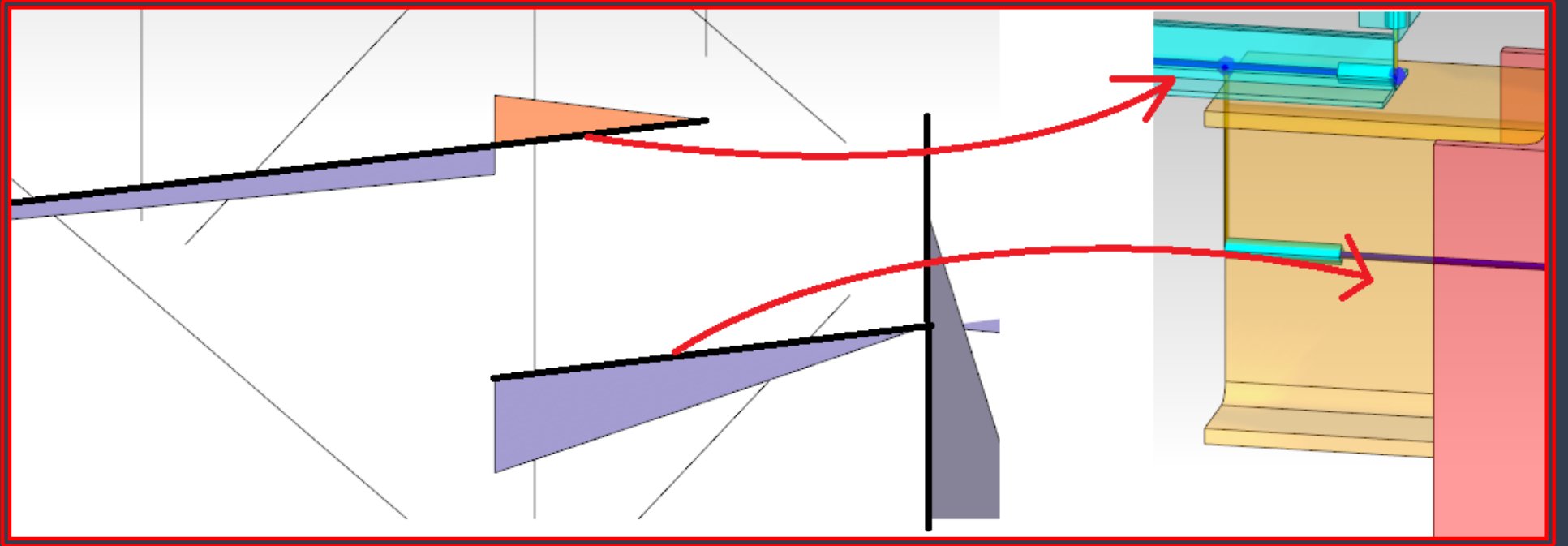
TS-EN1993-1-1: 2005 6.4.4 Çubuklar (6.4.4 Class 3-4 built-up members)

Hesaplarda moment iki şekilde elde edilir:

Statik değerlerden

Minimum eksantrisiteden

Bu hesap detayında 2 yönünde statik değerlerde, 3 yönünde minimum eksantrisite de olumsuzluk vardır. Fakat minimum eksantrisitenin etkisi kesit kapasitesinin 0,0692'si kadar olduğu için sorun teşkil etmemektedir. Statikten gelen moment kesit kapasitesinin 2.24 katı olduğu için statikle ilgili düzenleme yapmaya çalışacağız. Eğer bu mümkün değilse profil büyütülmelidir. Sistemin momenti ve düğüm noktaları incelenirse:



Momentin, makasın yerleşiminden kaynaklandığı görülür. Bu sistemde konsol kirişin kolonla birleştiği yerde moment aktarmayan birleşim tanımlanmış. Bu birleşim silindi ve düğüm noktasının makas ucuna alınması sağlandı. Ayrıca kirişe mafsallı olarak makasa ek moment gelmesi engellenmiştir.

Elastik Bağ ^

Başlangıç Elastik Bağ(Kullanıcı) ■

<input type="checkbox"/> U1	<input type="checkbox"/> R1
<input type="checkbox"/> U2	<input type="checkbox"/> R2
<input type="checkbox"/> U3	<input type="checkbox"/> R3

