



TMMOB
İNŞAAT MÜHENDİSLERİ ODASI
İSTANBUL ŞUBESİ

CEPHE SİSTEMLERİNDE ANKRAJ ve ANKRAJ PLAKASI TASARIMI

Cem ÖZCAN

Yük. İnş. Müh.

Rawlplug Türkiye Mühendislik Müdürü

RAWLPLUG®

Seminer
dokümanlarını
indirmek için:



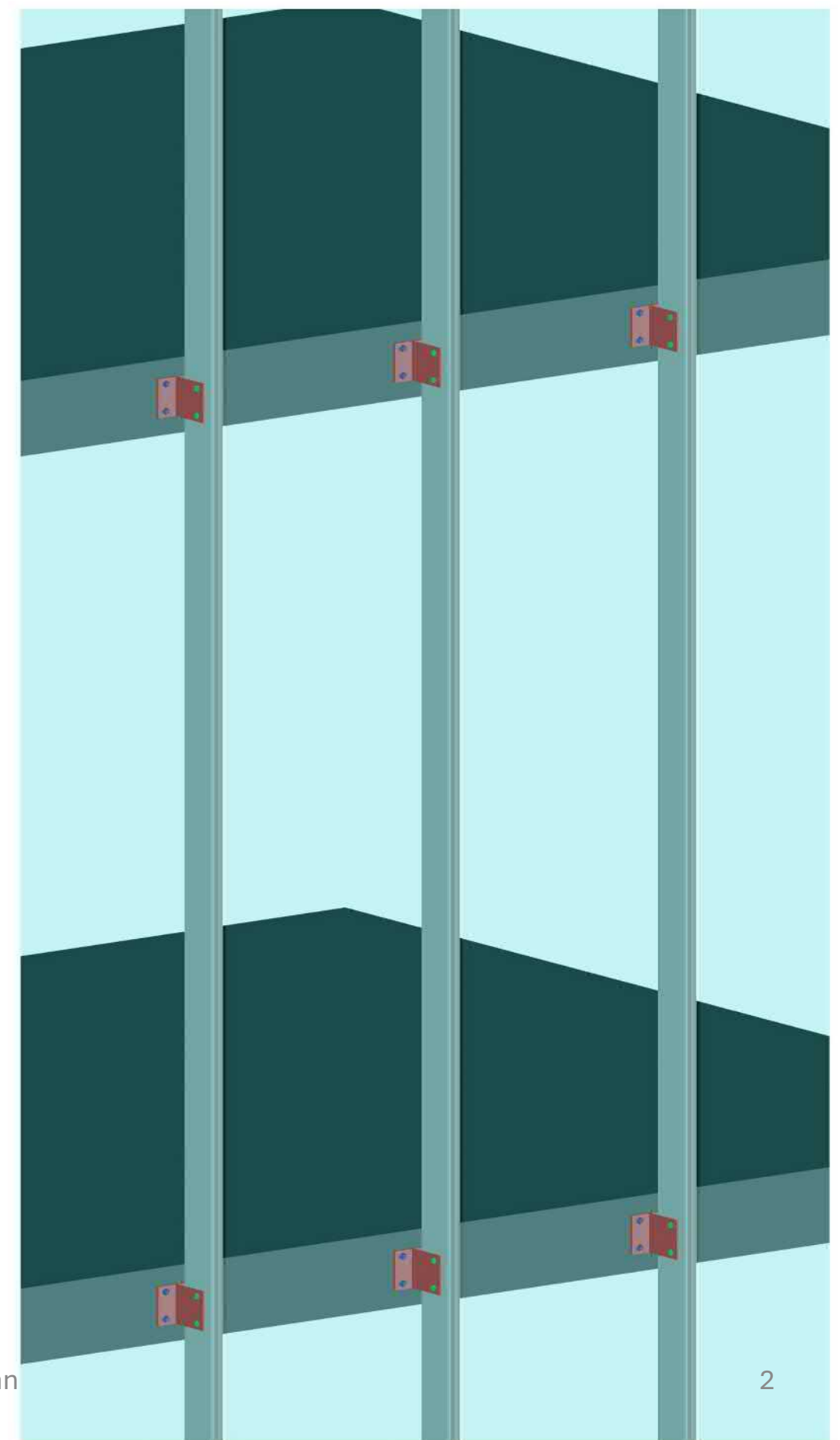
<https://bit.ly/4iyDdYs>



Görsel kaynak: Copilot AI

AJANDA

- Seminerin Amacı
- İlgili Standartlar / Yönetmelikler
- Cephe Sistemlerine Etkiyen Temel Yüklerin Tanımı ve Yük Birleşimleri
- Cephe Sistemlerine Etkiyen Rüzgar Yüklerine (TS EN 1991-1-4) Genel Bakış
- Cephe Sistemlerine Etkiyen Deprem Yüklerinin TBDY 2018 ve ASCE 7-22 Kapsamında Değerlendirilmesi
- Cephe Sistemi Yük Hesaplamaları ve Modelleme Örneği
- Ankraj Plakalarının Sonlu Elemanlar Metodu (FEM) ile İrdelenmesi
- Ankraj Elemanı Tasarımı ve Depremselliğin Ankraj Tasarımına Etkileri
- Slot Delikli Plakaların Yatay Yükler Altındaki Davranışı ve Yenilikçi Çözüm Önerisi
- Soru & Cevap



SEMİNERİN AMACI

Seminerin Amacı

Standartlar

Yükler / Yük Birleşimleri

Rüzgar Yükleri

Deprem Yükleri

Yapısal Model Örneği

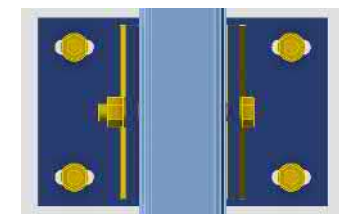
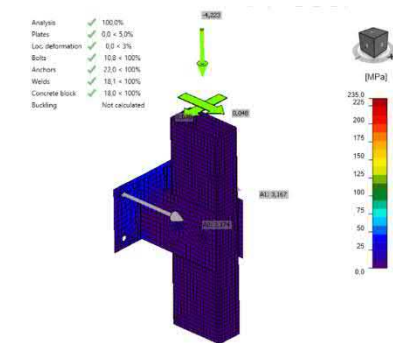
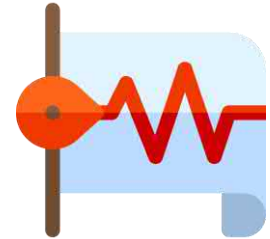
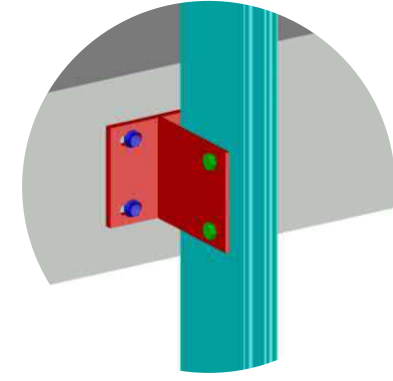
Plaka Tasarımı

Ankraj Tasarımı

Slotlu Plaka Yeni Çözüm



- “Cephe Sistemleri” **bağlantı plakaları ve ankraj elemanları tasarımı** konusunda detaylı bilgi paylaşımı
- Cephe tasarımı ya da tasarım kontrol birimlerinde çalışan / çalışacak meslektaşlar arasında **ortak bir tasarım akışının** (*yük , yük birleşimleri, tasarım standartları vb.*) **yaratılmasına katkı sağlamak**
- **Yapısal olmayan elemanlara etkiyen deprem yükleri, ankraj ve ankraj plaka tasarımındaki önemi** konusunda farkındalığı artırmak
- **Ankraj plakalarının sonlu elemanlar metodu (FEM) ile bütüncül** tasarlanmasının güvenli tasarıma katkısı hakkında farkındalığı artırmak
- **Slot (oval) delikli ankraj plakalarında** yatay yükler altındaki davranışların ihmal edilmesinin yarattığı **risklere dikkat çekmek ve yenilikçi çözüm önerisi**



CEPHE TASARIMINDA İLGİLİ STANDARTLAR / YÖNETMELİKLERE GENEL BAKIŞ

YÜKLER

RÜZGAR YÜKLERİ	TS EN 1991-1-4 : Yapılar Üzerindeki Etkiler - Bölüm 1-4: Genel Etkiler – Rüzgâr Etkileri (EN 1991-1-4 : Actions on structures - Part 1-4: General actions Wind actions)	 
DEPREM YÜKLERİ	TBDY 2018 : Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği Bölüm 6: Deprem Etkisi Altında Yapısal Olmayan Bina Elemanlarının Tasarım Esasları (Kaynak : ASCE 7)	 
	ASCE 7-22 : American Society of Civil Engineers : Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures - Chapter 13 - Seismic Design Requirements For Nonstructural Components	

TASARIM

ALÜMİNYUM	TS EN 1999-1-1: Alüminyum yapıların tasarımı - Bölüm 1-1: Genel yapısal kurallar (EN 1999-1-1 : Design of aluminium structures - Part 1-1: General structural rules) Alternatif : AA ADM-LRFD 2020 : Aluminum Design Manual, 2020 Edition	  
ÇELİK	ÇYTHYE 2016 : Çelik Yapıların Tasarım Hesap ve Yapım Esasları – 2016 (Kaynak : AISC 360)	 
BİRLEŞİMLER (PLAKA & CIVATA)	ÇYTHYE 2016 : Çelik Yapıların Tasarım Hesap ve Yapım Esasları – 2016 (Kaynak : AISC 360)	 
ANKRAJ (DÜBEL)	TS EN 1992-4: Beton yapıların tasarımı – Bölüm 4: Betonda kullanılan sabitleme tertibatlarının tasarımı (EN 1992-4 : Eurocode 2 - Design of concrete structures - Part 4: Design of fastenings for use in concrete)	 

Türkiye’de yapılan mühendislik çalışmalarında **hem “Avrupa” hem de “Amerika”** kaynaklarının birlikte kullanılması söz konusudur.



CEPHE TASARIMINDA YÜKLER ve YÜK BİRLEŞİMLERİ

Seminerin Amacı
Standartlar
Yükler / Yük Birleşimleri
Rüzgar Yükleri
Deprem Yükleri
Yapısal Model Örneği
Plaka Tasarımı
Ankraj Tasarımı
Slotlu Plaka Yeni Çözüm

Cephe elemanları yapısal tasarımları için esas alınacak, (önerilen) **asgari yük ve yük birleşimleri aşağıda paylaşılmıştır.**

TBDY 2018 ve ÇYTHYE 2016'de yer alan yük birleşimlerinin kullanılması önerilmektedir.

D	: Zati yük
$W(+)$	: Pozitif rüzgar yükü (yüzeyden uzaklaşan rüzgar etkisi)
$W(-)$	: Negatif rüzgar yükü (yüzeye doğru yönelen rüzgar etkisi)
E_x	: X yönü doğrultusunda etki eden yatay deprem etkisi (E_{h_x})
E_y	: Y yönü doğrultusunda etki eden yatay deprem etkisi (E_{h_y})
E_z	: Z yönü doğrultusunda etki eden düşey deprem etkisi (yerçekimi yönü pozitif etki) (E_v)

(Not: Yapısal tasarım proje müellifi asgari tanımlanan yük ve yük birleşimlerine ek olarak ilave tesir yaratan yük (termal vb.) ve ilgili yük birleşimlerini gözönüne almalıdır.)

TBDY 2018 ve ÇYTHYE 2016 Yük Birleşimleri (Önerilen)

- $1.4D$
- $1.2D + 1.6W(+)$
- $1.2D + 1.6W(-)$
- $1.2D + E_x + 0.3E_y + E_z$
- $1.2D + E_x - 0.3E_y + E_z$
- $1.2D - E_x + 0.3E_y + E_z$
- $1.2D - E_x - 0.3E_y + E_z$
- $1.2D + 0.3E_x + E_y + E_z$
- $1.2D + 0.3E_x - E_y + E_z$
- $1.2D - 0.3E_x + E_y + E_z$
- $1.2D - 0.3E_x - E_y + E_z$
- $0.9D + E_x + 0.3E_y - E_z$
- $0.9D + E_x - 0.3E_y - E_z$
- $0.9D - E_x + 0.3E_y - E_z$
- $0.9D - E_x - 0.3E_y - E_z$
- $0.9D + 0.3E_x + E_y - E_z$
- $0.9D + 0.3E_x - E_y - E_z$
- $0.9D - 0.3E_x + E_y - E_z$
- $0.9D - 0.3E_x - E_y - E_z$

Eurocode Yük Birleşimleri

- $1.35D$
- $1.35D + 1.5W(+)$
- $1.35D + 1.5W(-)$
- $1.0D + E_x + 0.3E_y + 0.3E_z$
- $1.0D + E_x - 0.3E_y + 0.3E_z$
- $1.0D - E_x + 0.3E_y + 0.3E_z$
- $1.0D - E_x - 0.3E_y + 0.3E_z$
- $1.0D + E_x + 0.3E_y - 0.3E_z$
- $1.0D + E_x - 0.3E_y - 0.3E_z$
- $1.0D - E_x + 0.3E_y - 0.3E_z$
- $1.0D - E_x - 0.3E_y - 0.3E_z$
- $1.0D + 0.3E_x + E_y + 0.3E_z$
- $1.0D + 0.3E_x - E_y + 0.3E_z$
- $1.0D - 0.3E_x + E_y + 0.3E_z$
- $1.0D - 0.3E_x - E_y + 0.3E_z$
- $1.0D + 0.3E_x + E_y - 0.3E_z$
- $1.0D + 0.3E_x - E_y - 0.3E_z$
- $1.0D - 0.3E_x + E_y - 0.3E_z$
- $1.0D - 0.3E_x - E_y - 0.3E_z$
- $1.0D + 0.3E_x + 0.3E_y + E_z$
- $1.0D + 0.3E_x - 0.3E_y + E_z$
- $1.0D - 0.3E_x + 0.3E_y + E_z$
- $1.0D - 0.3E_x - 0.3E_y + E_z$
- $1.0D + 0.3E_x + 0.3E_y - E_z$
- $1.0D + 0.3E_x - 0.3E_y - E_z$
- $1.0D - 0.3E_x + 0.3E_y - E_z$
- $1.0D - 0.3E_x - 0.3E_y - E_z$

TBDY 2018 ve ÇYTHYE 2016 yük birleşimleri ile **Eurocode** yük birleşimleri cephe tasarımı için **mukayese edildiğinde;**

- **Profillerin** tasarımında dominant **rüzgar yükü için daha yüksek katsayı** **(1,5 → 1,6)**
- Taban plakası ve ankraj tasarımında **dominant olan depremli yük birleşimlerinde daha yüksek zati yük katsayısı** **(1,0 → 1,2)** ve
- E_x, E_y, E_z 'den X,Z ya da Y,Z çiftleri 1.0 katsayısına sahip iken Eurocode'da sadece bir tanesinin 1.0 katsayısına sahip olması **($E_x + 0.3E_y + 0.3E_z \rightarrow E_x + 0.3E_y + E_z$ vb.)**

... böylelikle yerel / yerelleştirilmiş yönetmeliklerde yer alan yük birleşimleri güvenli tarafta kalmaktadır.



CEPHE SİSTEMLERİNE ETKİYEN RÜZGAR YÜKLERİNE (TS EN 1991-1-4) GENEL BAKIŞ

Seminerin
Amacı

Standartlar

Yükler / Yük
Birleşimleri

Rüzgar
Yükleri

Deprem
Yükleri

Yapısal
Model
Örneği

Plaka
Tasarımı

Ankraj
Tasarımı

Slotlu Plaka
Yeni Çözüm



“EN” standartlarının Türkiye’de geçerliliği ile ilgili ön bilgilendirme.

- Türkiye, Avrupa Standardizasyon Komitesi (CEN) ve Avrupa Elektroteknik Standardizasyon Komitesi (CENELEC) ile iş birliği yapan bir ülkedir. Bu iş birliği, Türkiye'nin Avrupa standartlarını ulusal standardizasyon sistemi ile uyumlu hale getirmesini gerektirir. TSE (Türk Standardları Enstitüsü), Avrupa standartlarını Türkçe’ye çevirip "TS EN" olarak yayınlar.
- Türkiye, Avrupa Birliği ile 1995 Gümrük Birliği Anlaşması yapmıştır. Bu anlaşma, Türkiye’nin sanayi ürünlerinde AB teknik mevzuatına ve standartlarına uyum sağlamasını zorunlu kılar. Bu uyum çerçevesinde, EN standartları Türkiye’de "TS EN" adı altında zorunlu veya önerilen standartlar haline gelir.

- Rüzgar yüklerinin TS EN 1991-1-4’e göre hesaplanması hususu yerleştirilmiş güncel Türkiye çelik yönetmeliği **ÇYTHYE 2016 : Çelik Yapıların Tasarım Hesap ve Yapım Esasları – 2016 Bölüm 5.3**’te zorunlu kılınmıştır.
 - Çelik yapı ana taşıyıcı sistemleri boyutlandırmasında hali hazırda TS EN 1991-1-4 kullanılmaktadır.
- **Karakteristik rüzgar yükü** hesabında **Eurocode** kaynakları (TS EN 1991-1-4) kullanılmasına rağmen yük birleşimlerinde Eurocode’da yer alan rüzgar yükü katsayısı **1.50 yerine 1.60** olarak belirlenmiş ve resmi yönetmelikte (**ÇYTHYE 2016**) yayınlanmıştır.
- TS EN 1991-1-4 rüzgar yükü hesaplarında kullanılan **esas rüzgar hızı ($v_{b,0}$)** değerleri ülkelere ve alt coğrafyalarına göre değişiklik göstermektedir. Bu değerler ülkelerin Eurocode kapsamında yayınlanan “Ulusal Ek (*National Annex*)” dokümanında belirtilmektedir.
 - Türkiye için hazırlanmış bir ulusal ek (*national annex*) olmamakla birlikte **ÇYTHYE 2016**’da bu değer ($v_{b,0}$) Türkiye’nin tüm coğrafyaları için **asgari 28 m/sn (100 km/sa)** olarak belirtilmiştir.
 - Aynı yönetmelik hesaplanacak **asgari karakteristik rüzgar yükünü 0.5 kN/m^2** olarak belirlemiştir.

CEPHE SİSTEMLERİNE ETKİYEN RÜZGAR YÜKLERİNE (TS EN 1991-1-4) GENEL BAKIŞ

Seminerin
Amacı

Standartlar

Yükler / Yük
Birleşimleri

Rüzgar
Yükleri

Deprem
Yükleri

Yapısal
Model
Örneği

Plaka
Tasarımı

Ankraj
Tasarımı

Slotlu Plaka
Yeni Çözüm

Kısım 5 - Rüzgâr etkileri

5.1 Genel

(1) P Yapıların ve yapısal elemanların üzerindeki rüzgâr etkileri, dış ve iç rüzgâr basınçlarının her ikisi de dikkate alınarak belirlenmelidir.

Not - Rüzgâr etkilerinin belirlenmesi için uygulanacak hesaplama işlemlerine ilişkin özet bilgi Çizelge 5.1'de verilmiştir.

Çizelge 5.1 - Rüzgâr etkilerinin belirlenmesi için hesaplama işlemleri özeti

Parametre	Referans
Hızın tepe değere ulaştığı rüzgâr basıncı q_p	
Esas rüzgâr hızı v_b	Madde 4.2 (2) P
Referans yükseklik z_e	Kısım 7
Arazi kategorisi	Çizelge 4.1
Karakteristik tepe hız kaynaklı rüzgâr basıncı q_p	Madde 4.5 (1)
Türbülans şiddeti I_v	Madde 4.4
Ortalama rüzgâr hızı v_m	Madde 4.3.1
Orografi katsayısı $c_o(z)$	Madde 4.3.3
Engebelilik katsayısı $c_r(z)$	Madde 4.3.2
Rüzgâr basıncı (sabitlenme elemanları, yapısal parçalar ve kaplamalar için)	
Dış basınç katsayısı c_{pe}	Kısım 7
İç basınç katsayısı c_{pi}	Kısım 7
Net basınç katsayısı $c_{p,net}$	Kısım 7
Dış rüzgâr basıncı: $w_e = q_p c_{pe}$	Madde 5.2 (1)
İç rüzgâr basıncı: $w_i = q_p c_{pi}$	Madde 5.2 (2)
Yapıya etkiyen rüzgâr kuvvetleri (bütün rüzgâr tesirleri için)	
Yapısal katsayı: $c_s c_d$	Kısım 6
Kuvvet katsayılarıyla hesaplanan rüzgâr kuvveti F_w	Madde 5.3 (2)
Basınç katsayılarıyla hesaplanan rüzgâr kuvveti F_w	Madde 5.3 (3)

- Esas rüzgar hızı ($v_{b,0}$) = 28 m/sn (100 km/sa) → ÇYTHYE 2016'da Türkiye için belirtilen **asgari değer**
- Projenin yer aldığı **arazi kategorisi** dikkatle seçilmelidir.

Arazi kategorisi 0

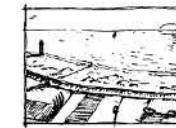
Açık deniz etkisine maruz deniz veya kıyı alanı

Arazi kategorisi I

Göllere veya ihmal edilebilecek seviyede bitki örtüsü olan ve engebeleri olmayan düz veya yatay alan

Arazi kategorisi II

Çayır gibi az seviyede bitki örtüsü olan ve aralarında en az engel yüksekliğinin 20 katı kadar mesafe bulunan engellere (ağaçlar, binalar) sahip alan

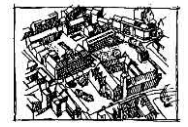
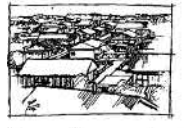


Arazi kategorisi III

Düzgün yayılı şekilde bir bitki örtüsüne veya binalara veya aralarında en az engel yüksekliğinin 20 katı kadar mesafe bulunan engellere sahip alan (kasabalar, yörekent, ormanlık alan gibi)

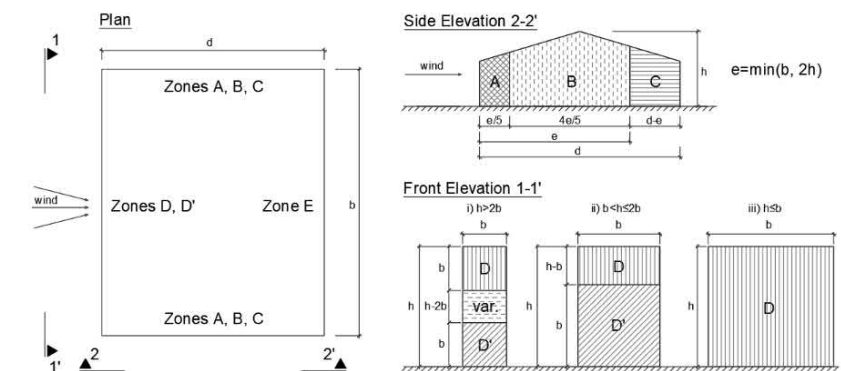
Arazi kategorisi IV

Yüzeyinin en az % 15'i, yükseklik ortalaması 15 m'yi aşan binalarla kaplı alan



- Hesaplanan dış rüzgar basıncı " w_e " yapının geometrik ölçülerine göre yatayda ve düşeyde belirlenen zahiri alanlar (A,B,C,D,D',E) için ayrı ayrı hesaplanır.

- Cephe yapısal tasarımı her zahiri alan için tekrarlanır ya da maksimum değerlere (emme – basınç) göre hesap gerçekleştirilir.



