

BURKULMASI ÖNLENMİŞ ÇAPRAZLAR

CoreBrace LLC Mühendislik Birimlerinden Sorumlu Başkan Yardımcısı Maria Chumbita, güvenilir deprem performansı, optimize edilmiş tasarım ve ekonomik çözümlerle kullanım alanı her geçen gün genişleyen Burkulması Önlenmiş Çaprazlar'a değindi.

Yazı: Tasarım Mühendisi Maria Chumbita, CoreBrace
Çeviri: İnş. Yük. Müh. Yunus Alp, CoreBrace Türkiye

Burkulması Önlenmiş Çaprazlar (BÖÇ), rijitlik, montaj kolaylığı ve malzeme verimliliği açısından normal çelik çaprazların tüm avantajlarını sunan özel yapısal elemanlar olup, aynı zamanda çevrimsel yükler altında, testlerle doğrulanmış stabil ve güvenilir bir enerji sönmüleme davranışı göstermektedir. Bu davranış, mühendislik açısından benzersiz bir konfigürasyon ve tasarımla bu elemanların global burkulmasının önlenmesi ile elde edilmektedir.

GENEL BAKIŞ

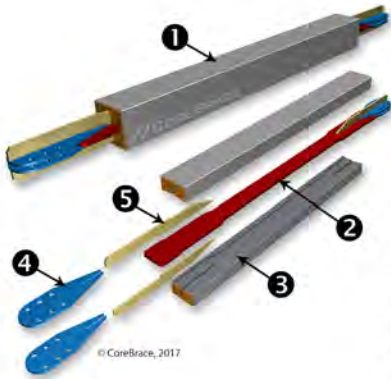
BÖÇ'ler, önemli derecede doğrusal olmayan şekil değiştirme taleplerine dayanması beklenen çelik çekirdek plakalar içermektedir. Çelik çekirdek, eleman boyunca sürekli olarak devam eden, sargı görevi gören bir mekanizma tarafından sıkıca desteklenir, bu nedenle

elemanın stabilitesini bozacak etkiler ortadan kaldırılır ve çaprazın hem çekme hem de basınç etkisinde tam akma kapasitesine ulaşmasına izin verilir. Bu sargılama mekanizması çaprazı saran bir kılıftan oluşmaktadır ve BÖÇ'ün tasarımına bağlı olarak sargılama mekanizmasının şekli farklılık gösterebilir. Kılıf sargılamayı sağlarken aynı zamanda çelik çekirdekle herhangi bir kompozit etkileşim olmadan çaprazın çalışmasını sağlar. Sonuçta, eksenel çekme ve basınç kuvvetlerinin karşılandığı çelik çekirdek ve çelik çekirdeğin stabilitesini (burkulmamasını) sağlayan kılıf bileşenlerinden oluşan; dengeli histeretik davranış, büyük ve sürdürülebilir süneklik sağlayan davranış elde edilir. Bu özellikler BÖÇ'leri, deprem yükü gibi çevrimsel yükler için ideal bir taşıyıcı sistem seçeneği haline getirir.