Başlangıç Elastik Bağ(Birleşim otomatik) ■

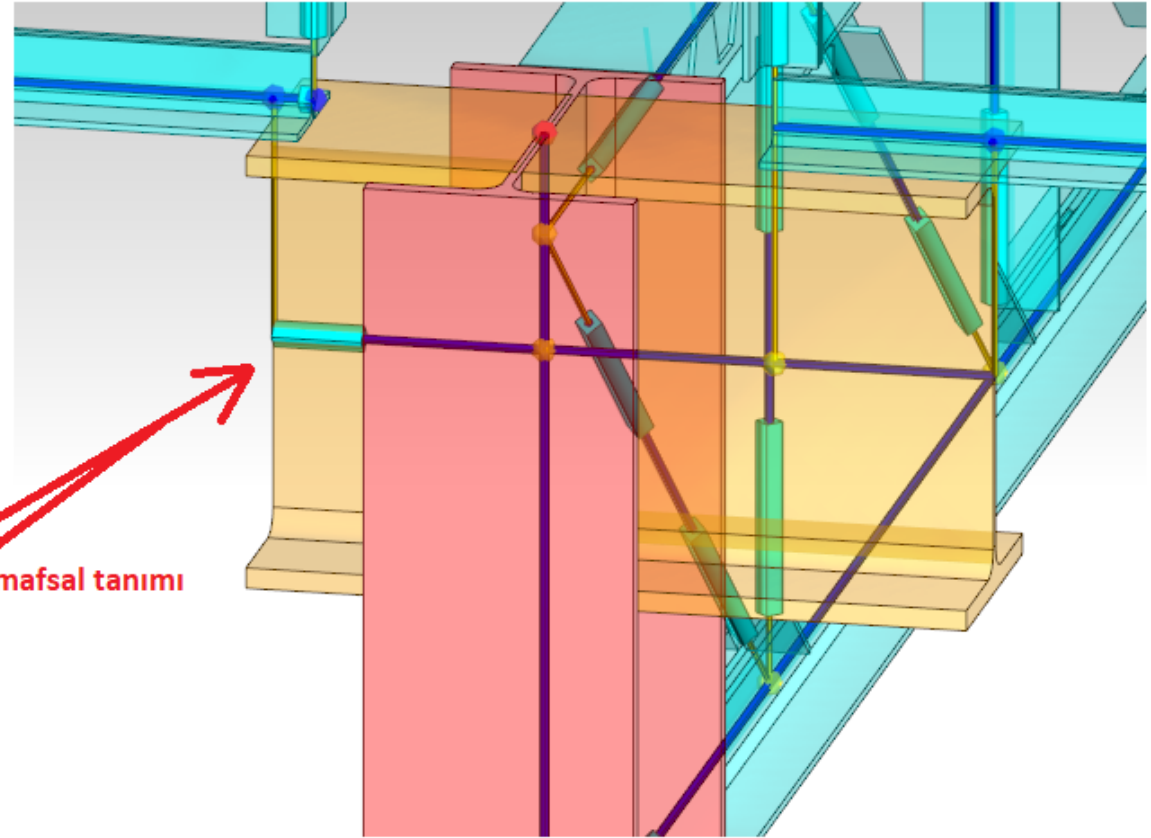
<input type="checkbox"/> U1	<input type="checkbox"/> R1
<input type="checkbox"/> U2	<input type="checkbox"/> R2
<input type="checkbox"/> U3	<input type="checkbox"/> R3