EN 1991-1-4 – Cephelere Etkiyen Rüzgar Yükleri Hesaplama için online hesap aracı örneği;

<https://eurocodeapplied.com/design/en1991/wind-pressure-side-walls>

CEPHE SİSTEMLERİNE ETKİYEN DEPREM YÜKLERİNİN TBDY 2018 VE ASCE 7-22 KAPSAMINDA DEĞERLENDİRİLMESİ

Seminerin
Amacı

Standartlar

Yükler / Yük
Birleşimleri

Rüzgar
Yükleri

Deprem
Yükleri

Yapısal
Model
Örneği

Plaka
Tasarımı

Ankraj
Tasarımı

Slotlu Plaka
Yeni Çözüm



TBDY 2018 – Bölüm 6'ya göre Eşdeğer Deprem Yükü Hesabı

BÖLÜM 6 – DEPREM ETKİSİ ALTINDA YAPISAL OLMAYAN BİNA ELEMANLARININ TASARIM ESASLARI

6.2. EŞDEĞER DEPREM YÜKLERİ

6.2.1 – Eleman veya donanımın ağırlık merkezine yatay olarak etkiyen ve eleman veya donanıma etkiyen eşdeğer deprem yükü F_{ie} aşağıdaki bağıntı ile tanımlanır:

$$F_{ie} = \frac{m_e A_{ie} B_e}{R_e} \quad (6.1)$$

(a) Bina taşıyıcı sistemi için 4.7'ye göre yapılacak doğrusal deprem hesabı sonucunda, herhangi bir i'nci katın eleman veya donanımın bulunduğu konumunda, ilgili doğrultuda hesaplanan mutlak ivme değeri A_{ie} Denk.(6.2) ile hesaplanacaktır.

$$A_{ie} = (R/I) \left(\frac{2\pi}{T_p} \right)^2 u_i \quad (6.2)$$

Burada T_p , binanın gözönüne alınan deprem doğrultusunda hakim doğal titreşim periyodudur. R Tablo 4.1'de tanımlanan taşıyıcı sistem davranış katsayısıdır. u_i ise göz önüne alınan deprem doğrultusunda binanın i'nci katında azaltılmış deprem yüklerine göre hesaplanan yatay yerdeğiştirmedir.

- **TBDY 2018 Bölüm 6'ya** göre yapısal olmayan elemanlara etkiyen deprem yükü hesabı için **ana yapının yapısal tasarım hesap çıktı detaylarına (T_p - hakim doğal titreşim periyodu | u_i - i'nci katında yatay yer değiştirmeler) ihtiyaç duyulmaktadır.**
- Çoğunlukla **yapısal taşıyıcı** ile **yapısal olmayan sistemlerin proje müellifleri farklı** olduğu için bu veri akışı **pratikte zorlu bir süreci** beraberinde getirmektedir.
- Mevcut mühendislik camiası pratiğinde, veri ihtiyacı nedeni ile TBDY Bölüm 6'nın uygulamasının **çoğunlukla mümkün olmadığı ya da mühendislerce kaçınıldığı** gözlemlenmiştir.

ASCE 7-22 – Bölüm 13'e göre Eşdeğer Deprem Yükü Hesabı

CHAPTER 13

SEISMIC DESIGN REQUIREMENTS FOR NONSTRUCTURAL COMPONENTS

The horizontal seismic design force shall be calculated as

$$F_p = 0.4 S_{DS} I_p W_p \left[\frac{H_f}{R_\mu} \right] \left[\frac{C_{AR}}{R_{po}} \right] \quad (13.3-1)$$

F_p = Seismic design force;

S_{DS} = Spectral acceleration, short period, as determined in accordance with Section 11.4.5;

I_p = Component Importance Factor as determined in accordance with Section 13.1.3;

W_p = Component operating weight;

H_f = Factor for force amplification as a function of height in the structure as determined in Section 13.3.1.1;

R_μ = Structure ductility reduction factor as determined in Section 13.3.1.2;

C_{AR} = Component resonance ductility factor that converts the peak floor or ground acceleration into the peak component acceleration, as determined in Section 13.3.1.3; and

R_{po} = Component strength factor as determined in Section 13.3.1.4.

- **ASCE 7-22 Bölüm 13'e** göre yapılan eşdeğer deprem yükü hesaplarında da TBDY 2018'de olduğu gibi ana yapının yapısal tasarım hesap detaylarına (T_a - hakim doğal titreşim periyodu | R - yapı davranış katsayısı | Ω_0 (D) - dayanım fazlalığı katsayısı | I_e - yapı önem katsayısı) **ihtiyaç duyulmaktadır. ANCAK, bu değerlerin elde edilemediği durumlar için de, güvenli tarafta kalacak şekilde belirlenmiş katsayılarla deprem yükü hesaplanabilmektedir.**
- **İlave bilgi olarak;**
 - Ana yapı ile ilgili yeterli veri var ise → görece daha az deprem yükü
 - Ana yapı ile ilgili yeterli veri yok ise → görece daha fazla deprem yükü

ASCE 7-22'YE GÖRE CEPHE SİSTEMLERİNE ETKİYEN EŞDEĞER DEPREM YÜKÜ HESAP DETAYLARI VE ÖNERİLER (1/3)

Seminerin Amacı

Standartlar

Yükler / Yük Birleşimleri

Rüzgar Yükleri

Deprem Yükleri

Yapısal Model Örneği

Plaka Tasarımı

Ankraj Tasarımı

Slotlu Plaka Yeni Çözüm

- Bu bölümde, ana yapı yapısal tasarım verilerini zorunlu kılmayan ASCE 7-22 doğrultusunda eşdeğer deprem yükü hesapları TBDY 2018 esasları ve AFAD verileri ile uyumlandırılmıştır.
- Hesaplarda seçilecek parametreler hakkında bilgilendirme ve öneriler içermektedir.

Yatay deprem yükleri (ASCE 7-22 Denk. 13.3-1) ilgili parametre değerleri belirlenirken Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğinden (TBDY 2018) ve AFAD Türkiye Deprem Tehlike Haritaları verilerinden faydalanılacaktır.

$$E_h = 0.4 S_{DS} I_p D \left[\frac{H_f}{R_\mu} \right] \left[\frac{C_{AR}}{R_{po}} \right] \quad (\text{ASCE 7-22 Denklem 13.3-1})$$

- E_h : Yatay deprem tasarım kuvveti (E_x ve/veya E_y)
- S_{DS} : Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı [boyutsuz]
- $$S_{DS} = S_S \times F_S$$
- S_S : DD-2 Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]
[AFAD Türkiye Deprem Tehlike Haritalarından elde edilecektir.]
- F_S : Kısa periyot bölgesi için Yerel Zemin Etki Katsayısı
[Zemin sınıfı bilgisi elde edilemediği durumlarda ilgili proje sahası S_S değerine tekabül eden en elverişsiz (en büyük) değer kullanılacaktır.]

Yerel Zemin Sınıfı	Kısa periyot bölgesi için Yerel Zemin Etki Katsayısı F_S					
	$S_S \leq 0.25$	$S_S = 0.50$	$S_S = 0.75$	$S_S = 1.00$	$S_S = 1.25$	$S_S \geq 1.50$
ZA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZB	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
ZC	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2
ZD	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0
ZE	2.4	1.7	1.3	1.1	0.9	0.8
ZF	Sahaya özel zemin davranış analizi yapılacaktır.					



ASCE 7-22'YE GÖRE CEPHE SİSTEMLERİNE ETKİYEN EŞDEĞER DEPREM YÜKÜ HESAP DETAYLARI VE ÖNERİLER (2/3)

Seminerin
Amacı

Standartlar

Yükler / Yük
Birleşimleri

Rüzgar
Yükleri

Deprem
Yükleri

Yapısal
Model
Örneği

Plaka
Tasarımı

Ankraj
Tasarımı

Slotlu Plaka
Yeni Çözüm

$$E_h = 0.4 S_{DS} I_p D \left[\frac{H_f}{R_\mu} \right] \left[\frac{C_{AR}}{R_{po}} \right] \quad (\text{ASCE 7-22 Denklemleri 13.3-1})$$

D : Bileşen çalışma ağırlığı (zati yük)

I_p : Bileşen önem katsayısı

[I_p değeri TBDY'de tanımlı bina önem katsayısına (I) eşdeğer alınması önerilir.]

Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği | Bina Önem Katsayısı (I)

- i. **Deprem sonrası kullanımı gereken binalar**, insanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar, değerli eşyanın saklandığı binalar ve tehlikeli madde içeren binalar
(örn: hastaneler, haberleşme ve ulaşım tesisleri, kamu binaları, okullar, yurt ve yatakhaneler vb.) için **1.5**
- ii. **İnsanların kısa süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar**
(örn: Alışveriş merkezleri, spor tesisleri, sinema, tiyatro, konser salonları, ibadethaneler, vb.) için **1.2**
- i. **Diğer binalar**
(örn: Konutlar, işyerleri, oteller, bina türü endüstri yapıları, vb.) için **1.0** olarak alınacaktır.

H_f : Yükseklikle ilgili kuvvet büyütme katsayısı (**ASCE 7-22 Bölüm 13.3.1.1**)

[Yapı temel periyodu ' T_a ' bilinmediği durumunda Denklem 13.3-5 kullanılacaktır.

Bileşen kotunun yapı yüksekliğine oranı (z/h) farklı bileşen kotlarına göre ayrı ayrı hesaplanabilir ya da güvenli tarafta kalmak üzere tüm katlardaki tasarım için "1" olarak kabul edilebilir.]



ASCE 7-22'YE GÖRE CEPHE SİSTEMLERİNE ETKİYEN EŞDEĞER DEPREM YÜKÜ HESAP DETAYLARI VE ÖNERİLER (3/3)

Seminerin Amacı

Standartlar

Yükler / Yük Birleşimleri

Rüzgar Yükleri

Deprem Yükleri

Yapısal Model Örneği

Plaka Tasarımı

Ankraj Tasarımı

Slotlu Plaka Yeni Çözüm



$$E_h = 0.4 S_{DS} I_p D \left[\frac{H_f}{R_\mu} \right] \left[\frac{C_{AR}}{R_{po}} \right] \quad (\text{ASCE 7-22 Denklem 13.3-1})$$

R_μ : Ana yapı sünekliği indirgeme katsayısı
(ASCE 7-22 Bölüm 13.3.1.2)
[ASCE 7-22 Denklem 13.3-6'ya göre hesaplanacaktır.
Ana yapı taşıyıcı sistemine ait 'yapı önem katsayısı (I)' ve 'davranış katsayısı (R)' değerleri hakkında net veri elde edilemediği durumlarda R_μ 1.3 alınacaktır.]

C_{AR} : Bileşen rezonans süneklik katsayısı
(ASCE 7-22 Bölüm 13.3.1.3)
Cephe sistemleri için 1.0 alınacaktır.

R_{po} : Bileşen dayanım faktörü
(ASCE 7-22 Bölüm 13.3.1.2)
Cephe sistemleri için 1.5 alınacaktır.

Bileşen Süneklik Katsayısı (C_{AR}) ve Dayanım Katsayısı (R_{po}) için TBDY 2018 ve ASCE 7-22 kaynakları uyumluluğu

TBDY 2018 | Tablo 6.1

Tablo 6.1. Mimari Elemanlar için Büyütme ve Davranış Katsayıları

Mimari Eleman	B_e	R_e
Yapısal olmayan yığma iç duvarlar ve bölmeler	1.0	1.5
Yapısal olmayan diğer iç duvarlar ve bölmeler	1.0	2.5
Yanal desteği olmayan veya yanal desteği ağırlık merkezinin altında olan konsol elemanlar (parapetler, konsol iç duvarlar, bacalar vb)	2.5	2.5
Yanal desteği ağırlık merkezinin üstünde olan konsol elemanlar (parapetler, konsol dış duvarlar, bacalar vb) .	1.0	2.5
Dış duvarlar ve bağlantıları	1.0	2.5
Cephe kaplama panelleri	1.0	1.5

ASCE 7 – 22 | Tablo 13.5.1

Architectural Component	C_{AR}		R_{po}
	Supported at or below grade plane	Supported above grade plane by a structure	
Interior nonstructural walls and partitions ^b			
Light frame ≤ 9 ft (2.74 m) in height	1	1	1.5
Light frame > 9 ft (2.74 m) in height	1.4	1.4	1.5
Reinforced masonry	1	1	1.5
All other walls and partitions	2.2	2.8	1.5
Cantilever elements (unbraced or braced to structural frame below its center of mass)			
Parapets and cantilever interior nonstructural walls	1.8	2.2	1.5
Chimneys where laterally braced or supported by the structural frame	1.8	2.2	1.5
Cantilever elements (braced to structural frame above its center of mass)			
Parapets	1	1	1.5
Chimneys	1	1	1.5
Exterior nonstructural walls ^b	1	1	1.5
Exterior nonstructural wall elements and connections ^b			
Wall element	1	1	1.5
Body of wall panel connections	1	1	1.5
Fasteners of the connecting system	2.2	2.8	1.5
Veneer			
Limited-deformability elements and attachments	1	1	1.5
Low-deformability elements and attachments	1	1	1.5

ASCE 7-22'YE GÖRE CEPHE SİSTEMLERİNE ETKİYEN EŞDEĞER DEPREM YÜKÜ HESAP DETAYLARI VE ÖNERİLER

Seminerin Amacı
Standartlar
Yükler / Yük Birleşimleri
Rüzgar Yükleri
Deprem Yükleri
Yapısal Model Örneği
Plaka Tasarımı
Ankraj Tasarımı
Slotlu Plaka Yeni Çözüm

- Düşey deprem yükleri **ASCE 7-22 denklem 12.14-6**'ya göre hesaplanmaktadır.

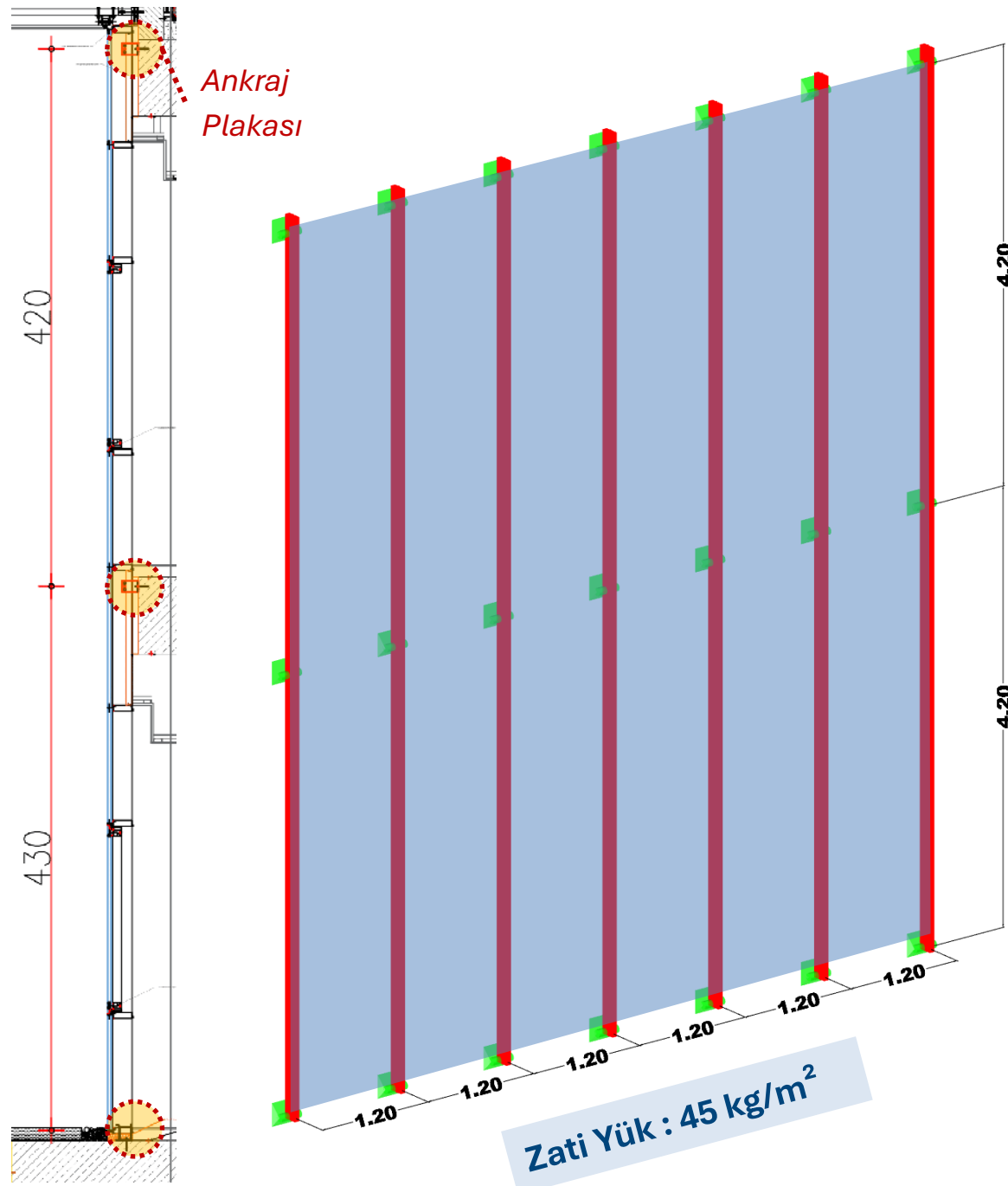
$$E_v = 0.2 S_{DS} D \quad (\text{ASCE 7-22 Denklem 13.3-1})$$

E_v	:	Düşey deprem tasarım kuvveti (yerçekimi yönü pozitif etki)
S_{DS}	:	Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı [boyutsuz]
D	:	Bileşen çalışma ağırlığı (zati yük)



CEPHE SİSTEMİ YÜK HESAPLAMALARI VE MODELLEME ÖRNEĞİ

Seminerin Amacı
Standartlar
Yükler / Yük Birleşimleri
Rüzgar Yükleri
Deprem Yükleri
Yapısal Model Örneği
Plaka Tasarımı
Ankraj Tasarımı
Slotlu Plaka Yeni Çözüm



Cephe Sistemi
Kesit Görünümü

Cephe Sistemi
Yapısal Model İzometrik Görünümü

(Not: Referans amaçlı hazırlanan yapısal modelde yatay profillere yer verilmemiştir.)

ASCE 7-22'ye göre Deprem Yükleri Hesabı

Proje Yeri	: ALİAĞA / İZMİR
Deprem Yer Hareketi Düzeyi	: DD-2
Yerel Zemin Sınıfı	: ZC (zayıf zemin sınıfı C kabul edildi.)
Kısa Periyot Harita Spektral İvme Katsayısı (boyutsuz) [S_S]	: 1.093 (bkz. AFAD TDTH Detay Raporu)
Kısa Periyot Tasarım Spektral İvme Katsayısı [S_{DS}]	: 1.312 (bkz. AFAD TDTH Detay Raporu)
Bileşen Önem Katsayısı [I_p]	: 1.00 ASCE 7-22 - Sec. 13.1.3
Structure Ductility Reduction Factor [R_μ]	: 1.30 ASCE 7-22 - Sec. 13.3.1.2
Yapı Önem Katsayısı [I_e]	: ASCE 7-22 - Sec. 11.5.1
Yapı Davranış Katsayısı [R]	: ASCE 7-22 - Table 12.2-1, Table 15.4-1, Table 15.4-2
Yapı Dayanım Fazlalığı Katsayısı [Ω_0]	: ASCE 7-22 - Table 12.2-1, Table 15.4-1, Table 15.4-2
Bileşen Rezonans Süneklik Katsayısı [C_{AR}]	: 1.00 ASCE 7-22 - Table 13.5-1 (Cephe sistemleri için 1.0 alınır)
Bileşen Dayanım Katsayısı [R_{po}]	: 1.50 ASCE 7-22 - Table 13.5-1 (Cephe sistemleri için 1.5 alınır)
Ana Yapı Temel Periyodu [T_a]	: (Bilinmiyorsa boş bırakılır)
Bileşen Kotu / Yapı Yüksekliği Oranı [z/h]	: 1.00
H_T (Yapı periyodu biliniyorsa); [$=(1+a_1*(z/h)+a_2*((z/h)^{10}))$] $a_1=1/T \leq 2.5$; $a_2=[1-(0.4/T)^2] \geq 0$;	: ASCE 7-22 - Eq. 13.3-4
H_T (Yapı periyodu bilinmiyorsa); [$=(1+2.5(z/h))$]	: 3.500 ASCE 7-22 - Eq. 13.3-5
Düşey Deprem Yükleri Katsayısı (E_h)	
F_p/W_p Oranı (Hesaplanan) [$=(0.4*S_{DS}*I_p) * (H_T/R_\mu) * (C_{AR}/R_{po})$]	: 0.942 ASCE 7-22 - Eq. 13.3-1
F_p/W_p Oranı (Maksimum Limit) [$=(1.6*S_{DS}*I_p)$]	: 2.099 ASCE 7-22 - Eq. 13.3-2
F_p/W_p Oranı (Minimum Limit) [$=(0.3*S_{DS}*I_p)$]	: 0.393 ASCE 7-22 - Eq. 13.3-3
Yatay Deprem Yüğü / W_p Oranı	: 0.942 ASCE 7-22 - Sec. 13.3.1
Düşey Deprem Yükleri Katsayısı (E_v)	
Düşey Deprem Yüğü / W_p Oranı [$= 0.2 S_{DS}$]	: 0.262 ASCE 7-22 - Sec. 13.3.1
Yatay & Düşey Deprem Yükleri	
Ekipman Tipi	: Cephe Sistemi
Ekipman Ağırlığı	: 45.00 kg/m ²
Zati Yük (G)	: 0.450 kN/m ²
Yatay Deprem Yüğü [F_p]	: 0.424 kN/m ²
Düşey Deprem Yüğü [E_v]	: 0.118 kN/m ²

TS EN 1991-1-4'e göre Rüzgar Yükleri Özeti

Input

Terrain category	= II
Basic wind velocity	$V_b = 28$ m/s
Horizontal dimension of rectangular plan parallel to the wind direction	$d = 37$ m
Horizontal dimension of rectangular plan perpendicular to the wind direction (crosswind dimension)	$b = 12$ m
Height of building from ground up to roof level	$h = 10$ m