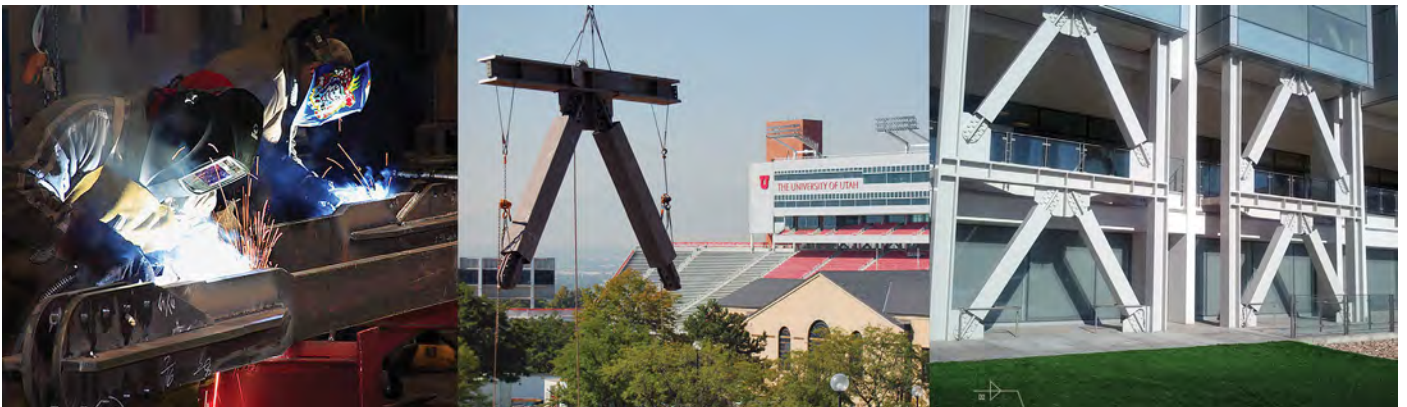
AVANTAJLAR

BÖÇ'lerin birçok uygulaması bulunsa da en yaygın kullanımı Merkezi Çaprazlı Çelik Çerçeve (MÇÇÇ) olarak kullanılmasıdır. BÖÇ'lerin eklenmesiyle MÇÇÇ'ler, Burkulması Önlenmiş Çaprazlı Çelik Çerçeveler (BÖÇÇÇ) haline gelir. Özellikle deprem yükleri altında, BÖÇÇÇ sistemleri geleneksel MÇÇÇ'lere göre bir dizi avantaj sunar. En önemli avantajlardan bazıları şunlardır:

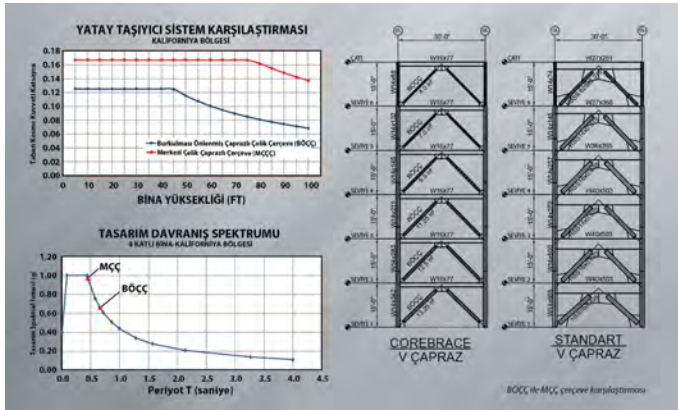
1. Boyutlandırmada Optimizasyon: Genellikle stabilite problemlerinden dolayı basınç yüklerinin tasarımı domine ettiği MÇÇÇ'lerin aksine, BÖÇÇÇ'lerde hem basınç hem de çekme yükleri altında stabilite problemi yaşamadan çelik çekirdeğin akması sağlanarak tasarım yapılmaktadır. Bu da çelik çekirdek plakasının minimize edilmesine ve



1. Kılıf Gövde – Burkulma Önleyici
2. Çelik Çekirdek – Eksenel Yük (Basınç & Çekme) Taşıyıcı
3. Harç/Gövde Dolgusu
4. Uç Bağlantılar
5. Takviye Plakalar



geleneksel çelik çerçeve tasarımıyla ilişkilendirilen aşırı mukavemet taleplerinin önemli ölçüde azalmasına olanak tanır.



2. Daha Fazla Süneklik: Deprem tasarımında geleneksel çelik çaprazların kullanımı, basınç yükleri altında çaprazların global burkulması ile enerji yutulması mekanizmasına dayanmaktadır. Çaprazların burkulması esnasında dayanım ve rijitliklerinin ani olarak azalması tasarımlarını çok zorlaştırmaktadır. Bunun aksine, BÖÇÇ'ler, çelik çekirdek boyunca, çelik çekirdeğin hem çekme kuvveti hem de basınç kuvveti altında akmasıyla enerji yutulmasına dayanır, bu da daha fazla süneklik ve sistemin güvenilir performansını sağlar. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY 2018) dâhil, bazı deprem yönetmelikleri, bu farklılığı göz önünde bulundurarak BÖÇÇ kullanılarak tasarlanan yapıların deprem tasarım yüklerinin görece daha azaltılmasına izin vermektedir (daha yüksek taşıyıcı sistem davranış katsayısı, "R"). Bu da dolayısıyla daha az çerçeve elemanı, daha az tonaj ve daha küçük temel boyutu elde edilmesini sağlamaktadır.