Son Elastik Bağ(Kullanıcı) ■

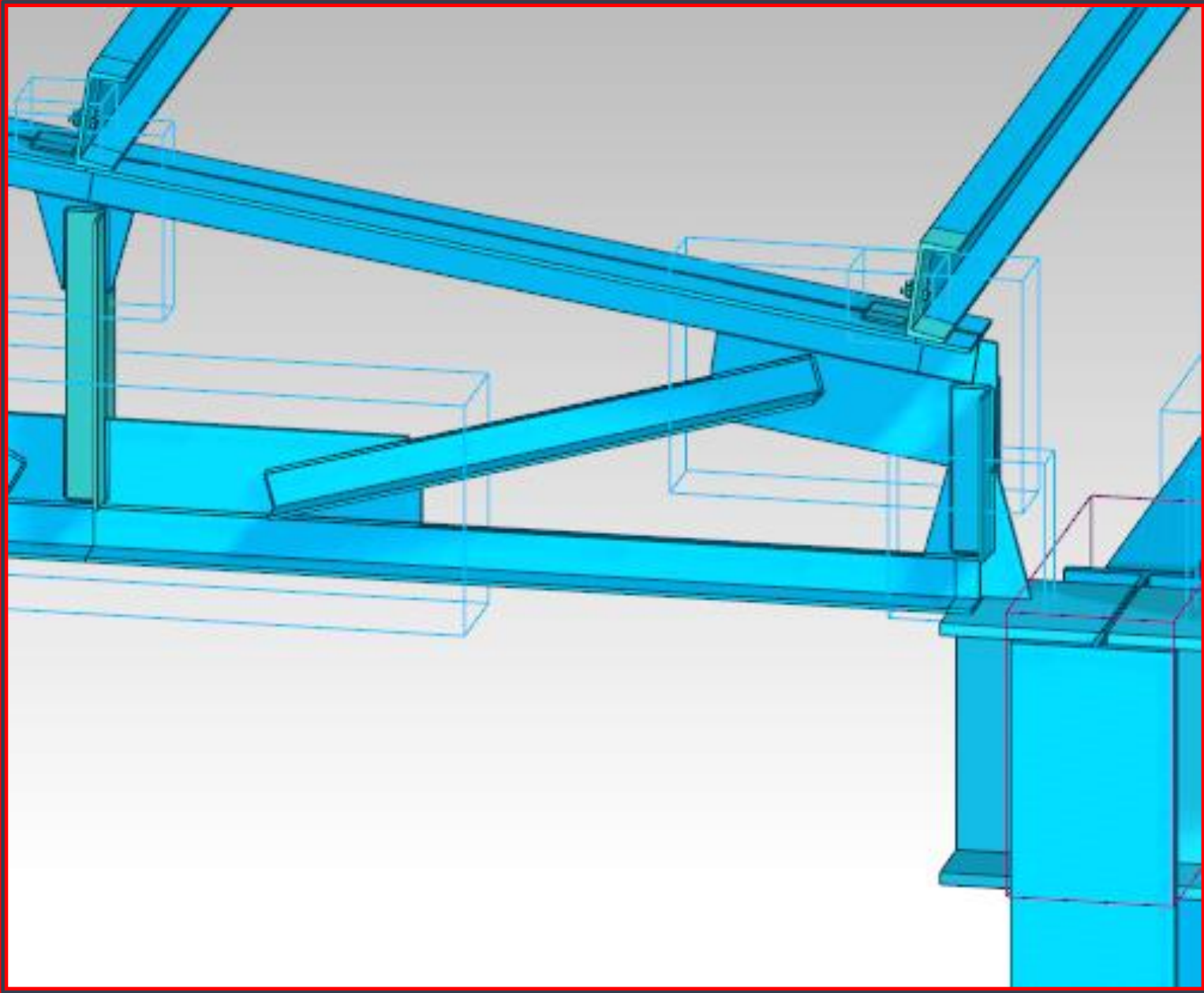
<input type="checkbox"/> U1	<input type="checkbox"/> R1
<input type="checkbox"/> U2	<input checked="" type="checkbox"/> R2 0
<input type="checkbox"/> U3	<input checked="" type="checkbox"/> R3 0

Son Elastik Bağ(Birleşim Otomatik) ■

<input type="checkbox"/> U1	<input type="checkbox"/> R1
<input type="checkbox"/> U2	<input type="checkbox"/> R2
<input type="checkbox"/> U3	<input type="checkbox"/> R3