Results

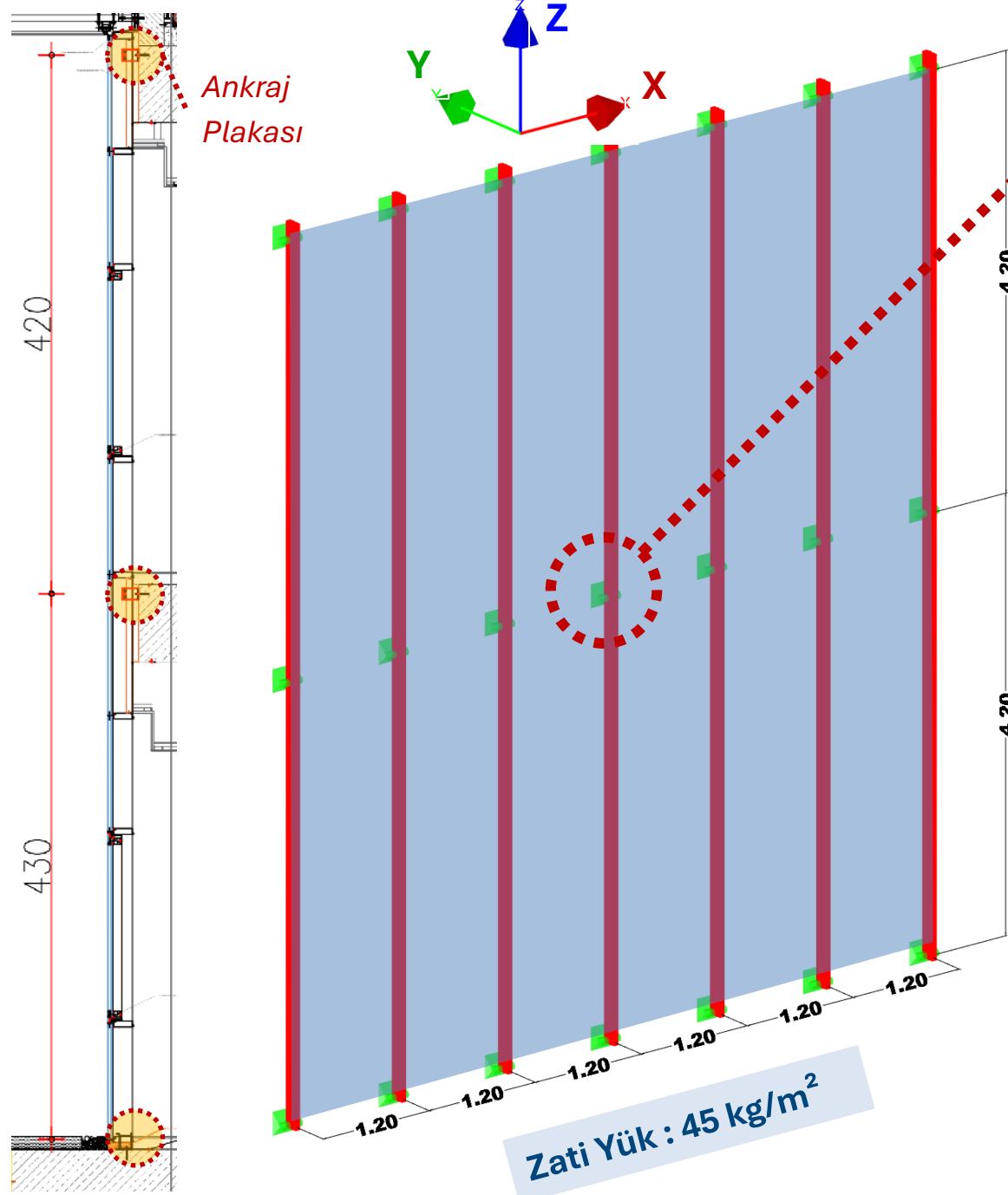
Net wind pressure on zone A	$W_{net,A} = -1.614$ kN/m ²
Net wind pressure on zone B	$W_{net,B} = -1.153$ kN/m ²
Net wind pressure on zone C	$W_{net,C} = -0.807$ kN/m ²
Net wind pressure on zone D	$W_{net,D} = 1.156$ kN/m ²
Net wind pressure on zone D'	$W_{net,D'} = N/A$
Net wind pressure on zone E	$W_{net,E} = -0.583$ kN/m ²

Karakteristik Yükler Özet Tablosu

Yük	Değer	Birim
D Zati Yük	0,450	kN/m ²
W(-) Rüzgar Basınç	1,156	kN/m ²
W(+) Rüzgar Emme	-1,614	kN/m ²
Ex & Ey Deprem – Yatay	0,424	kN/m ²
Ez Deprem - Düşey	0,118	kN/m ²

CEPHE SİSTEMİ YÜK HESAPLAMALARI VE MODELLEME ÖRNEĞİ

Seminerin Amacı
Standartlar
Yükler / Yük Birleşimleri
Rüzgar Yükleri
Deprem Yükleri
Yapısal Model Örneği
Plaka Tasarımı
Ankraj Tasarımı
Slotlu Plaka Yeni Çözüm



Cephe Sistemi
Kesit Görünümü

Cephe Sistemi
Yapısal Model İzometrik Görünümü

Kritik Düğüm Noktası – Mesnet Reaksiyonları

Yük Birleşimi	Mesnet Reaksiyonu [kN]		
	P _x	P _y	P _z
1.4D1 + 1.4D2	0.00	0.00	-3.32
1.2D1 + 1.2D2 + 1.6W(+)	0.00	16.40	-2.85
1.2D1 + 1.2D2 + 1.6W(-)	0.00	11.78	-2.85
1.2D1 + 1.2D2 + 0.3Ex + Ey + Ez	0.72	3.01	-3.45
1.2D1 + 1.2D2 - 0.3Ex + Ey + Ez	-0.72	3.01	-3.45
1.2D1 + 1.2D2 + 0.3Ex - Ey + Ez	0.72	-3.01	-3.45
1.2D1 + 1.2D2 - 0.3Ex - Ey + Ez	-0.72	-3.01	-3.45
1.2D1 + 1.2D2 + Ex + 0.3Ey + Ez	2.41	0.90	-3.45
1.2D1 + 1.2D2 - Ex + 0.3Ey + Ez	-2.41	0.90	-3.45
1.2D1 + 1.2D2 + Ex - 0.3Ey + Ez	2.41	-0.90	-3.45
1.2D1 + 1.2D2 - Ex - 0.3Ey + Ez	-2.41	-0.90	-3.45
0.9D1 + 0.9D2 + 0.3Ex + Ey - Ez	0.72	3.01	-1.53
0.9D1 + 0.9D2 - 0.3Ex + Ey - Ez	-0.72	3.01	-1.53
0.9D1 + 0.9D2 + 0.3Ex - Ey - Ez	0.72	-3.01	-1.53
0.9D1 + 0.9D2 - 0.3Ex - Ey - Ez	-0.72	-3.01	-1.53
0.9D1 + 0.9D2 + Ex + 0.3Ey - Ez	2.41	0.90	-1.53
0.9D1 + 0.9D2 - Ex + 0.3Ey - Ez	-2.41	0.90	-1.53
0.9D1 + 0.9D2 + Ex - 0.3Ey - Ez	2.41	-0.90	-1.53
0.9D1 + 0.9D2 - Ex - 0.3Ey - Ez	-2.41	-0.90	-1.53

Mesnet reaksiyonlarını değerlendirirsek...

- Düşey yük ('Z'),** kombinasyonlardaki zati yük (D) katsayısı ve düşey deprem kuvveti (Ez) ile **değişkenlik göstermektedir.**
- Yapı, depremselliğin yüksek olduğu bir coğrafyada (İzmir-Aliğa) olmasına rağmen, **rüzgar yükü deprem yüklerine görece mertebeye yüksek elde edilmiştir.** Cephe sistemi yüzeyine dik yönde ('Y') en yüksek tesirler rüzgar yükleri altında oluşmaktadır.
- Yükleme kabulleri doğrultusunda, **cephe yüzeyine paralel yatay yönde ('X') mesnet reaksiyonları ancak deprem yüklerinin etki ettiği senaryolarda (yük birleşimlerinde) meydana gelmektedir.**

Yukarıdaki değerlendirmeler;

- **Profil boyutlandırmalarında rüzgar yüklerinin,**
 - **Ankraj plakası ve ankraj boyutlandırmalarında rüzgar yüklerinin yanı sıra deprem yüklerinin**
- ... hakim olacağına dair fikir vermektedir.

(Not: Referans amaçlı hazırlanan yapısal modelde yatay profillere yer verilmemiştir.)

SONLU ELEMENLAR METODU (FEM) İLE ANKRAJ PLAKASI TASARIMI ÖRNEĞİ

Seminerin
Amacı

Standartlar

Yükler / Yük
Birleşimleri

Rüzgar
Yükleri

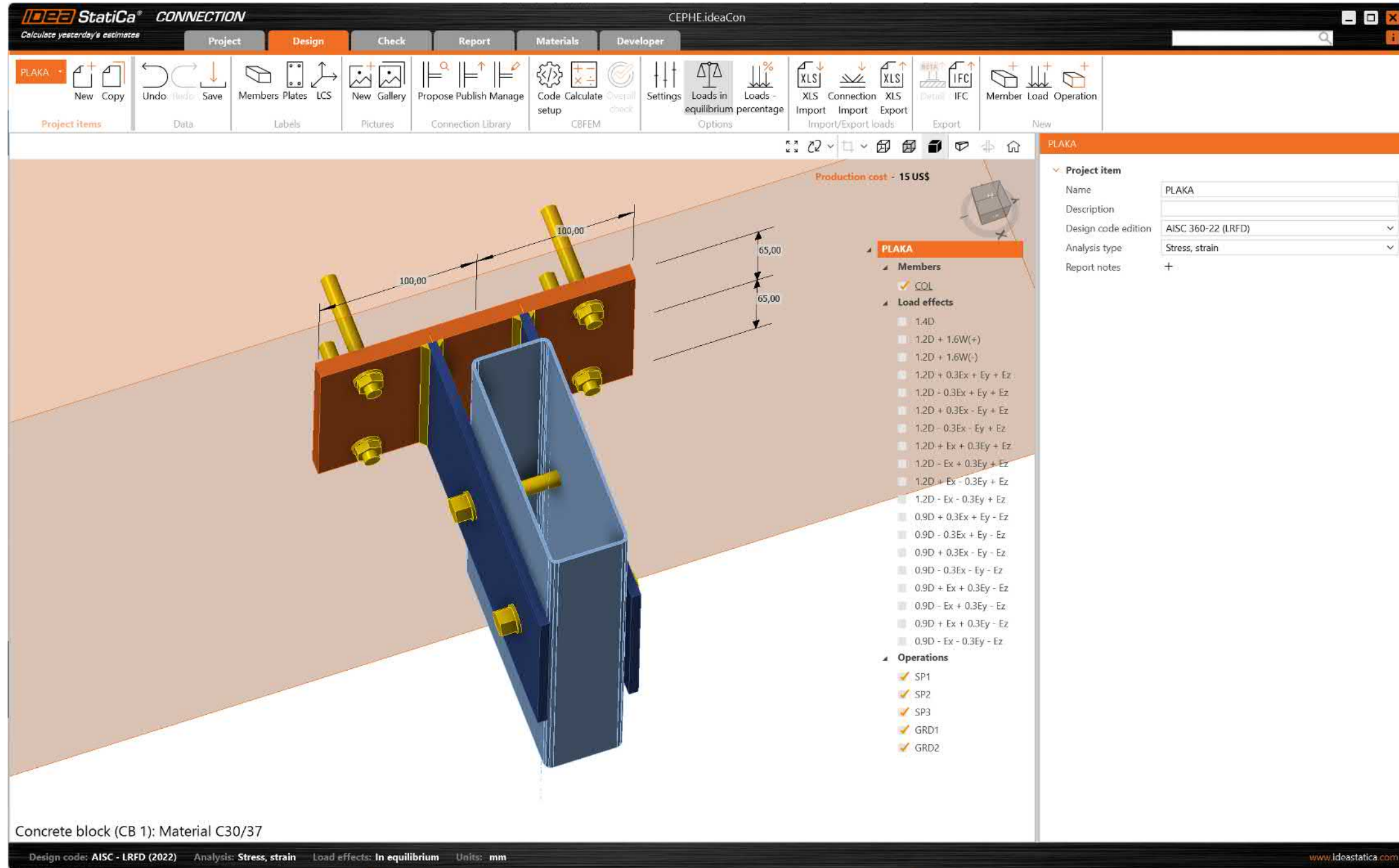
Deprem
Yükleri

Yapısal
Model
Örneği

Plaka
Tasarımı

Ankraj
Tasarımı

Slotlu Plaka
Yeni Çözüm



- Cephe sistemleri bağlantılarında olduğu gibi, **profilin doğrudan taban plakasına bağlanmadığı**, ilave bağlantı plakaları ile yüklerin taban plakasına ve dolaylı olarak ankrajlara ve betona aktarıldığı birleşimlerde **fiziksel modele en yakın matematiksel modelin** oluşturulması gerçeğe yakın sonuçlar almak için önem arz etmektedir.
- Günümüz mühendislik pratiğinde **CBFEM (Component-based Finite Element Method)** altyapısına sahip yazılımlarla birleşimlerin matematiksel modellerinin oluşturulması mümkündür.

Bileşenler matematiksel modelde,

- **Profiller - Plakalar** : Kabuk eleman (shell)
- **Kaynaklar** : Eşdeğer kabuk eleman (shell)
- **Cıvatalar, Ankrajlar** : Doğrusal olmayan yaylar (springs)
- **Beton** : Basınç yayları (spring)
- ... elemanları ile modellenmektedir.

Matematiksel modellerin genel kullanım amaçlı yazılımlarda (**SAP2000, ANSYS, ABAQUS**) gerçekleştirilmesi durumunda taban plakası arkasında **betonun basınç yayları ile tanımlanması manivela etkilerini (prying actions)** dikkate almak adına oldukça önemlidir. Aksi takdirde plakanın gerçekçi esnek davranışı elde edilemeyeceği gibi ankraj elemanlarına etkiyen ilave **manivela kuvvetleri de hesaplanmamış olacaktır!**

[Plaka tasarımıda kullanılan yazılım : IDEA Statica → <https://www.ideastatica.com/>]

SONLU ELEMENLAR METODU İLE ANKRAJ PLAKASI TASARIMI ÖRNEĞİ

PROFİL KESİTİ MALZEME ÖZELLİKLERİNİ TANIMLANMASI

Seminerin
Amacı

Standartlar

Yükler / Yük
Birleşimleri

Rüzgar
Yükleri

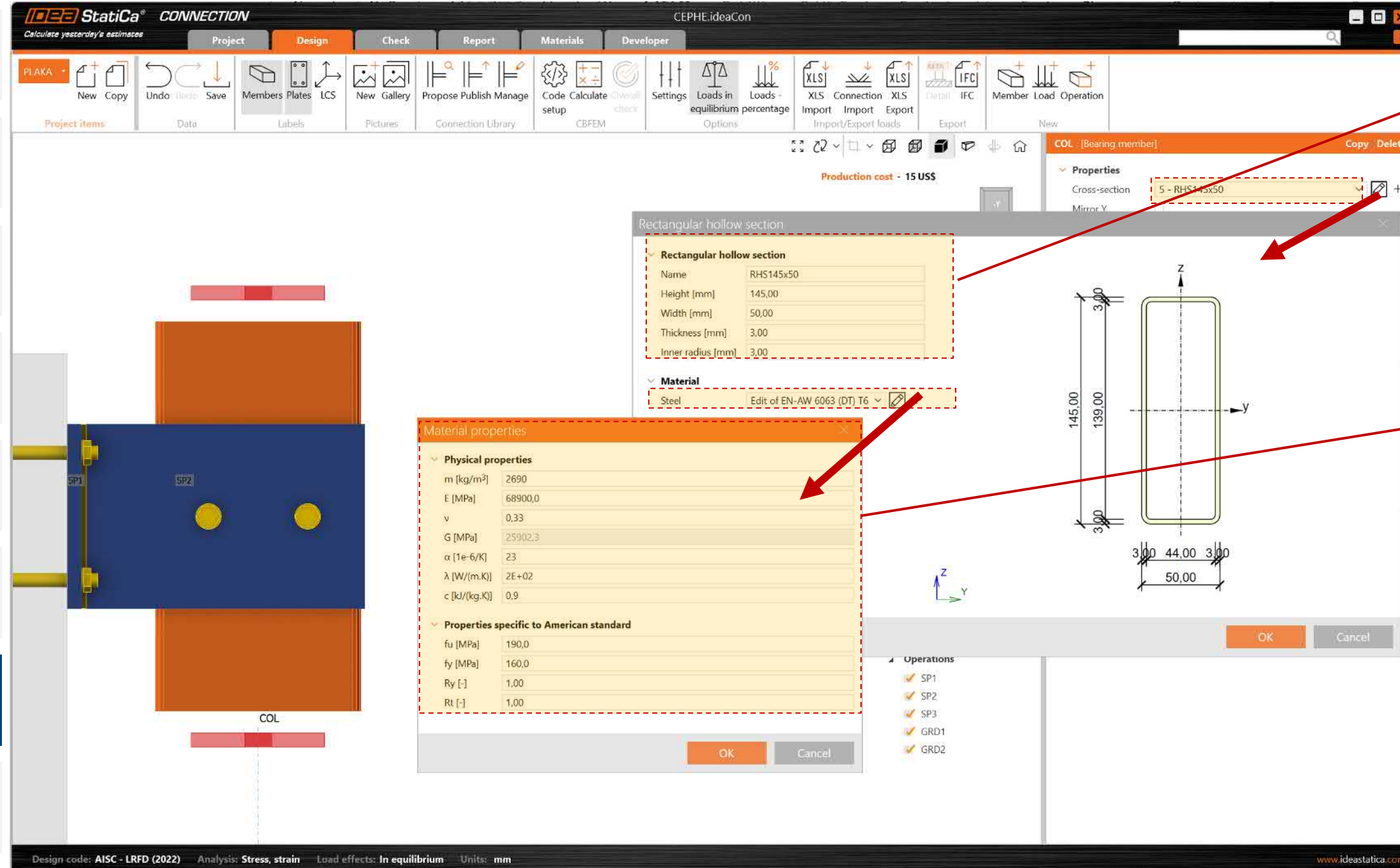
Deprem
Yükleri

Yapısal
Model
Örneği

Plaka
Tasarımı

Ankraj
Tasarımı

Slotlu Plaka
Yeni Çözüm



Alüminyum profil için
kesit geometrisi
(yaklaşık olarak) veri
girişi

Alüminyum malzeme
mekanik
özelliklerinin manuel
olarak girişi

SONLU ELEMENLAR METODU İLE ANKRAJ PLAKASI TASARIMI ÖRNEĞİ

PROFİL EKSTANTRİSİTESİNİN VE YÜKLEME NOKTASININ TANIMLANMASI

Seminerin
Amacı

Standartlar

Yükler / Yük
Birleşimleri

Rüzgar
Yükleri

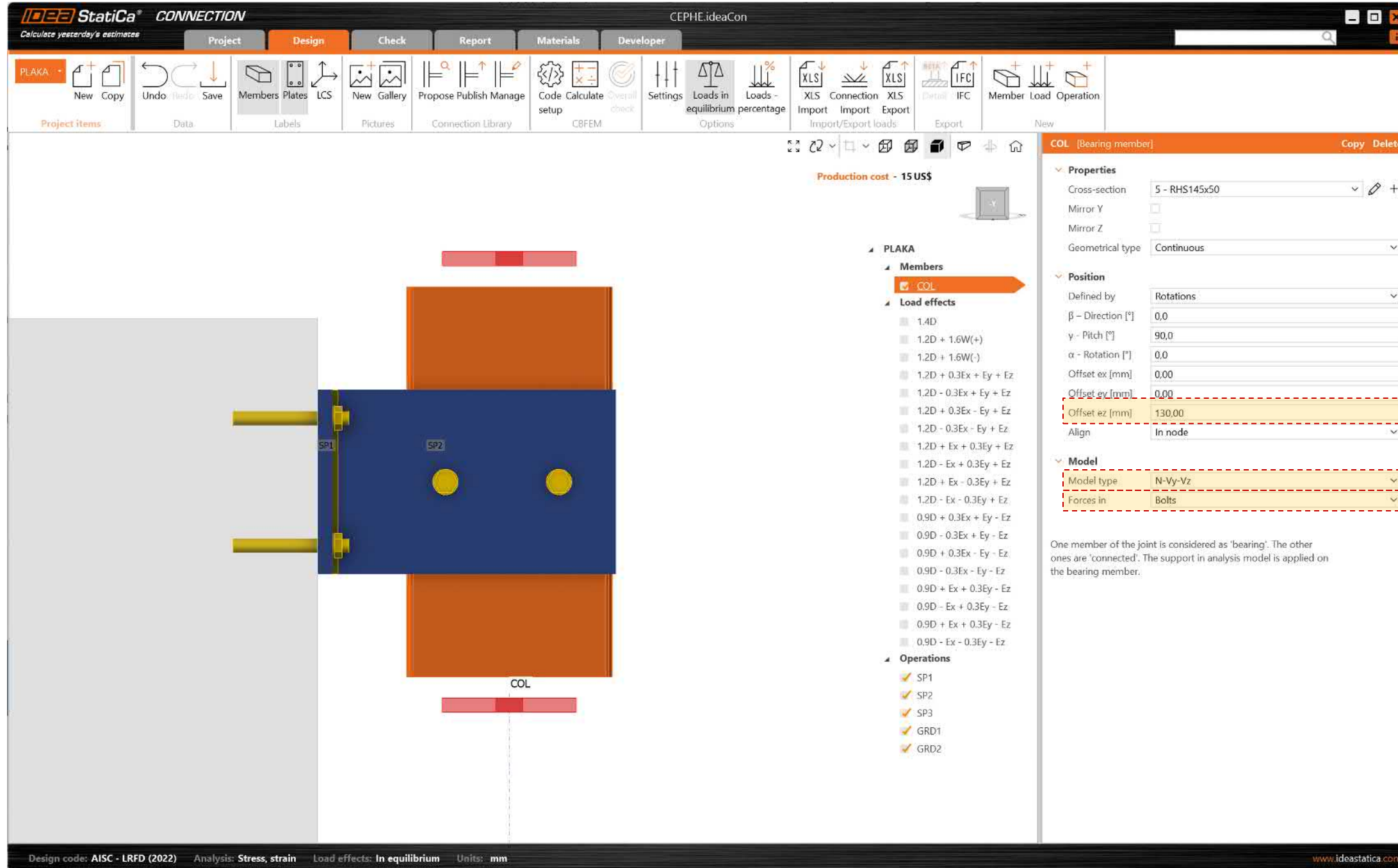
Deprem
Yükleri

Yapısal
Model
Örneği

Plaka
Tasarımı

Ankraj
Tasarımı

Slotlu Plaka
Yeni Çözüm



Profil merkezinin
beton yüzeyine olan
mesafesi

Birleşim serbestlik
derecesinin girişi
(Mafsallı bağlantı için
N-Vy-Vz)

Tanımlanacak mesnet
reaksiyonlarının **fiziksel modeldeki
etki noktasını belirlenmesi**
(Cıvataların Merkezi olduğu
yaklaşımı ile **'Bolts'** seçilir.)

**Matematiksel model böylelikle
kuvvetlerin oluşturacağı
momentleri dikkate alacaktır!**

SONLU ELEMENLAR METODU İLE ANKRAJ PLAKASI TASARIMI ÖRNEĞİ

TABAN PLAKASININ OLUŞTURULMASI

Seminerin
Amacı

Standartlar

Yükler / Yük
Birleşimleri

Rüzgar
Yükleri

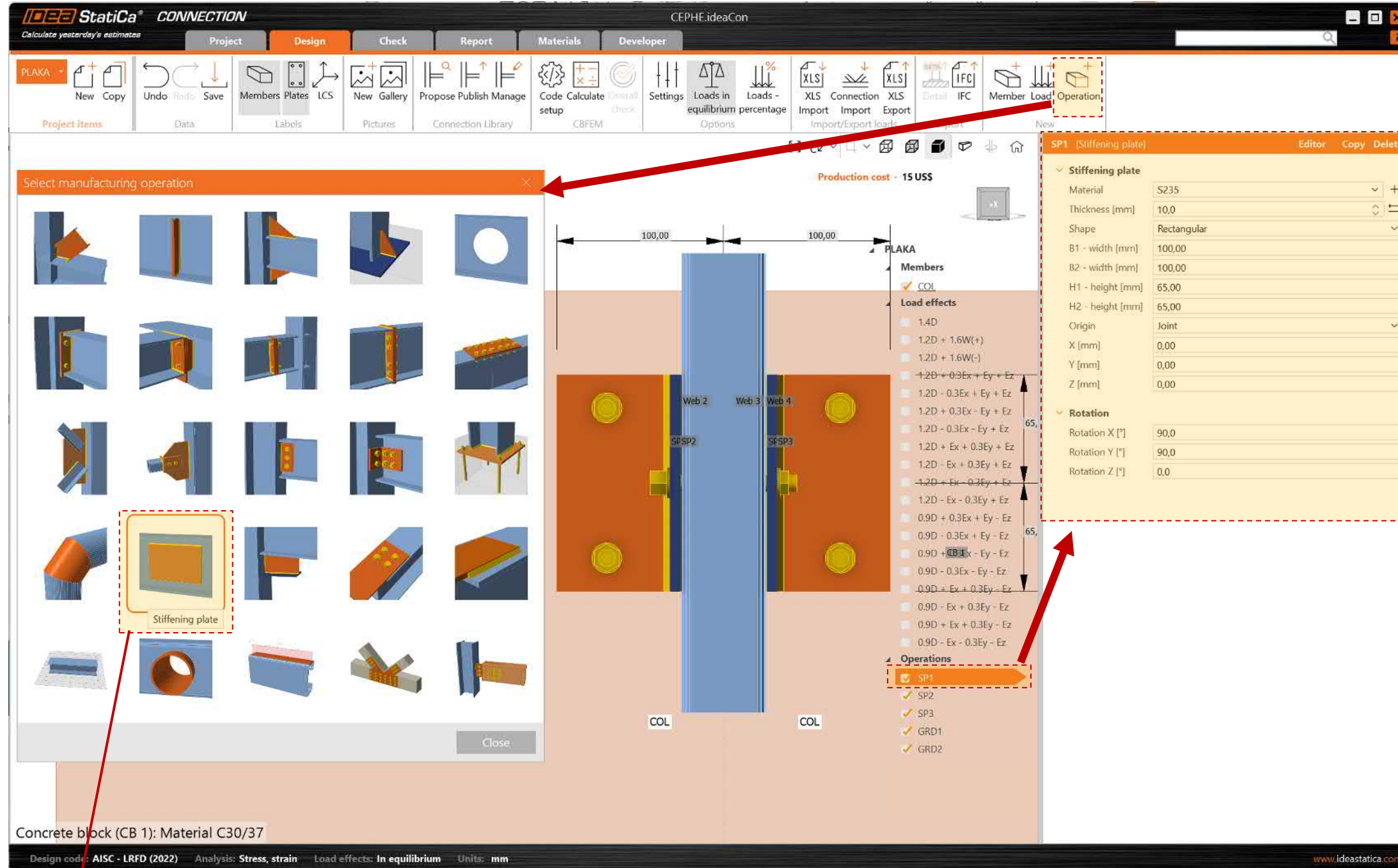
Deprem
Yükleri

Yapısal
Model
Örneği

Plaka
Tasarımı

Ankraj
Tasarımı

Slotlu Plaka
Yeni Çözüm



'Stiffening Plate'
olarak
oluşturalan ve
'SP1' olarak
adlandırılmış
taban plakası
veri girişi

Profillerin doğrudan taban plakasına bağlanmadığı durumlarda (cephe ankraj plakalarında olduğu gibi) *'Base Plate'* makrosu yerine manuel plaka oluşumuna olanak sağlayan **'Stiffening plate' operasyonu** kullanılmaktadır.

SONLU ELEMENLAR METODU İLE ANKRAJ PLAKASI TASARIMI ÖRNEĞİ

BAĞLANTI PLAKALARININ (BRACKETLERİN) OLUŞTURULMASI

Seminerin
Amacı

Standartlar

Yükler / Yük
Birleşimleri

Rüzgar
Yükleri

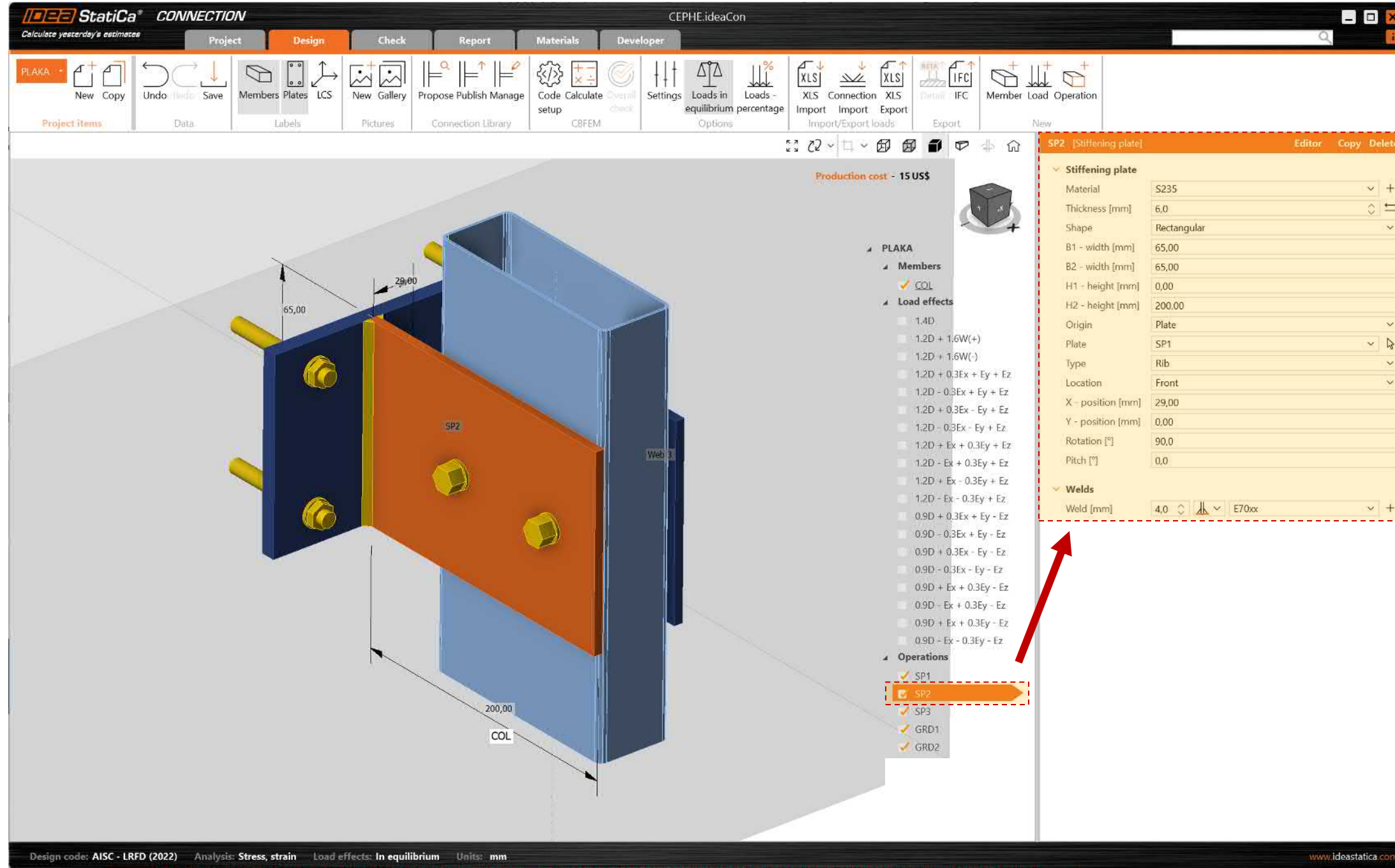
Deprem
Yükleri

Yapısal
Model
Örneği

Plaka
Tasarımı

Ankraj
Tasarımı

Slotlu Plaka
Yeni Çözüm



Yine '**Stiffening Plate**' olarak oluşturulan, '**SP2**' ve '**SP3**' olarak adlandırılmış **bağlantı plakalarının** (braketlerin) veri girişi

SONLU ELEMANLAR METODU İLE ANKRAJ PLAKASI TASARIMI ÖRNEĞİ

ANKRAJLARIN VE BETON OLUŞTURULMASI

Seminerin Amacı

Standartlar

Yükler / Yük Birleşimleri

Rüzgar Yükleri

Deprem Yükleri

Yapısal Model Örneği

Plaka Tasarımı

ANKRAJ TASARIMI

Slotlu Plaka Yeni Çözüm

Ankraj ve Beton verişi girişi

- Fastener : **Anchors**
- Item count : **1**
- Item 1 : **SP1 (Taban Plakası)**
- Anchored to : **New block**
- Related to : **Plate**
- Plate : **SP1 (Taban Plakası)**

Betonun plakanın hangi yüzeyinde yer alacağını seçimi

Taban plakasına ankraj elemanlarının eklenebilmesi için '**Fastener grid or Contact**' operasyonu seçilir.

SONLU ELEMENLAR METODU İLE ANKRAJ PLAKASI TASARIMI ÖRNEĞİ

CIVATALARIN TANIMLANMASI

Seminerin
Amacı

Standartlar

Yükler / Yük
Birleşimleri

Rüzgar
Yükleri

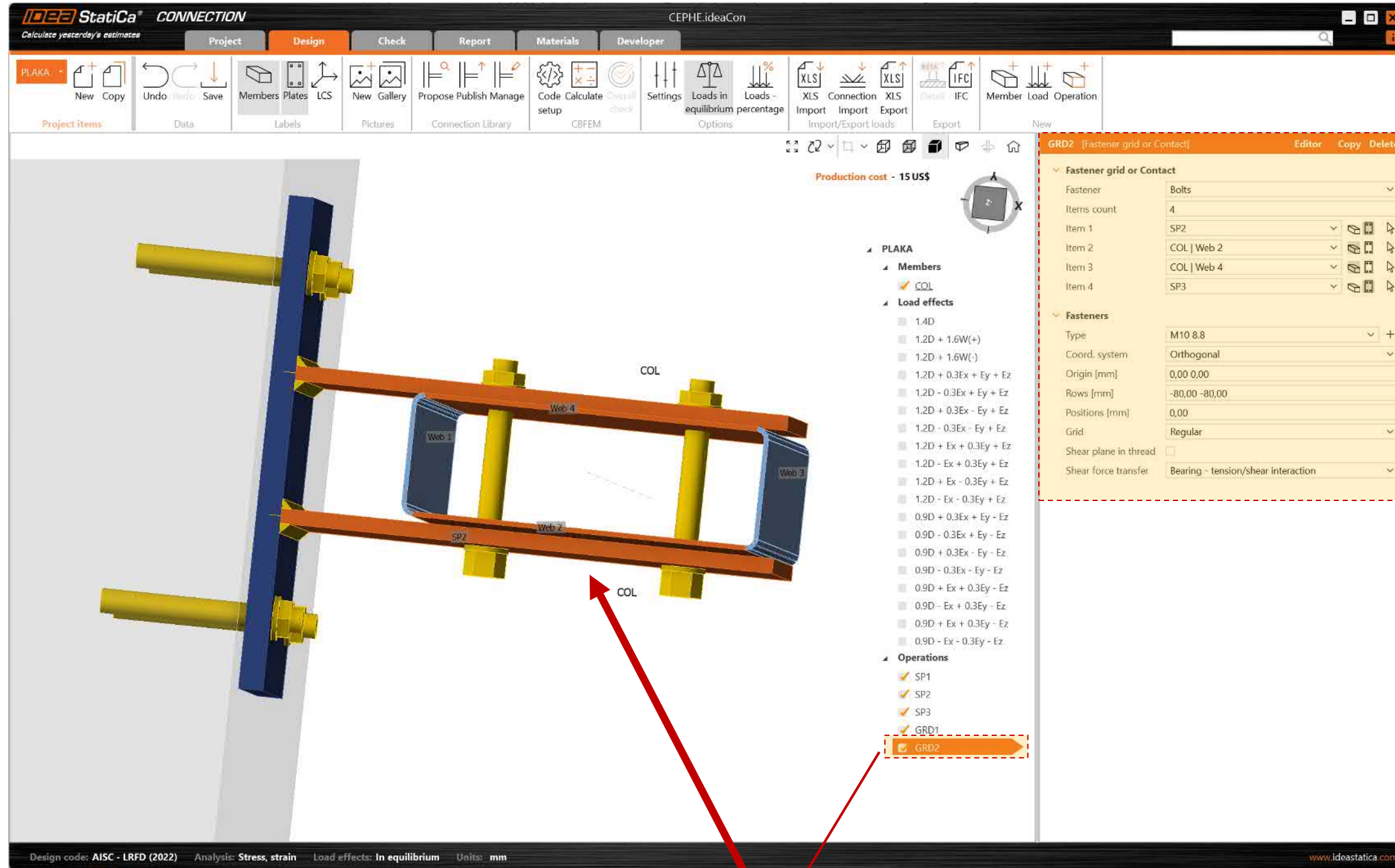
Deprem
Yükleri

Yapısal
Model
Örneği

Plaka
Tasarımı

Ankraj
Tasarımı

Slotlu Plaka
Yeni Çözüm



Cıvata veri girişi

- Fastener : **Bolts**
- Item count : **4**
- Item 1 : **SP2** (Yan Plaka - i)
- Item 2 : **COL Web 2** (Profil yan yüzeyi (SP2 tarafı))
- Item 3 : **COL Web 4** (Profil yan yüzeyi (SP3 tarafı))
- Item 4 : **SP3** (Yan Plaka - ii)

Profil ve yan plakaları kesit boyunca bağlayan cıvataların modellenmesi için de '**Fastener grid or Contact**' operasyonu seçilir.

SONLU ELEMENLAR METODU İLE ANKRAJ PLAKASI TASARIMI ÖRNEĞİ

YÜKLERİN İÇERİ AKTARILMASI

Seminerin
Amacı

Standartlar

Yükler / Yük
Birleşimleri

Rüzgar
Yükleri

Deprem
Yükleri

Yapısal
Model
Örneği

Plaka
Tasarımı

Ankraj
Tasarımı

Slotlu Plaka
Yeni Çözüm



Import of load effects

Name	Member	Position	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
LE20	COL	End	-3,320	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	COL	Begin	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
LE21	COL	End	-2,850	0,000	16,400	0,000	0,000	0,000
	COL	Begin	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
LE22	COL	End	-2,850	0,000	-11,780	0,000	0,000	0,000
	COL	Begin	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
LE23	COL	End	-3,450	0,720	-3,010	0,000	0,000	0,000
	COL	Begin	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
LE24	COL	End	-3,450	-0,720	-3,010	0,000	0,000	0,000
	COL	Begin	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
LE25	COL	End	-3,450	0,720	3,010	0,000	0,000	0,000
	COL	Begin	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
LE26	COL	End	-3,450	-0,720	3,010	0,000	0,000	0,000
	COL	Begin	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
LE27	COL	End	-3,450	2,410	-0,900	0,000	0,000	0,000

OK Cancel

Production cost - 15 US\$

PLAKA

Members

COL

Load effects

1.4D

1.2D + 1.6W(+)

1.2D + 1.6W(-)

1.2D + 0.3Ex + Ey + Ez

1.2D - 0.3Ex + Ey + Ez

1.2D + 0.3Ex - Ey + Ez

1.2D - 0.3Ex - Ey + Ez

1.2D + Ex + 0.3Ey + Ez

1.2D - Ex + 0.3Ey + Ez

1.2D + Ex - 0.3Ey + Ez

1.2D - Ex - 0.3Ey + Ez

0.9D + 0.3Ex + Ey - Ez

0.9D - 0.3Ex + Ey - Ez

0.9D + 0.3Ex - Ey - Ez

0.9D - 0.3Ex - Ey - Ez

0.9D + Ex + 0.3Ey - Ez

0.9D - Ex + 0.3Ey - Ez

0.9D + Ex - 0.3Ey - Ez

0.9D - Ex - 0.3Ey - Ez

Operations

SP1

SP2

SP3

GRD1

GRD2

Unbalanced forces

X [kN]	Y [kN]	Z [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
0,000	0,000	-3,320	0,000	-0,432	0,000

Yapısal modeldeki yükleri aktarırken, yönlerine önemle dikkat edilmelidir.

- Yapısal analiz programından mesnet reaksiyonları doğrudan (checkbox ile) aktarılabilir ya da “XLS Import” seçeneği ile Excel’de hazırlanan mesnet reaksiyonları “Ctrl+V” yapıştırma operasyonu ile tabloya eklenebilir.
- Excel’den aktarılabilecek yükler, sürekli (continuous) modellenen profillerin bir ucuna tanımlanır (ör: **End**) diğer uç (ör: **Begin**) için veri girişi yapılmaz.

SONLU ELEMENLAR METODU İLE ANKRAJ PLAKASI TASARIMI ÖRNEĞİ

HESAPLAMALAR

Seminerin Amacı

Standartlar

Yükler / Yük Birleşimleri

Rüzgar Yükleri

Deprem Yükleri

Yapısal Model Örneği

Plaka Tasarımı

Ankraj Tasarımı

Slotlu Plaka Yeni Çözüm



Tasarım kontrolleri özet tablosu

ÖNEMLİ NOT-1:

Yazılım, farklı malzemeler (alüminyum) için manuel mekanik özellik girişine izin vermesine karşın tüm tasarım kontrollerini **çelik tasarım esaslarına (AISC 360)** göre gerçekleştirmektedir.

Sünek davranış kabiliyetine sahip **çelik** malzeme için izin verilen **%5 plastik deformasyon** limitini, **çeliğe görece** akma ve kopma dayanımı arasındaki farkın ve elastisite modülünün (E) **az olduğu alüminyum malzeme için kabul etmek doğru bir yaklaşım olmamaktadır!**

Alüminyum malzeme için elastik davranış sağlayabilecek boyutlandırma yapılmalıdır.

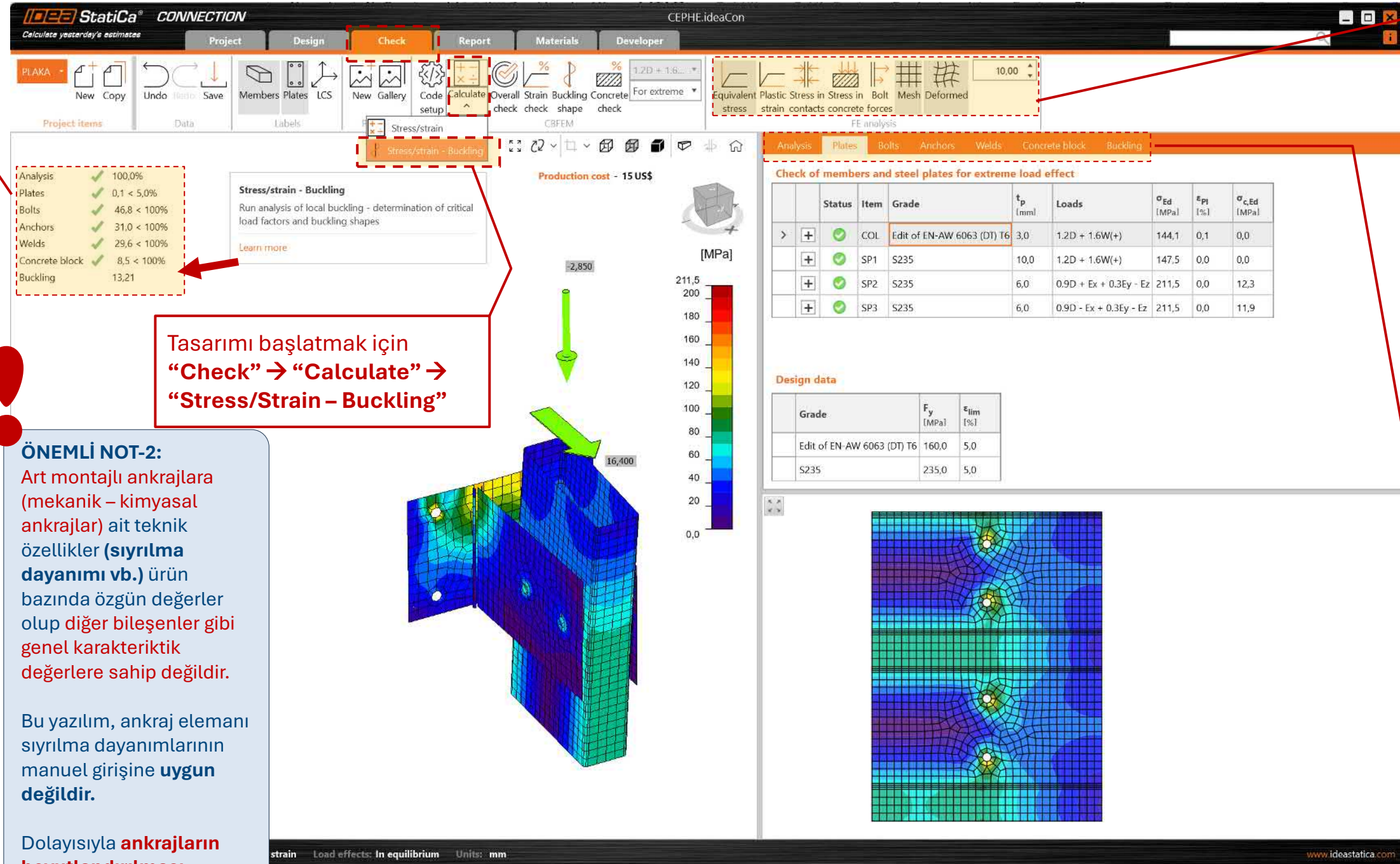
ÖNEMLİ NOT-2:

Art montajlı ankrajlara (mekanik – kimyasal ankrajlar) ait teknik özellikler (sıyırılma dayanımı vb.) ürün bazında özgün değerler olup **diğer bileşenler gibi genel karakteriktik değerlere sahip değildir.**

Bu yazılım, ankraj elemanı sıyırılma dayanımlarının manuel girişine **uygun değildir.**

Dolayısıyla **ankrajların boyutlandırılması** tasarımda kullanılması planlanan ankraj elemanların **üretici firmaları tarafından sunulan yazılımlarla** kontrol edilmelidir.

Tasarımı başlatmak için “Check” → “Calculate” → “Stress/Strain – Buckling”



- Eşdeğer gerilme (stress)
- Birim deformasyon (strain)
- Temaz yüzeyler arasında gerilme
- Beton yüzeyinde oluşan gerilme
- Cıvata / ankrajlara etkiyen yükler
- Deformasyon görünümü

...detaylarını gösterir sekme.