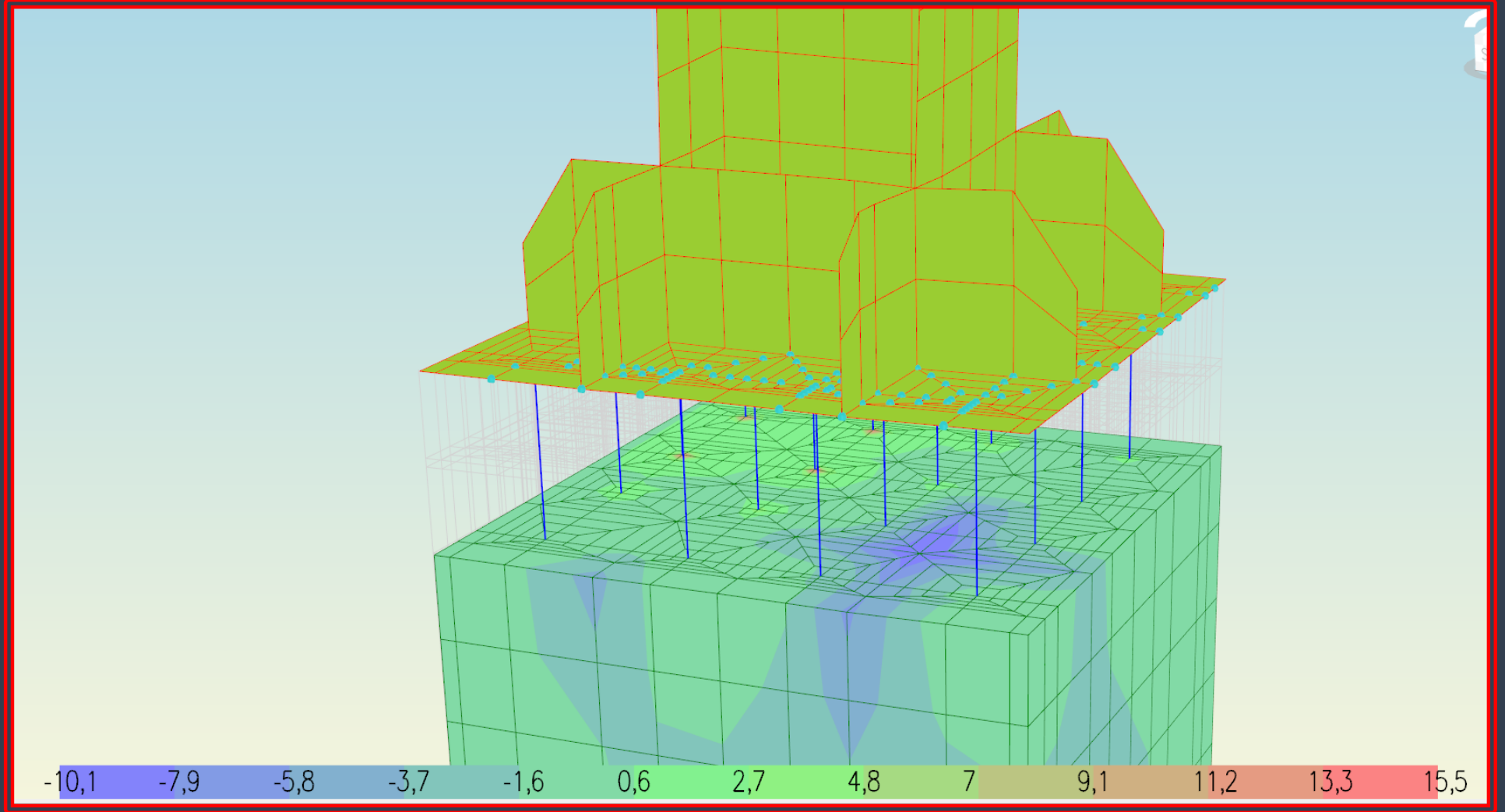


Bu şekilde sistem kurtarı hale gelmiştir:



20. SONLU ELEMEN BİRLEŞİMLERİ

StaSteel programı, bazı birleşim hesaplarında yapılan kabulleri minimuma indirmek için sonlu eleman sistemi kullanır. Örneğin temel ayaklarında:



Gerilmeleri özel kabuk/solid elemanları ile elde eder. Bu işlemler çözümlerde uzun vakit aldığı için, maksimum gerilmeyi ortaya çıkartacak birkaç kombinasyon bütün temel ayaklarında kullanılır. Sistemin kurtarmaması durumunda hangi birleşimin kurtarmadığı çıktılarda belirtilir:

32 farklı birleşim için en büyük gerilmeyi oluşturan kombinasyona göre işlem yapılmıştır. Yersizlik durumunda kombinasyonların alındığı **S1(ID:0)**, **S4(ID:8)**, **S4(ID:12)** ve **S1(ID:30)** elemanlarına bağlı birleşimleri inceleyin. Her satırda ilk çubuk için kendi eksen takımı yönünde ve birleşim eksen takımında birleşime aktarılan kuvvet verilmiştir.

Yükleme	Çubuk/ID	N-kN Fx-kN	V2 Fy	V3 Fz	T-kN.m Mx-kN.m	M2 My	M3 Mz
1.35G	S1/0	-70.176 0.011553	0.011553 9.0063	9.0063 -70.176	-0.0065422 -4.6834	-4.6834 -0.36963	-0.36963 -0.0065422
1.35G + 1.5T + 1.05Q	S1/0	-93.755 -272.32	-272.32 254	254 -93.755	1.9811 -147.79	-147.79 -144.58	-144.58 1.9811
1.35G + 1.5T + 1.05Wx	S1/0	-73.369 -268.46	-268.46 254.12	254.12 -73.369	2.0346 -148.43	-148.43 -141.3	-141.3 2.0346
1.35G + 1.5Q + 1.05SN	S4/8	-233.3 14.887	14.887 -27.617	-27.617 -233.3	0.13323 22.145	22.145 20.928	20.928 0.13323
1.35G + 1.5Q + 1.05SN	S4/12	-237.67 14.967	14.967 -28.387	-28.387 -237.67	0.15845 24.662	24.662 21.016	21.016 0.15845
1.35G + 1.5T + 1.05Wx	S1/30	-35.357 -279.55	-279.55 -234.2	-234.2 -35.357	1.9849 137.34	137.34 -151.28	-151.28 1.9849

Örneğin bu temel ayağında, 30 ID numaralı S1 kolonu altında bulunan birleşim kritik durumdadır. Sadece bu birleşim detayı değiştirilebilir(ankraj adedi, plaka kalınlığı vs..) veya üretim kolaylığı açısından bütün temel ayakları değiştirilebilir. Burada dikkat edilmesi gereken husus, üstüne tıklanıp bakılan birleşime değil raporda verilen birleşime bakılması gerekliliğidir.