Bileşenler gruplarının tasarım kontrol detayları sekmesi

SONLU ELEMENLAR METODU İLE ANKRAJ PLAKASI TASARIMI ÖRNEĞİ

SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Bileşenlerin En Kritik Yük Birleşimleri (Kombinasyonlar) Altında Analiz Sonuçları

Seminerin
Amacı

Standartlar

Yükler / Yük
Birleşimleri

Rüzgar
Yükleri

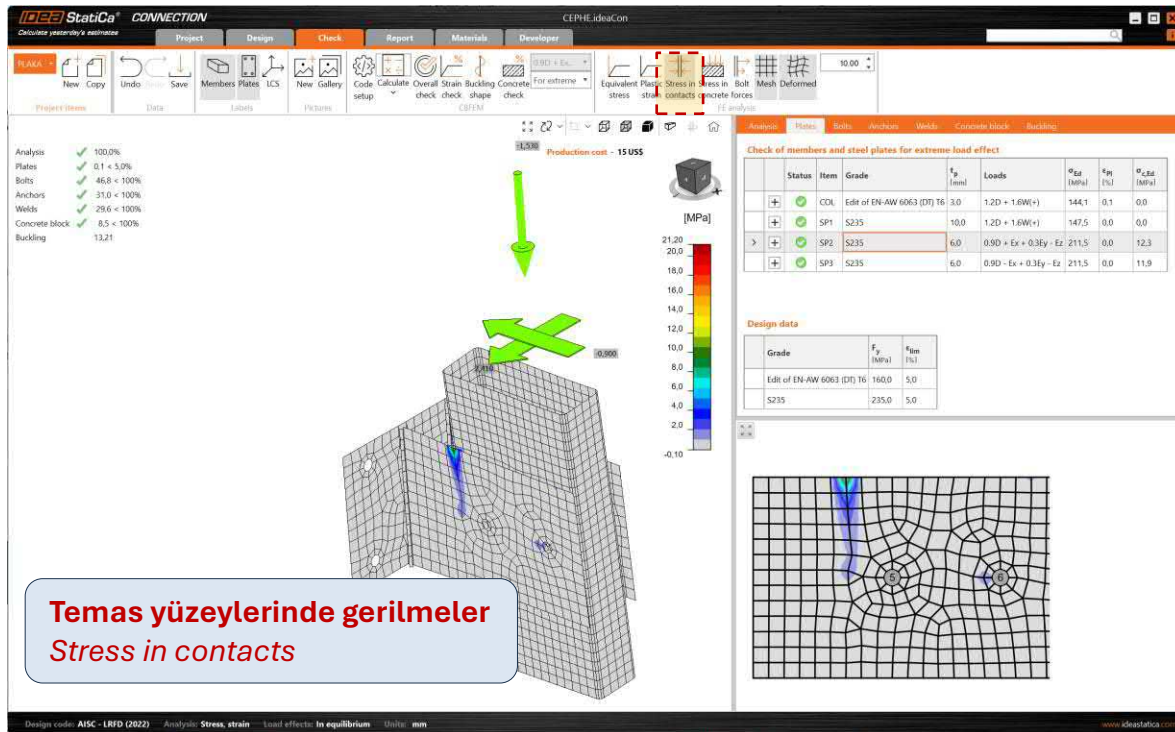
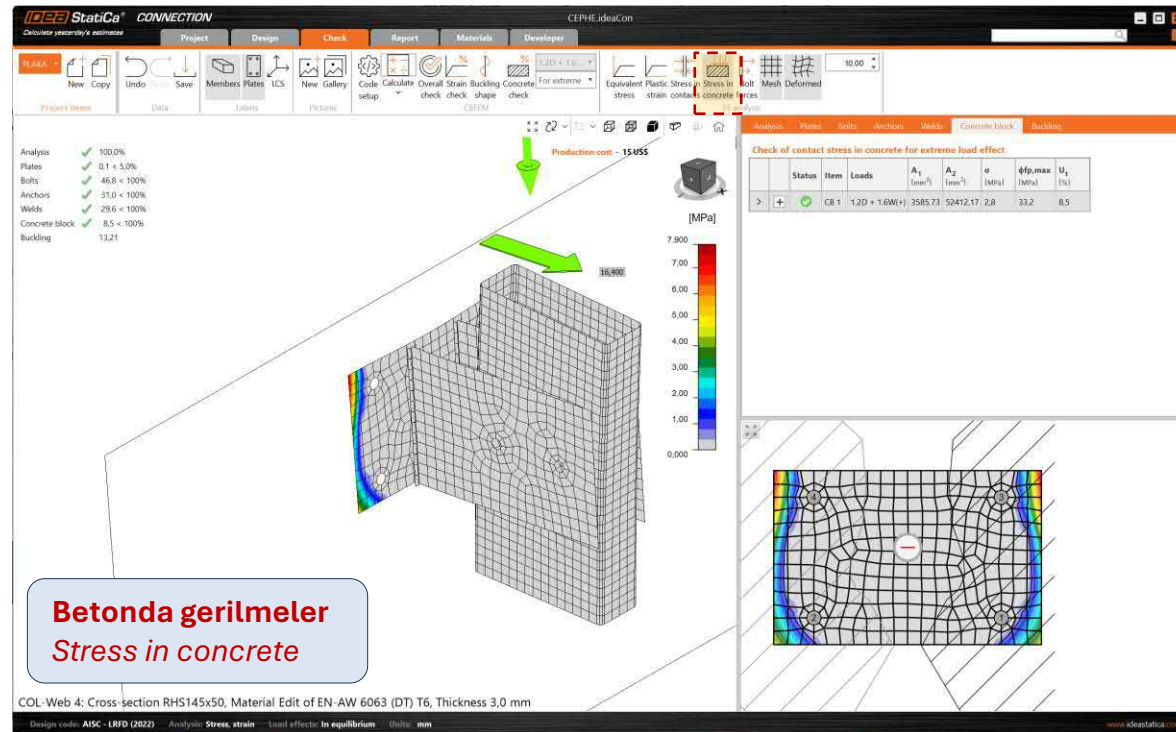
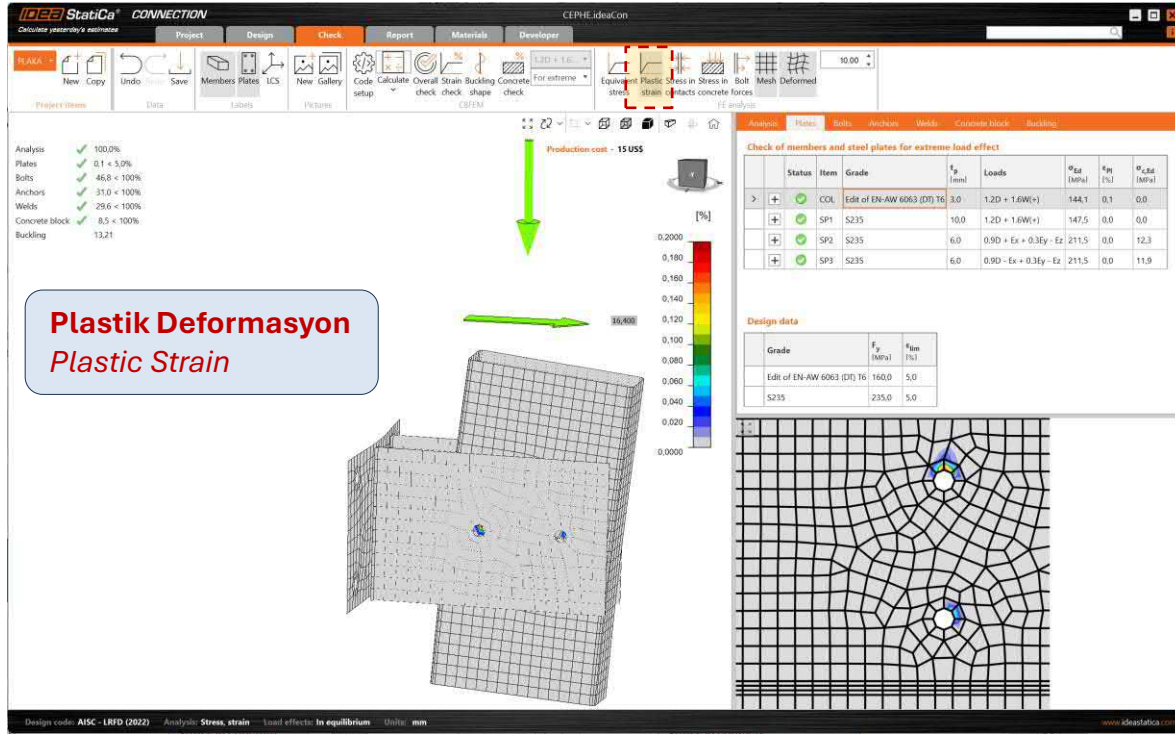
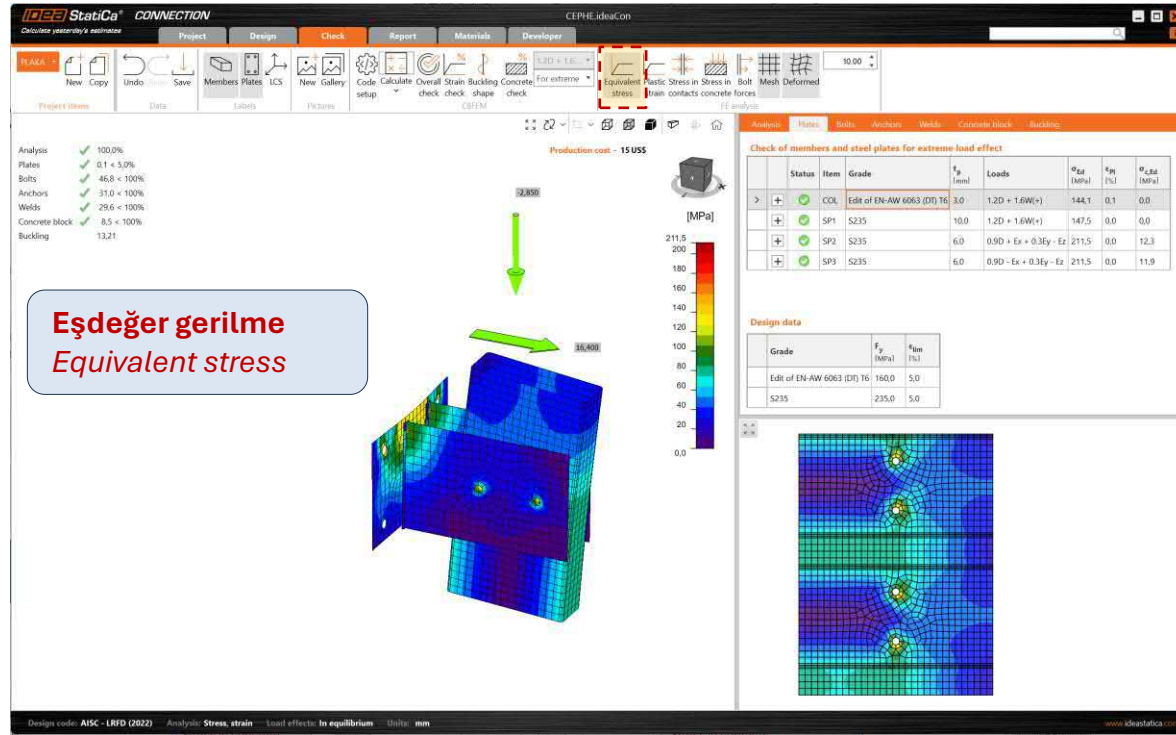
Deprem
Yükleri

Yapısal
Model
Örneği

Plaka
Tasarımı

Ankraj
Tasarımı

Slotlu Plaka
Yeni Çözüm



SONLU ELEMANLAR METODU İLE ANKRAJ PLAKASI TASARIMI ÖRNEĞİ

SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Seminerin
Amacı

Standartlar

Yükler / Yük
Birleşimleri

Rüzgar
Yükleri

Deprem
Yükleri

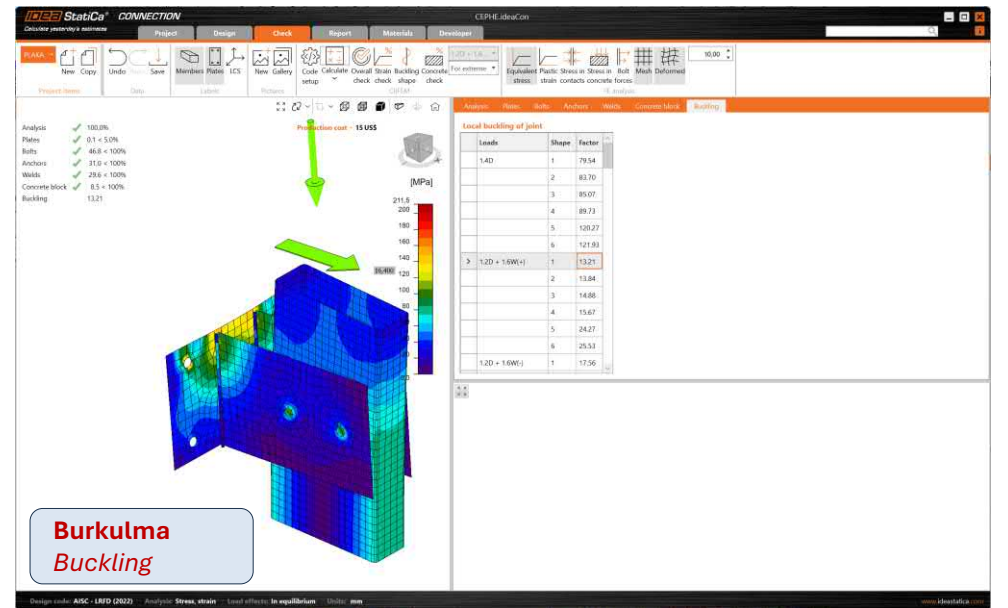
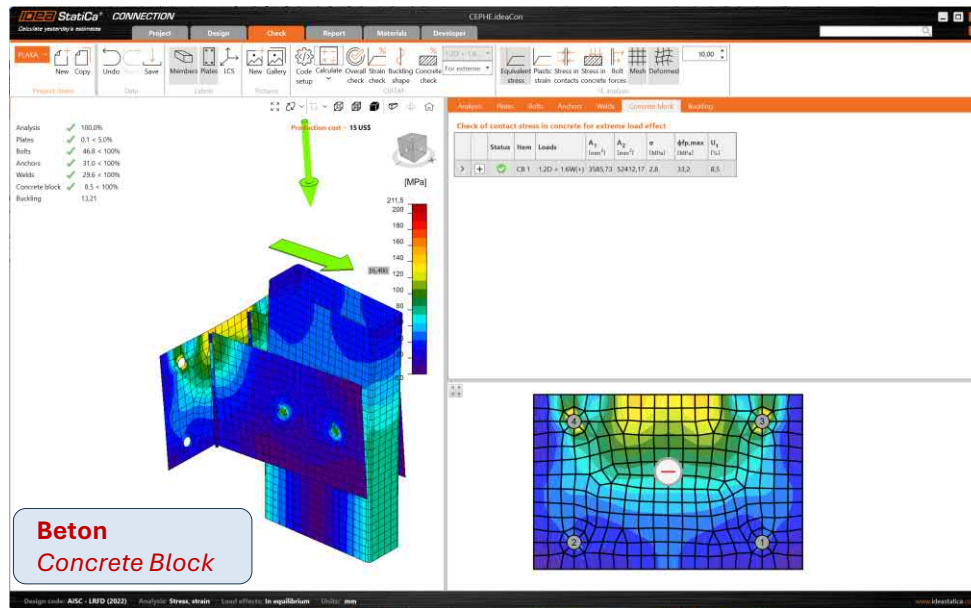
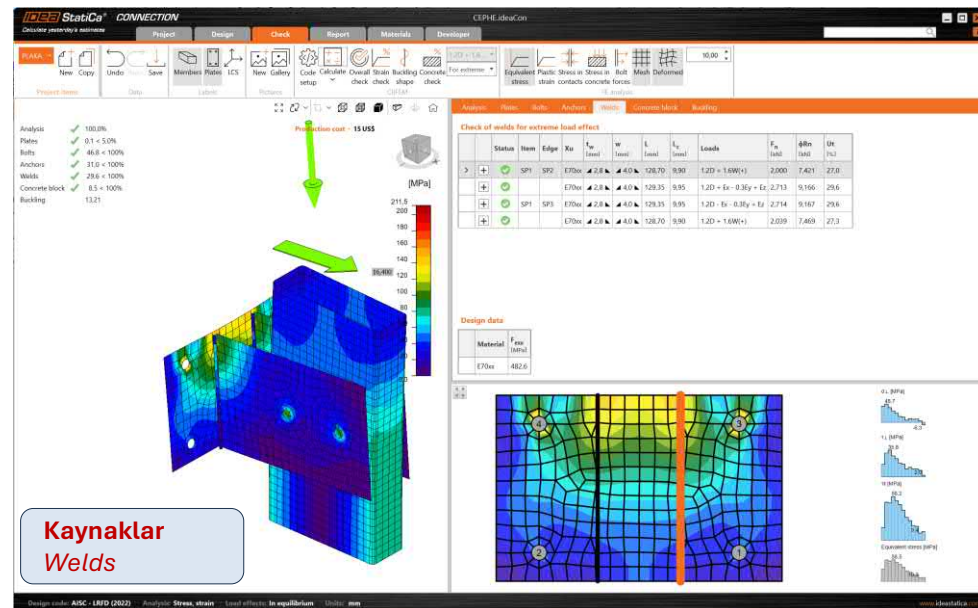
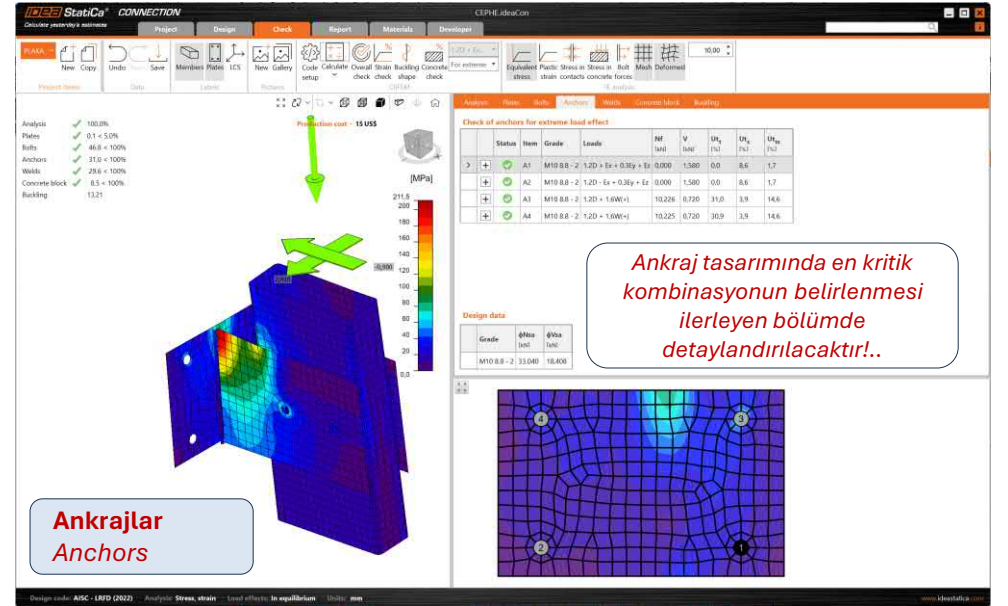
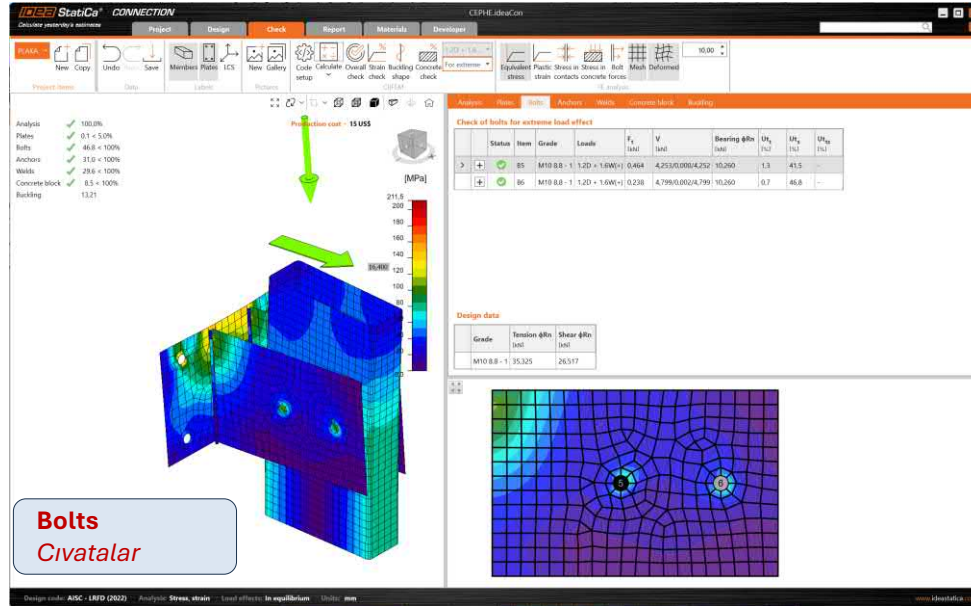
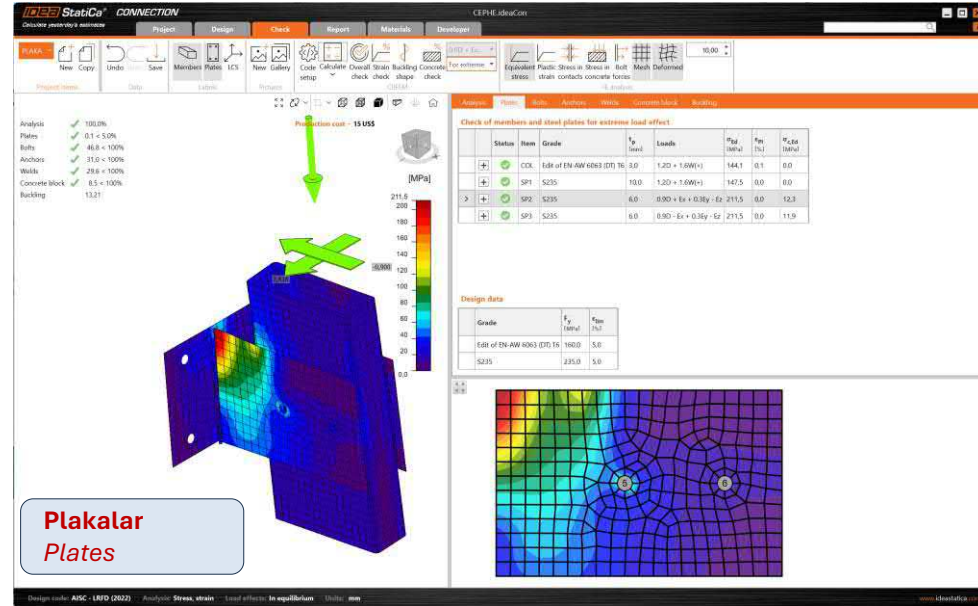
Yapısal
Model
Örneği

Plaka
Tasarımı

Ankraj
Tasarımı

Slotlu Plaka
Yeni Çözüm

Bileşenlerin En Kritik Yük Birleşimleri Altında Tasarım Sonuçları



SONLU ELEMENLAR METODU İLE ANKRAJ PLAKASI TASARIMI ÖRNEĞİ

SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Seminerin
Amacı

Standartlar

Yükler / Yük
Birleşimleri

Rüzgar
Yükleri

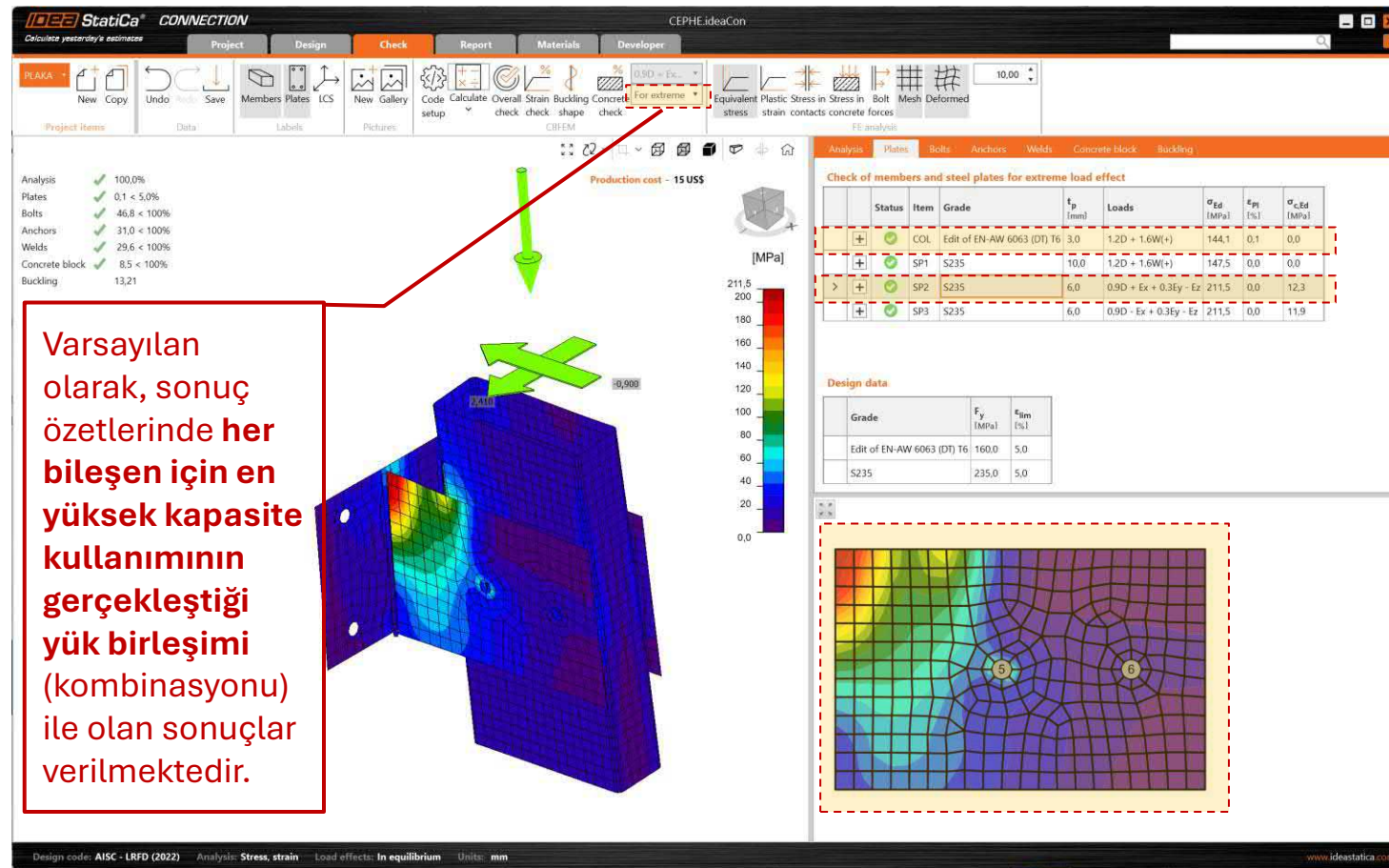
Deprem
Yükleri

Yapısal
Model
Örneği

Plaka
Tasarımı

Ankraj
Tasarımı

Slotlu Plaka
Yeni Çözüm



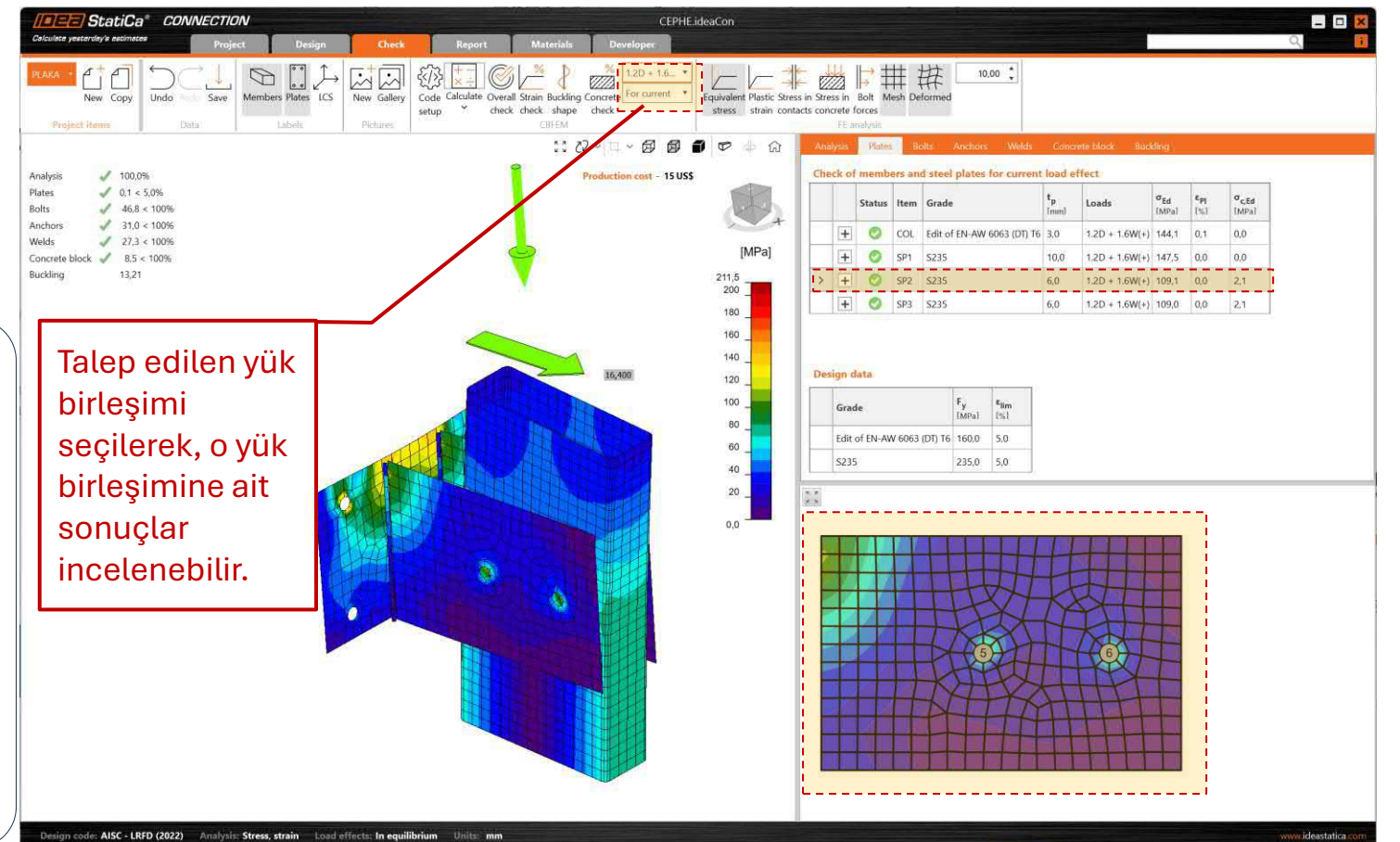
Örneğin;

- Profil (**COL**) için en yüksek “gerilme / deformasyon” **[1,2D+1,6W(+)]** yük birleşiminde gerçekleşirken ($\sigma_{Ed} = 144,1 \text{ MPa}$ $\epsilon_{pl} = \%0,1$)
- **SP2** plakası için en yüksek değerler **[0,9D+Ex+0,3Ey-Ez]** yük birleşiminde meydana gelmektedir. ($\sigma_{Ed} = 211,5 \text{ MPa}$ $\epsilon_{pl} = \%0$)

- Profil için en yüksek “gerilme / deformasyonları” oluşturan **[1,2D+1,6W(+)]** yük birleşimi altında **SP2** plakasında ancak ($\sigma_{Ed} = 109,1 \text{ MPa}$ $\epsilon_{pl} = \%0$) gerilme değerleri oluşmaktadır.

Farklı bileşenlerin (plakalar, cıvatalar, kaynaklar, ankrajlar, beton) boyutlandırılmasında farklı yük birleşimleri (kombinasyonlar) belirleyici olabilmektedir.

Dolayısıyla **en kritik kombinasyon (!)** arayışı yerine **tüm kombinasyonların** tasarıma dahil edilmesi doğru boyutlandırma için gereklidir.



ANKRAJ TASARIMI DETAYLARI VE DEPREMSELLİĞİN ÖNEMİ

MODELİN OLUŞTURULMASI

Seminerin Amacı

Standartlar

Yükler / Yük Birleşimleri

Rüzgar Yükleri

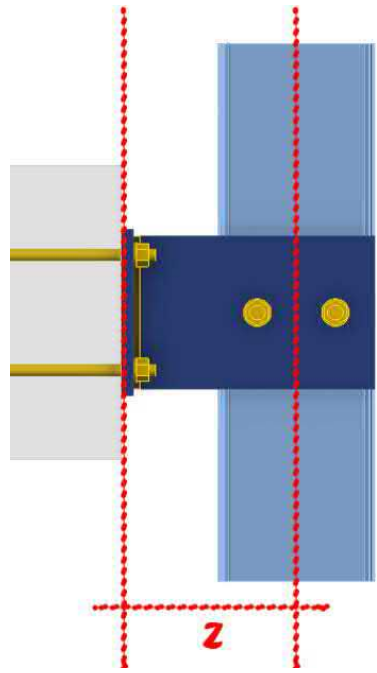
Deprem Yükləri

Yapısal Model Örneği

Plaka Tasarımı

Ankraj Tasarımı

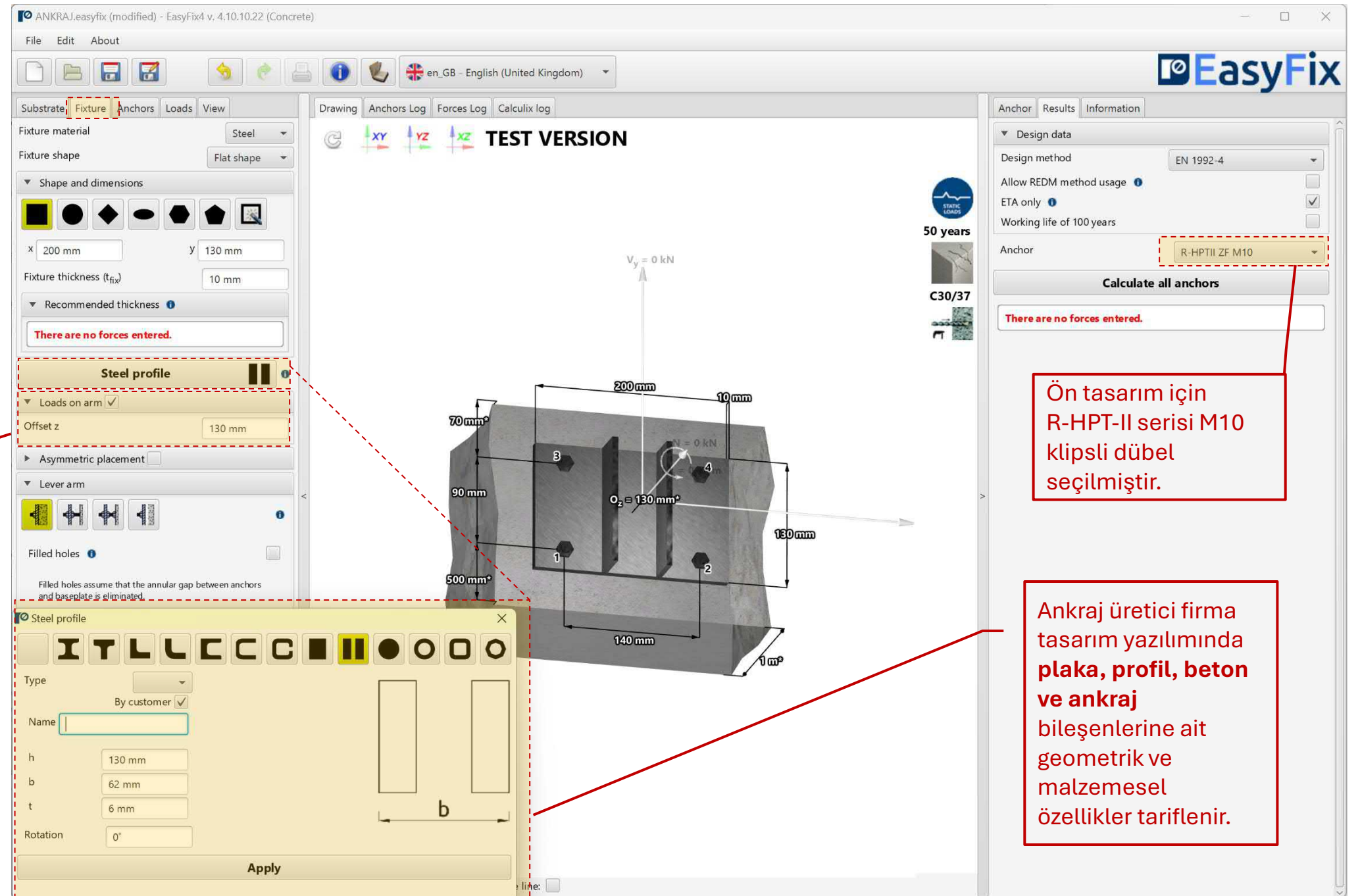
Slotlu Plaka Yeni Çözüm



Profil merkezi ile beton yüzeyi arasındaki mesafe “**kuvvet kolu (z)**” olarak yazılıma tanımlanır.

Böylelikle düşey ve yatay yüklerin taban plakası yüzeyinde oluşturduğu momentler otomatik olarak hesaplanmış olacaktır.

Bu işlemin (ilave momentler dahililiyeti) gerçekleştirilmemesi ankrajlara etkiyen çekme yüklerinin tespitinde mertebe bazında hatalı sonuçlara neden olabilecektir!

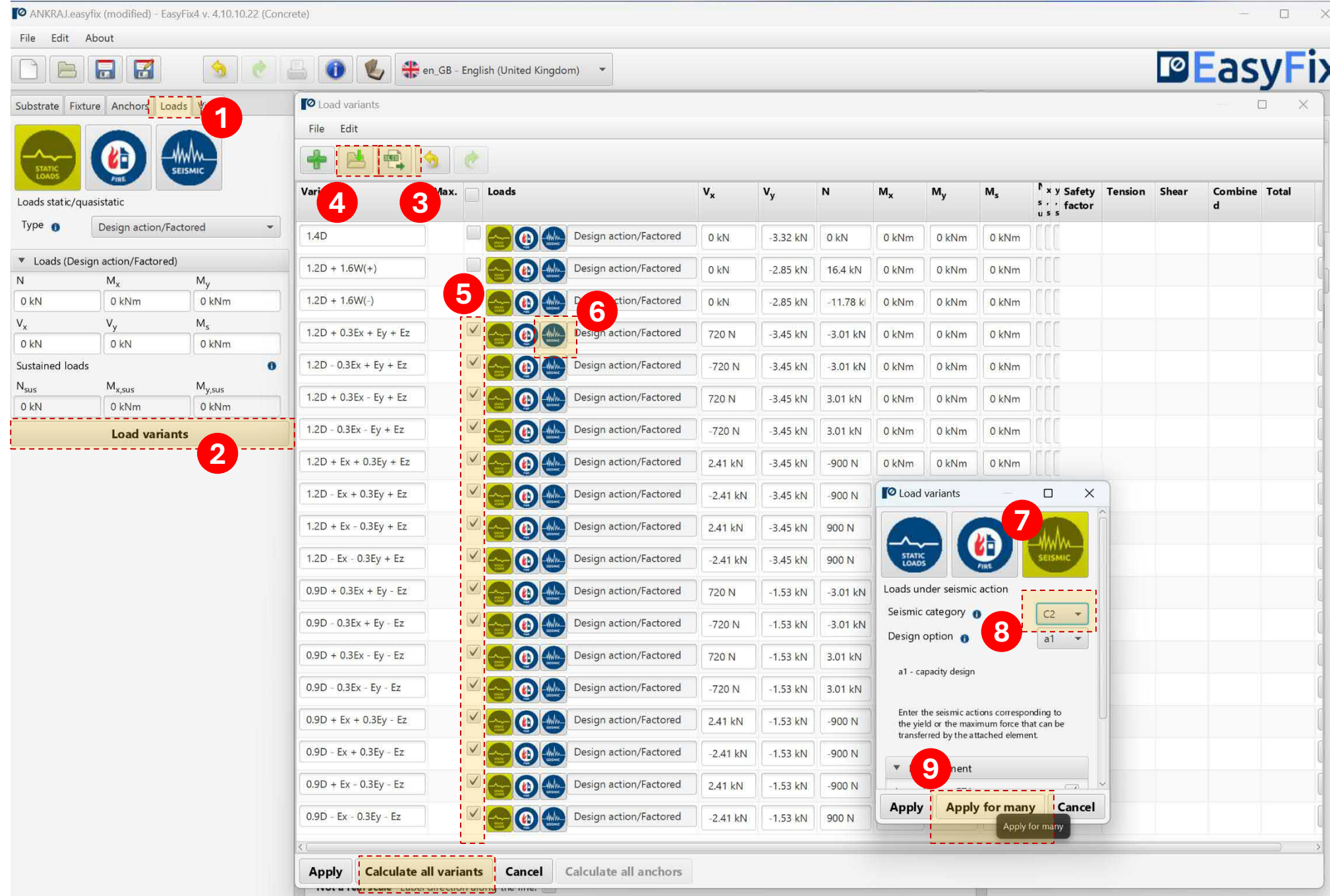


[Ankraj tasarımıda kullanılan yazılım : Rawlplug EasyFix → <https://easyfix.rawlplug.com/>]

ANKRAJ TASARIMI DETAYLARI VE DEPREMSELLİĞİN ÖNEMİ

YÜKLERİN İÇERİ AKTARILMASI VE DEPREM KOMBİNASYONLARININ TARİFLENMESİ

- Seminerin Amacı
- Standartlar
- Yükler / Yük Birleşimleri
- Rüzgar Yükleri
- Deprem Yükleri
- Yapısal Model Örneği
- Plaka Tasarımı
- Ankraj Tasarımı
- Slotlu Plaka Yeni Çözüm



Yük Birleşimlerinin İçeri Aktarılması ve Depremlî Yük Birleşimlerinin Yazılıma Tariflenmesi

- 1) “Loads” (Yükler)
- 2) “Load Variants” (Yük Birleşimleri)
- 3) “Export Template” ile Excel formatının indirilmesi ve tabloya mesnet reaksiyonlarının yönlerine dikkate edilerek işlenmesi
- 4) “Import Load Variants” ile hazırlanan Excel’den yüklerin aktarılması
- 5) Depremlî yük birleşimlerinin seçilmesi
- 6) Herhangi bir ‘Seismic’ butonuna basılması
- 7) Açılan pencerede ‘Seismic’ butonuna basılması
- 8) Seismic category : “C2” (Türkiye için)
- 9) “Apply for many”
- 10) “Calculate all variants” → Tasarım kontrolü

ANKRAJ TASARIMI DETAYLARI VE DEPREMSELLİĞİN ÖNEMİ

KRİTİK YÜK KOMBİNASYONU TESPİTİ

RİJİT PLAKA VE ESNEK PLAKA TESİRLERİ ARASINDAKİ FARKLILIĞIN TESPİTİ

Seminerin
Amacı

Standartlar

Yükler / Yük
Birleşimleri

Rüzgar
Yükleri

Deprem
Yükleri

Yapısal
Model
Örneği

Plaka
Tasarımı

Ankraj
Tasarımı

Slotlu Plaka
Yeni Çözüm



ANKRAJ.easyfix (modified) - EasyFix4 v. 4.10.10.22 (Concrete)													
File Edit About													
        en_GB - English (United Kingdom) 													
Load variants													
File Edit													
    													
Variant	Max.		Loads	V _x	V _y	N	M _x	M _y	M _z	Tension	Shear	Combined	Total
1.4D		☐	  Design action/Factored	0 kN	-3.32 kN	0 kN	0 kNm	0 kNm	0 kNm	29.5%	11.1%	19.7%	29.5%
1.2D + 1.6W(+)	✓	☐	  Design action/Factored	0 kN	-2.85 kN	16.4 kN	0 kNm	0 kNm	0 kNm	62.1%	9.5%	51.8%	62.1%
1.2D + 1.6W(-)		☐	  Design action/Factored	0 kN	-2.85 kN	-11.78 kN	0 kNm	0 kNm	0 kNm	N/A	9.5%	N/A	9.5%
1.2D + 0.3Ex + Ey + Ez		☐	  C2/a1	720 N	-3.45 kN	-3.01 kN	0 kNm	0 kNm	0 kNm	65.8%	31.3%	97.1%	97.1%
1.2D - 0.3Ex + Ey + Ez		☐	  C2/a1	-720 N	-3.45 kN	-3.01 kN	0 kNm	0 kNm	0 kNm	65.8%	31.3%	97.1%	97.1%
1.2D + 0.3Ex - Ey + Ez	✓	☐	  C2/a1	720 N	-3.45 kN	3.01 kN	0 kNm	0 kNm	0 kNm	129.8%	31.3%	161.1%	161.1%
1.2D - 0.3Ex - Ey + Ez		☐	  C2/a1	-720 N	-3.45 kN	3.01 kN	0 kNm	0 kNm	0 kNm	129.8%	31.3%	161.1%	161.1%
1.2D + Ex + 0.3Ey + Ez		☐	  C2/a1	2.41 kN	-3.45 kN	-900 N	0 kNm	0 kNm	0 kNm	103.5%	37.4%	140.8%	140.8%
1.2D - Ex + 0.3Ey + Ez		☐	  C2/a1	-2.41 kN	-3.45 kN	-900 N	0 kNm	0 kNm	0 kNm	103.5%	37.4%	140.8%	140.8%
1.2D + Ex - 0.3Ey + Ez		☐	  C2/a1	2.41 kN	-3.45 kN	900 N	0 kNm	0 kNm	0 kNm	122.6%	37.4%	160%	160%
1.2D - Ex - 0.3Ey + Ez		☐	  C2/a1	-2.41 kN	-3.45 kN	900 N	0 kNm	0 kNm	0 kNm	122.6%	37.4%	160%	160%
0.9D + 0.3Ex + Ey - Ez		☐	  C2/a1	720 N	-1.53 kN	-3.01 kN	0 kNm	0 kNm	0 kNm	7.2%	15.1%	22.3%	22.3%
0.9D - 0.3Ex + Ey - Ez		☐	  C2/a1	-720 N	-1.53 kN	-3.01 kN	0 kNm	0 kNm	0 kNm	7.2%	15.1%	22.3%	22.3%
0.9D + 0.3Ex - Ey - Ez		☐	  C2/a1	720 N	-1.53 kN	3.01 kN	0 kNm	0 kNm	0 kNm	71.3%	15.1%	86.3%	86.3%
0.9D - 0.3Ex - Ey - Ez		☐	  C2/a1	-720 N	-1.53 kN	3.01 kN	0 kNm	0 kNm	0 kNm	71.3%	15.1%	86.3%	86.3%
0.9D + Ex + 0.3Ey - Ez		☐	  C2/a1	2.41 kN	-1.53 kN	-900 N	0 kNm	0 kNm	0 kNm	57.8%	25.4%	83.1%	83.1%
0.9D - Ex + 0.3Ey - Ez		☐	  C2/a1	-2.41 kN	-1.53 kN	-900 N	0 kNm	0 kNm	0 kNm	57.8%	25.4%	83.1%	83.1%
0.9D + Ex - 0.3Ey - Ez		☐	  C2/a1	2.41 kN	-1.53 kN	-900 N	0 kNm	0 kNm	0 kNm	57.8%	25.4%	83.1%	83.1%
0.9D - Ex - 0.3Ey - Ez		☐	  C2/a1	-2.41 kN	-1.53 kN	900 N	0 kNm	0 kNm	0 kNm	76.9%	25.4%	102.3%	102.3%
Apply Calculate all variants Cancel Calculate all anchors													

* Kontroller Rawlplug R-HPT-II M10 klipsli dübel için gerçekleştirilmiştir.

Mevcut mesnet reaksiyonları altında Ankraj Tasarımı için **en yüksek etki / kapasite oranını** yaratan yük kombinasyonu **1.2D + 0.3Ex + Ey + Ez** olarak belirlenmiştir.

The decisive load variant - Loads under seismic action (1.2D + 0.3Ex - Ey + Ez)
Resulting anchor forces

Anchor	N _{C2/a1} [N]	V _{C2/a1} [N]	V _{x,C2/a1} [N]	V _{y,C2/a1} [N]
1	612.5	881.1	180	-862.5
2	449.9	881.1	180	-862.5
3	3.05 kN	881.1	180	-862.5
4	2.888 kN	881.1	180	-862.5

Max. concrete compressive stress: 257.134 kPa

eNEd - Resulting tension force in (-3 mm, 31 mm): 7 kN

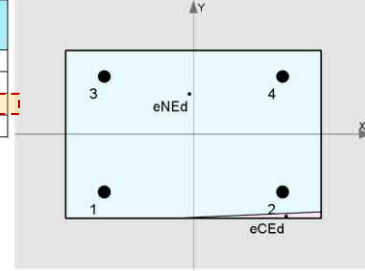
eCEd - Resulting compression force in (73 mm, -64 mm): 22 N

N_{C2/a1} - Tension force

V_{C2/a1} - Shear force

V_{x,C2/a1} - Shear force x

V_{y,C2/a1} - Shear force y



Ankrajlardaki maksimum çekme yükü: **3,05 kN**
(rijit plaka kabulü ile)

- Yazılımda, mesnet reaksiyonlarının ankrajlara çekme – kesme yükleri olarak dağıtılmasında “rijit plaka kabulü” esas alınmıştır.
- Bu nedenle ankrajlara etkiyen ilave manivela kuvvetleri (prying forces) ankraja etki ettirilmemiştir.

- Bütüncül birleşim modelini içeren **CBFEM modelinde (IDEA Statica) aynı kombinasyon tesirinde** meydana gelen **ankraj çekme kuvvetlerini** kontrol ettiğimizde;

Check of anchors for current load effect

	Status	Item	Grade	Loads	Nf [kN]	V [kN]	U _t [%]	U _s [%]	U _{ts} [%]
+	✓	A1	M10 8.8 - 2	1.2D + 0.3Ex - Ey + Ez	0,000	1,066	0,0	5,8	0,9
+	✓	A2	M10 8.8 - 2	1.2D + 0.3Ex - Ey + Ez	0,209	0,663	0,6	3,6	0,4
>	✓	A3	M10 8.8 - 2	1.2D + 0.3Ex - Ey + Ez	4,208	1,098	12,7	6,0	4,1
+	✓	A4	M10 8.8 - 2	1.2D + 0.3Ex - Ey + Ez	4,151	0,743	12,6	4,0	3,6

Ankrajlardaki maksimum çekme yükü: **4,21 kN**
(esnek plaka kabulü ile)

- Bu yük artışının ankraj tasarım yazılımına (Easyfix) yansıtılması gerekmektedir. → → → → → → → →

ANKRAJ TASARIMI DETAYLARI VE DEPREMSELLİĞİN ÖNEMİ

ESNEK PLAKA DAVRANIŞININ ANKRAJ TASARIM YAZILIMINA YANSITILMASI

Seminerin
Amacı

Standartlar

Yükler / Yük
Birleşimleri

Rüzgar
Yükleri

Deprem
Yükleri

Yapısal
Model
Örneği

Plaka
Tasarımı

Ankraj
Tasarımı

Slotlu Plaka
Yeni Çözüm



Rijit Plaka Kabulü ile Ankrajlara Etkiyen Çekme – Kesme Kuvvetleri

Resulting anchor forces

Anchor	$N_{C2/a1}$ [N]	$V_{C2/a1}$ [N]	$V_{yC2/a1}$ [N]	$V_{xC2/a1}$ [N]
1	612.5	881.1	180	-862.5
2	449.9	881.1	180	-862.5
3	3.05 kN	881.1	180	-862.5
4	2.888 kN	881.1	180	-862.5

Max. concrete compressive stress: 257.134 kPa

eNEd - Resulting tension force in (-3 mm, 31 mm): 7 kN

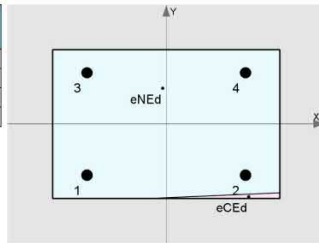
eCEd - Resulting compression force in (73 mm, -64 mm): 22 N

$N_{C2/a1}$ - Tension force

$V_{C2/a1}$ - Shear force

$V_{xC2/a1}$ - Shear force x

$V_{yC2/a1}$ - Shear force y



Ankrajlardaki
maksimum
çekme yükü:
3,05 kN
(rijit plaka
kabulü ile)

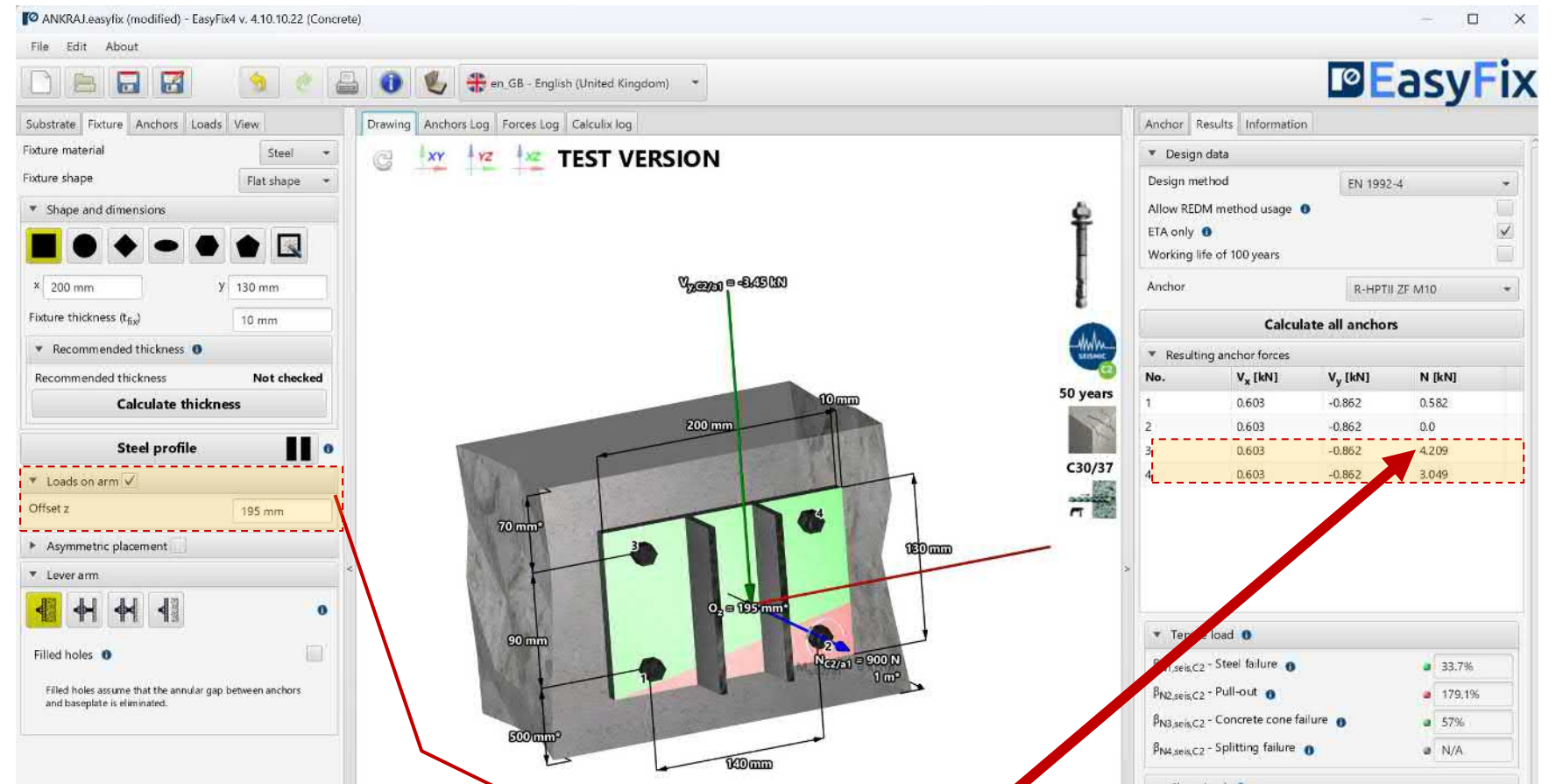
+%38

Esne Plaka Davranışı (CBFEM) ile Ankrajlara Etkiyen Çekme – Kesme Kuvvetleri

Check of anchors for current load effect

	Status	Item	Grade	Loads	Nf [kN]	V [kN]	U_{t1} [%]	U_{t5} [%]	U_{t15} [%]
+	✓	A1	M10 8.8 - 2	1.2D + 0.3Ex - Ey + Ez	0,000	1,066	0,0	5,8	0,9
+	✓	A2	M10 8.8 - 2	1.2D + 0.3Ex - Ey + Ez	0,209	0,663	0,6	3,6	0,4
>	✓	A3	M10 8.8 - 2	1.2D + 0.3Ex - Ey + Ez	4,208	1,098	12,7	6,0	4,1
+	✓	A4	M10 8.8 - 2	1.2D + 0.3Ex - Ey + Ez	4,151	0,743	12,6	4,0	3,6

Ankrajlardaki
maksimum
çekme yükü:
4,21 kN
(esnek plaka
kabulü ile)



Esnek plaka davranışının etkisiyle
ankrajlara etkiyen **ilave manivela
kuvvetleri, ilave eğilme momenti
eklenerek** elde edilebilmektedir.

Kuvvet kolu (z) değeri, hedef
ankraj çekme değerine (4,21 kN)
ulaşılan kadar manuel olarak
revize edilir.

(Örn:
Başlangıç değeri : 130mm
Revize değer : 195mm)

Ankrajlardaki
maksimum
çekme yükü:
4,21 kN

Bu revizyon ile esnek plaka
davranışının ankraj yükleri
üzerindeki etkisi yaklaşık olarak
yansıtılmış olur.

ANKRAJ TASARIMI DETAYLARI VE DEPREMSELLİĞİN ÖNEMİ

SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Seminerin Amacı
Standartlar
Yükler / Yük Birleşimleri
Rüzgar Yükleri
Deprem Yükleri
Yapısal Model Örneği
Plaka Tasarımı
Ankraj Tasarımı
Slotlu Plaka Yeni Çözüm

Esnek Plaka Davranışına Göre Modifiye Edilmiş Etki / Kapasite Oranları

Load variants													
File Edit													
Variant	Ma x.		Loads	V _x	V _y	N	M _x	M _y	M _z	Tension	Shear	Combined	Total
1.4D			Design action/Factored	0 kN	3.32 kN	0 kN	0 kNm	0 kNm	0 kNm	44.3%	11.1%	33.2%	44.3%
1.2D + 1.6W(+)	✓		Design action/Factored	0 kN	2.85 kN	16.4 kN	0 kNm	0 kNm	0 kNm	65.1%	9.5%	55.4%	65.1%
1.2D + 1.6W(-)			Design action/Factored	0 kN	2.85 kN	-11.78 kN	0 kNm	0 kNm	0 kNm	N/A	9.5%	N/A	9.5%
1.2D + 0.3Ex + Ey + Ez			C2/a1	720 N	3.45 kN	-3.01 kN	0 kNm	0 kNm	0 kNm	115.7%	31.3%	147%	147%
1.2D - 0.3Ex + Ey + Ez			C2/a1	-720 N	3.45 kN	-3.01 kN	0 kNm	0 kNm	0 kNm	115.7%	31.3%	147%	147%
1.2D + 0.3Ex - Ey + Ez			C2/a1	720 N	3.45 kN	3.01 kN	0 kNm	0 kNm	0 kNm	179.8%	31.3%	211.1%	211.1%
1.2D - 0.3Ex - Ey + Ez			C2/a1	-720 N	3.45 kN	3.01 kN	0 kNm	0 kNm	0 kNm	179.8%	31.3%	211.1%	211.1%
1.2D + Ex + 0.3Ey + Ez			C2/a1	2.41 kN	3.45 kN	-900 N	0 kNm	0 kNm	0 kNm	160%	37.4%	197.3%	197.3%
1.2D - Ex + 0.3Ey + Ez			C2/a1	2.41 kN	3.45 kN	-900 N	0 kNm	0 kNm	0 kNm	160%	37.4%	197.3%	197.3%
1.2D + Ex - 0.3Ey + Ez	✓		C2/a1	2.41 kN	3.45 kN	900 N	0 kNm	0 kNm	0 kNm	179.1%	37.4%	216.5%	216.5%
1.2D - Ex - 0.3Ey + Ez			C2/a1	2.41 kN	3.45 kN	900 N	0 kNm	0 kNm	0 kNm	179.1%	37.4%	216.5%	216.5%
0.9D + 0.3Ex + Ey - Ez			C2/a1	720 N	1.53 kN	-3.01 kN	0 kNm	0 kNm	0 kNm	34.9%	15.1%	49.9%	49.9%
0.9D - 0.3Ex + Ey - Ez			C2/a1	-720 N	1.53 kN	-3.01 kN	0 kNm	0 kNm	0 kNm	34.9%	15.1%	49.9%	49.9%
0.9D + 0.3Ex - Ey - Ez			C2/a1	720 N	1.53 kN	3.01 kN	0 kNm	0 kNm	0 kNm	98.9%	15.1%	113.9%	113.9%
0.9D - 0.3Ex - Ey - Ez			C2/a1	-720 N	1.53 kN	3.01 kN	0 kNm	0 kNm	0 kNm	98.9%	15.1%	113.9%	113.9%
0.9D + Ex + 0.3Ey - Ez			C2/a1	2.41 kN	1.53 kN	-900 N	0 kNm	0 kNm	0 kNm	91.9%	25.4%	117.3%	117.3%
0.9D - Ex + 0.3Ey - Ez			C2/a1	2.41 kN	1.53 kN	-900 N	0 kNm	0 kNm	0 kNm	91.9%	25.4%	117.3%	117.3%
0.9D + Ex - 0.3Ey - Ez			C2/a1	2.41 kN	1.53 kN	-900 N	0 kNm	0 kNm	0 kNm	91.9%	25.4%	117.3%	117.3%
0.9D - Ex - 0.3Ey - Ez			C2/a1	2.41 kN	1.53 kN	900 N	0 kNm	0 kNm	0 kNm	111.1%	25.4%	136.4%	136.4%

* Kontroller Rawlplug R-HPT-II M10 klipsli dübel için gerçekleştirilmiştir.

- Bu bölüme kadar yapılan tüm hesaplamalarda **rüzgar yükü** değerinin **deprem yükü** değerine **görece daha yüksek olduğunu** hatırlıyoruz.

Rüzgar yükü kombinasyonu tasarım kriterlerini sağlarken
(etki / kapasite oranı: %65)
deprem yükü kombinasyonlarında neden
etki / kapasite oranı **tasarım kriterlerinin üzerine (%216)**
çıktı?

- Deprem durumunda betonun çatlak seviyesinin artması ile art-montajlı ankrajların (mekanik / kimyasal) betona tutunması zorlaşır.
- Art-montajlı ankrajların **statik-yarı statik durum** ve **sismik durum** için test edilmiş **farklı sıyrılma dayanımları mevcuttur.**
- Statik-yarı statik** dayanımlar ile sismik dayanım değerleri arasında mertbe farkı olabilir.
- Başka bir deyişle, **‘statik-yarı statik yükler’** ve **‘sismik yükler’** **farklı kapasite oranları ile değerlendirilirler.**
- Her ankraj ürününün performans değerleri bağımsız test laboratuvarlarından alınmış **ETA (Avrupa Teknik Değerlendirmesi)** belgesinde yer alır.
- Farklı marka-model ankraj elemanlarının aynı boyutlardaki dayanım mukayesinde dahi mertbe farkı olabilir.

$\frac{Yük_{statik-yarı\ statik}}{Kapasite_{statik-yarı\ statik}}$

$\frac{Yük_{sismik,kombinasyon}}{Kapasite_{sismik}}$

ANKRAJLARDA STATİK VE SİSMİK HESAP MUKAYESİNE DETAYLI BAKIŞ

Seminerin
Amacı

Standartlar

Yükler / Yük
Birleşimleri

Rüzgar
Yükleri

Deprem
Yükleri

Yapısal
Model
Örneği

Plaka
Tasarımı

Ankraj
Tasarımı

Slotlu Plaka
Yeni Çözüm

1.2(D) + 1.6(W+) Kombinasyonunda Ankraj Çekme-Kesme Yükleri Dağılımı ve Sıyırılma Kontrolü

The decisive load variant - Loads static/quasistatic (1.2D + 1.6W(+))
Resulting anchor forces

Anchor	N [kN]	V [N]	V _x	V _y [N]
1	3.442	712.5	-	-712.5
2	3.442	712.5	-	-712.5
3	4.758	712.5	-	-712.5
4	4.758	712.5	-	-712.5

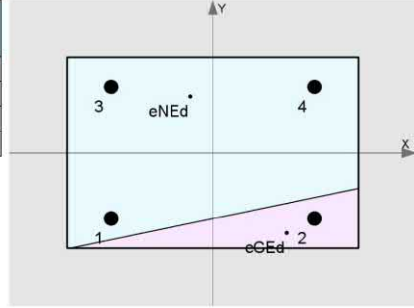
Max. concrete compressive stress: 0 Pa

eNEd - Resulting tension force in (0 mm, 7 mm): 16.4 kN

N - Tension force
V - Shear force
V_x - Shear force x
V_y - Shear force y

Pull-out calculated for anchor: 3	β _{N2} = 65.1%
--------------------------------------	-------------------------

N _{Ed} ≤ $\frac{N_{Rk,p} \cdot \psi_c}{\gamma_{Mp}}$	N _{Rk,p}	ψ _c	γ _{Mp}	N _{Ed}
9 kN	1.22	1.5	7.32 kN	4.76 kN



Ankrajlardaki
maksimum
çekme yükü:
4,76 kN

1.2D + Ex - 0.3Ey + Ez Kombinasyonunda Ankraj Çekme-Kesme Yükleri Dağılımı ve Sıyırılma Kontrolü

The decisive load variant - Loads under seismic action (1.2D + Ex - 0.3Ey + Ez)
Resulting anchor forces

Anchor	N _{C2/a1} [kN]	V _{C2/a1} [kN]	V _{x,C2/a1} [N]	V _{y,C2/a1} [N]
1	582.5 N	1.052	602.5	-862.5
2	-	1.052	602.5	-862.5
3	4.209	1.052	602.5	-862.5
4	3.049	1.052	602.5	-862.5

Max. concrete compressive stress: 3.311 MPa

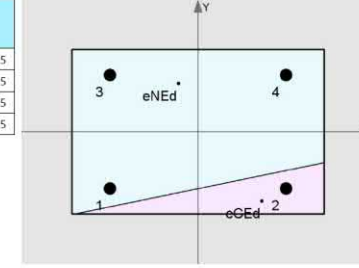
eNEd - Resulting tension force in (-16 mm, 38 mm): 7.84 kN

eCEd - Resulting compression force in (51 mm, -55 mm): 4.4 kN

N_{C2/a1} - Tension force
V_{C2/a1} - Shear force
V_{x,C2/a1} - Shear force x
V_{y,C2/a1} - Shear force y

Pull-out calculated for anchor: 3	β _{N2,seis,C2} = 179.1%
--------------------------------------	----------------------------------

N _{Ed,eq} ≤ $\frac{N_{Rk,p,eq} \cdot \psi_c \cdot \delta_{N,req(DLS)}}{\gamma_{Mp,eq}}$	N _{Rk,p,eq}	ψ _c	γ _{Mp,eq}	δ _{N,req(DLS)}	δ _{N,eq(DLS)}	N _{Ed,eq}
0.85	2.89 kN	1.22	1.5	2.8 mm	2.8 mm	2.35 kN



Ankrajlardaki
maksimum
çekme yükü:
4,21 kN

%12 daha az yük (etki) olmasına rağmen

$$\frac{Yük_{statik-yarı statik}}{Kapasite_{statik-yarı statik}} = \frac{4,76}{7,32} = \%65 \quad \checkmark$$

$$\frac{Yük_{sismik,kombinasyon}}{Kapasite_{sismik}} = \frac{4,21}{2,35} = \%179 \quad \times$$

* Kontroller Rawlplug R-HPT-II M10 klipsli dübel için gerçekleştirilmiştir.

!!! sismik durumda %68 kapasite düşüşü !!!

Nihai olarak; **ankraj tasarımının** sadece **daha yüksek ankraj çekme kuvvet değerleri** oluşturan **rüzgar yüklerine** göre gerçekleştirilmesi, **güvenli olmayan** sonuçlar yaratabilmektedir!

Sismik yükler de muhakkak dikkate alınmalıdır!

Tasarım koşullarının sağlanabilmesi için ;

- ✓ aynı ankraj modelinin daha büyük çapları (ör: M10→M12 / M16) ya da
- ✓ aynı çapta (M10) daha yüksek sismik kapasiteye sahip farklı ankraj modelleri kullanılabilir. → → → → →



* Kontroller Rawlplug R-HPT-II M10 klipsli dübel için gerçekleştirilmiştir.

YÜKSEK DAYANIMLI ANKRAJ TERCİHİ İLE ÇÖZÜM ARAYIŞI

Seminerin Amacı
Standartlar
Yükler / Yük Birleşimleri
Rüzgar Yükleri
Deprem Yükleri
Yapısal Model Örneği
Plaka Tasarımı
Ankraj Tasarımı
Slotlu Plaka Yeni Çözüm

Daha yüksek kapasite (sıyırılma) değerine sahip farklı ankraj modeli (R-HPT-III) ile tasarımın yinelenmesi durumu Etki / Kapasite Oranları Özeti

Load variants													
File Edit													
Variant	Max		Loads	V _x	N	V _y	M _x	M _y	M _z	Tension	Shear	Combined	Total
1.4D			Design action,	0 kN	0 kN	-3.32 kN	0 kNm	0 kNm	0 kNm	33.7%	5.1%	20.1%	33.7%
1.2D + 1.6W(+)	✓		Design action,	0 kN	16.4 kN	-2.85 kN	0 kNm	0 kNm	0 kNm	58.9%	4.4%	45.6%	58.9%
1.2D + 1.6W(-)			Design action,	0 kN	-11.78 kN	-2.85 kN	0 kNm	0 kNm	0 kNm	N/A	4.4%	N/A	4.4%
1.2D + 0.3Ex + Ey + Ez			C2/a1	720 N	-3.01 kN	-3.45 kN	0 kNm	0 kNm	0 kNm	40.7%	18%	49.4%	49.4%
1.2D - 0.3Ex + Ey + Ez			C2/a1	-720 N	-3.01 kN	-3.45 kN	0 kNm	0 kNm	0 kNm	40.7%	18%	49.4%	49.4%
1.2D + 0.3Ex - Ey + Ez			C2/a1	720 N	3.01 kN	-3.45 kN	0 kNm	0 kNm	0 kNm	63.2%	18%	71.9%	71.9%
1.2D - 0.3Ex - Ey + Ez			C2/a1	-720 N	3.01 kN	-3.45 kN	0 kNm	0 kNm	0 kNm	63.2%	18%	71.9%	71.9%
1.2D + Ex + 0.3Ey + Ez			C2/a1	2.41 kN	-900 N	-3.45 kN	0 kNm	0 kNm	0 kNm	56.3%	21.5%	66.6%	66.6%
1.2D - Ex + 0.3Ey + Ez			C2/a1	-2.41 kN	-900 N	-3.45 kN	0 kNm	0 kNm	0 kNm	56.3%	21.5%	66.6%	66.6%
1.2D + Ex - 0.3Ey + Ez	✓		C2/a1	2.41 kN	900 N	-3.45 kN	0 kNm	0 kNm	0 kNm	63%	21.5%	73.3%	73.3%
1.2D - Ex - 0.3Ey + Ez			C2/a1	-2.41 kN	900 N	-3.45 kN	0 kNm	0 kNm	0 kNm	63%	21.5%	73.3%	73.3%
0.9D + 0.3Ex + Ey - Ez			C2/a1	720 N	-3.01 kN	-1.53 kN	0 kNm	0 kNm	0 kNm	12.3%	8.7%	16.4%	16.4%
0.9D - 0.3Ex + Ey - Ez			C2/a1	-720 N	-3.01 kN	-1.53 kN	0 kNm	0 kNm	0 kNm	12.3%	8.7%	16.4%	16.4%
0.9D + 0.3Ex - Ey - Ez			C2/a1	720 N	3.01 kN	-1.53 kN	0 kNm	0 kNm	0 kNm	34.8%	8.7%	38.9%	38.9%
0.9D - 0.3Ex - Ey - Ez			C2/a1	-720 N	3.01 kN	-1.53 kN	0 kNm	0 kNm	0 kNm	34.8%	8.7%	38.9%	38.9%
0.9D + Ex + 0.3Ey - Ez			C2/a1	2.41 kN	-900 N	-1.53 kN	0 kNm	0 kNm	0 kNm	32.3%	14.6%	42.6%	42.6%
0.9D - Ex + 0.3Ey - Ez			C2/a1	-2.41 kN	-900 N	-1.53 kN	0 kNm	0 kNm	0 kNm	32.3%	14.6%	42.6%	42.6%
0.9D + Ex - 0.3Ey - Ez			C2/a1	2.41 kN	-900 N	-1.53 kN	0 kNm	0 kNm	0 kNm	32.3%	14.6%	42.6%	42.6%
0.9D - Ex - 0.3Ey - Ez			C2/a1	-2.41 kN	900 N	-1.53 kN	0 kNm	0 kNm	0 kNm	39.1%	14.6%	49.3%	49.3%

* Kontroller Rawlplug R-HPT-III M10 klipsli dübel için gerçekleştirilmiştir.

- Ön tasarımda kullanılan ankraj elemanı ile **aynı çapta (M10)** fakat **sismik performans değeri x2,85 katı** olan farklı bir ankraj elemanı ile hesaplar tekrarlanarak tasarım koşulları sağlanmıştır.

Ankraj elemanları aynı boyutta (çapta), hacimde, ağırlıkta ve benzer görünüşlerde olmasına rağmen **statik ve özellikle sismik performansları arasında merteye farklılıkları olabilmektedir.**

Kapasite değerleri görsel olarak tespit / tahmin edilemez!

Bir ankraj modelinin M10 çapta sağladığı kapasiteyi farklı bir ankraj modeli M16 çapta sağlayamayabilir!

Ankraj boyutlandırması yapısal güvenlik açısından çok kritik önem kazanmaktadır.



R-HPT-III M10 -
Sismik – Sıyırılma
Tasarım Kapasitesi :
6.69 kN

R-HPT-II M10 -
Sismik – Sıyırılma
Tasarım Kapasitesi :
2.35 kN

SLOTLU PLAKALARDA KAYICILIĞI ÖNLEYEN MEVCUT ÇÖZÜM ÖRNEKLERİ

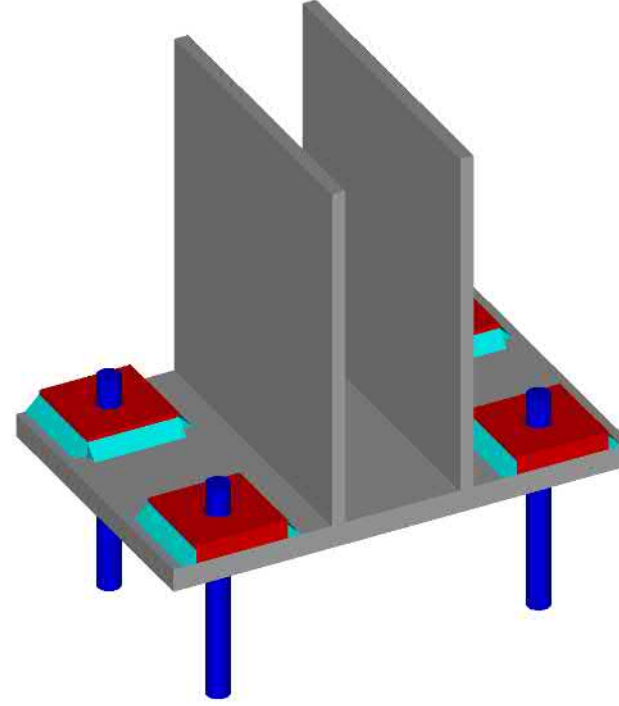
Seminerin Amacı
Standartlar
Yükler / Yük Birleşimleri
Rüzgar Yükleri
Deprem Yükleri
Yapısal Model Örneği
Plaka Tasarımı
Ankraj Tasarımı
Slotlu Plaka Yeni Çözüm

1. Tırtıklı Plaka Yüzeyi + Tırtıklı Pul Plaka



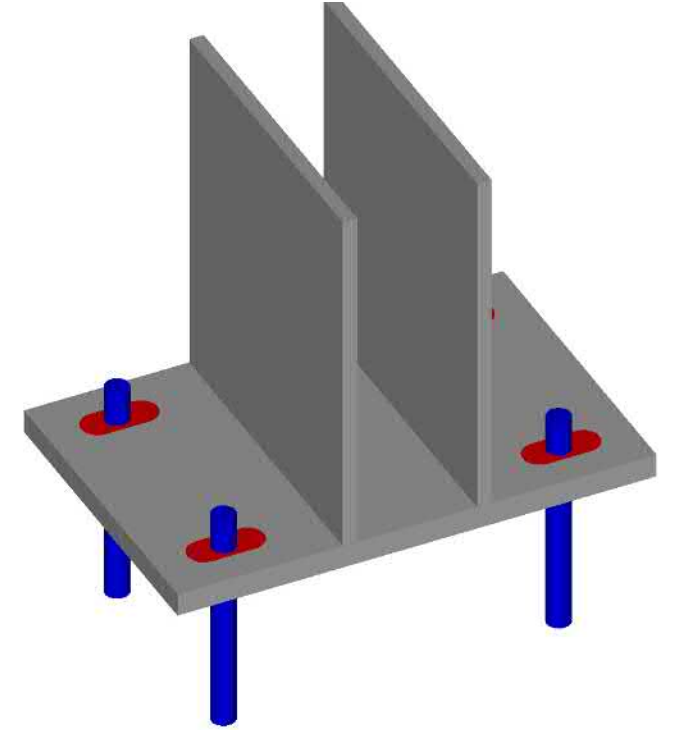
- Pratik uygulama
- Yüksek maliyet

2. Pul / Plaka Kaynatmak



- Saha uygulama zorluğu (kaynak)
- Plaka kaplamasına zarar verme

3. Boşluğun Kimyasal Ankraj ile Doldurmak



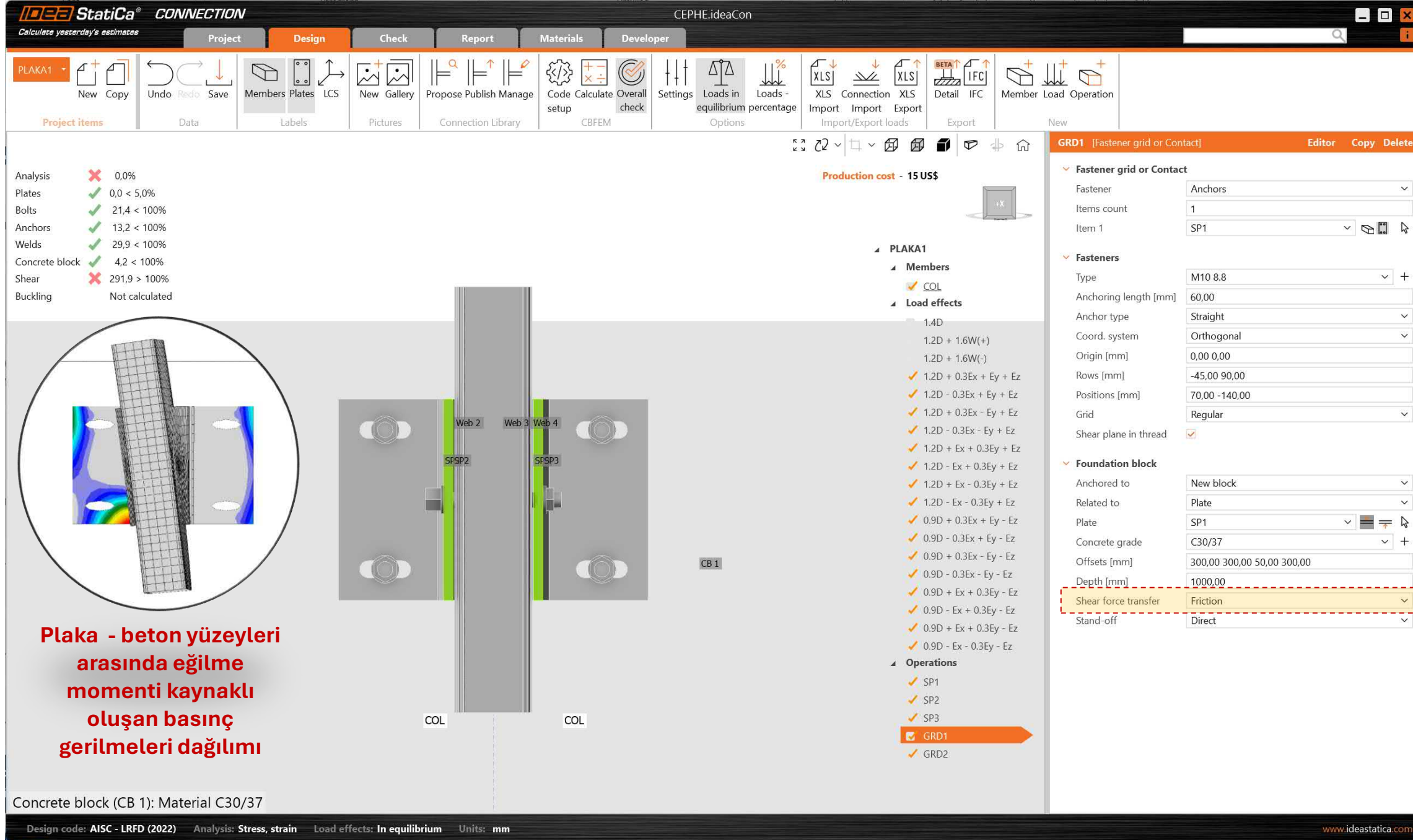
- Sahada uygulama zorluğu
- Maliyetli özel dolgu kiti gereksinimi

Yukarıda belirtilen muhtelif uygulama zorlukları ve ilave maliyetler nedeniyle, çoğunlukla uygulanmadıkları bilinmektedir.

SLOTLU PLAKA DAVRANIŞININ DETAYLI İNCELEMESİ

BETON-PLAKA YÜZEYİ BASINÇ GERİLMESİ KAYNAKLI SÜRTÜNME DAYANIMININ STABİLİTE KATKISININ ANALİZİ

Seminerin Amacı
Standartlar
Yükler / Yük Birleşimleri
Rüzgar Yükleri
Deprem Yükleri
Yapısal Model Örneği
Plaka Tasarımı
Ankraj Tasarımı
Slotlu Plaka Yeni Çözüm



- Kesme kuvvetlerinin ‘beton – plaka yüzeyleri arasındaki sürtünme’ (*friction*) tarafından karşılanması prensibine göre sistem kontrol edildiğinde;
- Eğilme momentlerinin yarattığı basınç gerilmeleri **sürtünme dayanımı yaratmaktadır**
- Ancak kesme kuvvetlerini karşılayacak **büyükte bir sürtünme dayanımı oluşmamaktadır!**

Plaka üzerinde oluşturulabilecek **ilave basınç gerilmeleri** sürtünme dayanımını destekleyebilir!

SLOTLU PLAKLARDA STABİLİTEYİ DESTEKLEYECEK ÇÖZÜM ARAYIŞI

Seminerin Amacı

Plaka üzerinde oluşturulabilecek ilave basınç gerilmeleri sürtünme dayanımını destekleyebilir!

Standartlar

Yükler / Yük Birleşimleri

Ankrajlara öngerme uygulamak bir Çözüm olabilir mi?

Rüzgar Yükleri

Klipsli dübeller, tork-kontrollü ankrajlardır ve mertebeye yüksek olmayan bir kurulum tork değeri uygulanabilir.

Deprem Yükleri

Fazla tork uygulanması öngerme yaratırken, ankrajın klips yapısına zarar vererek ankraj dayanımını negatif etkilemektedir.

Yapısal Model Örneği

Ör: R-HPT-III M10 Kurulum torku : 30 Nm

Plaka Tasarımı

Ankraj Tasarımı

Slotlu Plaka Yeni Çözüm



Table B1 - Installation parameters for standard embedment depth

Type	Drill hole diameter d_0 [mm]	Maximum cutting diameter $d_{cut,max}$ [mm]	Nominal embedment depth h_{nom} [mm]	Min. hole depth h_0 [mm]	Max. hole diameter in fixture d_f [mm]	Maximum installation torque $T_{imp,max}$ [Nm]
R-HLX 10	10	10,45	85	95	14	1000
R-HLX 12	12	12,45	100	110	16	1000
R-HLX 14	14	14,45	115	125	18	1000

Vida dübeller, tork kontrollü ankrajlar değildir.

Çelik üretim kalitesinin müsaade ettiği ve ETA (Avrupa Teknik Değerlendirmesi) belgesince tanımlanmış maksimum kurulum değerince tork uygulanabilir.

Ör: R-HLX M10

Maks. Kurulum Torku: 1000 Nm

ETA belgesinde 1000 Nm maksimum kurulum torkuna sahip vida dübele, 30Nm kurulum torkuna sahip klipsli dübele kıyasla x30 öngerme uygulamak mümkündür.

Table B1: Installation parameters for R-HPT III

		R-HPT III				
		M8	M10	M12	M16	M20
Nominal drill hole diameter	d_0 [mm]	8	10	12	16	20
Maximum diameter of clearance hole in the fixture	d_f [mm]	9	12	14	18	22
Cutting diameter of drill bit	d_{cut} [mm]	8,45	10,45	12,50	16,50	20,55
Minimum effective anchorage depth	$h_{ef,min}$ [mm]	33	40	50	65	80
Maximum effective anchorage depth	$h_{ef,max}$ [mm]	70	100	125	160	180
Thickness of the fixture	t_{fix} [mm]	$L-h_{nom}-t_{fw}$				
	t_{fw} [mm]	10	10	15	20	24
Nominal embedment depth	h_{nom} [mm]	$h_{ef} + 7$	$h_{ef} + 8$	$h_{ef} + 10$	$h_{ef} + 13$	$h_{ef} + 17$
Depth of drill hole	h_0 [mm]	$h_{ef} + 12$	$h_{ef} + 13$	$h_{ef} + 18$	$h_{ef} + 25$	$h_{ef} + 30$
Installation torque	T_{ins} [Nm]	15	30	50	80	180

Matematiksel modele nasıl yansıtabiliriz?

→ → → → → →

ÖNGERME UYGULANABİLEN VİDA DÜBELLER İLE SLOTLU PLAKLARDA STABİLİTEYİ DESTEKLEYECEK ÇÖZÜM ARAYIŞI

Seminerin Amacı

Standartlar

Yükler / Yük Birleşimleri

Rüzgar Yükleri

Deprem Yükleri

Yapısal Model Örneği

Plaka Tasarımı

Ankraj Tasarımı

Slotlu Plaka Yeni Çözüm



* Kontroller Rawlplug R-HPT-II M10 klipsli dübel için gerçekleştirilmiştir.

Cephe Sistemlerinde Ankraj ve Ankraj Plakası Tasarımı | Cem Özcan

1 Ankrajların izdüşümlerinde, 22mm çaplı ($t=3\text{mm}$) boru profiler **eleman (member)** olarak eklenmiş ve plaka kaynatılmıştır.

Böylelikle ankrajların izdüşümünde manuel basınç kuvveti uygulanabilecek elemanlar (profiller) oluşturulmuş olur.

2 Yük birleşimlerinin her birinin içerisine eklenen “M2 – M3- M4- M5” profillerine **5 kN basınç kuvveti** uygulanmıştır.

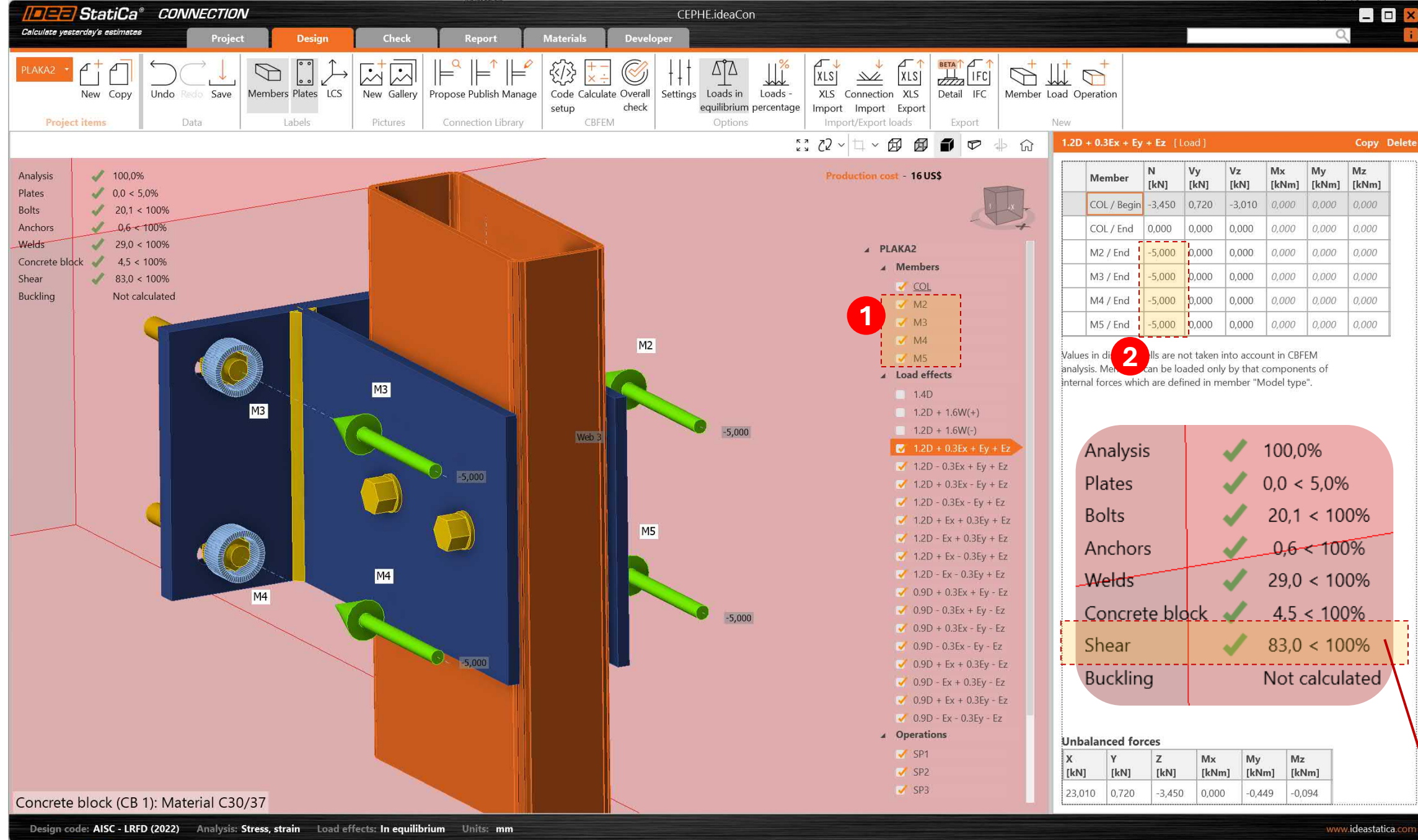
Vida dübellere uygulanan **tork (T)** değerlerinin **ankraj kesitinde yarattığı çekme kuvveti**, başka bir **deyişle plaka ile beton arasında yarattığı basınç kuvveti (P - clamping forces)** henüz **nümerik olarak formülize edilmemiştir.**

(2025 yılında testlerle desteklenmesi planlanmaktadır.)

Dolayısıyla güvenli tarafta kalmak üzere, **ankraj çelik kapasitesinin %10'u** mertebesinde bir değer, oluşacak **basınç kuvveti olarak kabul edilmiştir.**

Örn: R-HLX M10 vida dübel karakteristik çelik dayanımı 54,3 kN'dur. Öngerme kuvveti 5 kN olarak kabul edilmiştir.

Matematiksel model çalışması, ankrajlara uygulanan **öngerme kuvvetinin** sistem stabilitesine katkı sağladığını göstermektedir.



ÖNGERME UYGULANABİLEN VİDA DÜBELLER İLE SLOTLU PLAKLARDA STABİLİTEYİ DESTEKLEYECEK ÇÖZÜM ARAYIŞI

Seminerin Amacı
Standartlar
Yükler / Yük Birleşimleri
Rüzgar Yükleri
Deprem Yükleri
Yapısal Model Örneği
Plaka Tasarımı
Ankraj Tasarımı
Slotlu Plaka Yeni Çözüm

*UYGULAMALI
OLARAK BİRLİKTE
GÖRELİM...*



* Kontroller Rawlplug R-HPT-II M10 klipsli dübel için gerçekleştirilmiştir.



TMMOB
İNŞAAT MÜHENDİSLERİ ODASI
İSTANBUL ŞUBESİ

CEPHE
SİSTEMLERİNDE
ANKRAJ ve ANKRAJ
PLAKASI TASARIMI

SORU & CEVAP



TMMOB
İNŞAAT MÜHENDİSLERİ ODASI
İSTANBUL ŞUBESİ

Seminer dokümanlarını
indirmek için:



<https://bit.ly/4iyDdYs>

Teşekkürler

Cem ÖZCAN

Yük. İnş. Müh.

Rawlplug Türkiye Mühendislik Müdürü

RAWLPLUG®

+90 532 498 97 81

cemozcan00@gmail.com

cem.ozcan@rawlplug.com