3. Malzeme Tasarrufu: Depreme dayanıklı yapı tasarımı genellikle kapasite tasarımı yaklaşımı kullanılarak yapılır. Bu, doğrusal olmayan şekil değiştirmelerin ve enerji yutmanın belirli elemanlarda yoğunlaşacağı ve sistemin geri kalanının bu elemanların maksimum geliştirebileceği kapasitelerinden daha güçlü olacak şekilde tasarlanacağı anlamına gelir. BÖÇ'lerde ise çelik çekirdek bölgesinin dayanımı stabilize problemleri olmadığı için azalmayacak ve bu yüzden geleneksel çelik çaprazlara kıyasla BÖÇ'lerin çekme kapasitesi ve basınç kapasitesi birbirlerine daha yakın olacaktır. Yapının geri kalanı (bağlantılar, çerçeve elemanları, taban plakaları, vb.) daha düşük çelik tonajı ve maliyet tasarrufu anlamına gelen, söz konusu daha düşük taleplerden faydalanır.

4. Güvenilir Performans: BÖÇ'lerin beklenildiği gibi davrandığını doğrulamak için farklı boyutlar, bağlantılar, uzunluklar ve özel konfigürasyonlar için yüzlerce tam ölçekli test yapılmıştır. Tasarım parametreleri bu testlerden türetilmiştir ve tasarımcıların yapısal analizde doğru davranışı yakalamalarına yardımcı olur.

5. Özelleştirme ve Çeşitlilik: BÖÇ'ler her projenin özelliklerine göre uyarlanabilir. Böylece her durumda

en uygun boyutlandırma, bağlantı seçenekleri ve estetik konfigürasyon mümkün olur. Ayrıca, çekirdek alanı kapasite ve rijitliği tanımlama ve kontrol etme kabiliyeti BÖÇ'lerin diğer mühendislik malzemeleriyle birlikte kullanılması için tasarlanmasına ve özellikle güçlendirme uygulamalarında kullanışlı olmasına olanak tanır.

6. Kolay Tasarım ve Dokümantasyon: BÖÇÇ tasarımı çoğu popüler yapısal analiz yazılım paketinde bulunur ve BÖÇ üreticileri genellikle sözleşme belgelerine sistemi uygulamak ve entegre etmek için tasarım destek hizmetleri sunar. BÖÇ'leri BIM modellemesine dâhil etmek için araçlar da mevcuttur.

7. İzleme: Zaman tanım alanında deplasman kaydı tutan maliyet avantajı ve kullanımı kolaylığı olan deplasman ölçerler kullanılarak (örneğin, CoreBrace reCOREder) ve yorulma testi protokolleri temel alınarak BÖÇ kullanım ömrü tahmini modelleri geliştirilmiştir. Bu özellikler deprem sonrası tahribatsız değerlendirmelere yardımcı olur ve BÖÇ'lerin kullanılmış ve geriye kalan kapasitesini zamanında tahmin etmeye yardımcı olur.

8. Tam Denetimli Üretim: BÖÇ elemanlar, en yüksek kalite standartlarına uyumun gerektirdiği ve sektörün yetkili makamları tarafından sertifikalanan (AISC, vb.) üretim süreç yönetim sistemlerinin uygulandığı fabrikalarda üretilmektedir.



UYGULAMALAR

BÖÇ'ler, enerji sönümlenme bileşeni olmanın yanı sıra, benzersiz özellikleri göz önüne alındığında, çeşitli amaçlara uyum sağlamak için çeşitli farklı konfigürasyonlarda kullanılmıştır. Aşağıda bazı benzersiz kullanımlara birkaç örnek verilmiştir:

1. Rüzgâr Yükleri Altında Yapı Ötelenmelerini Azaltmak İçin Dış Destek Sistemleri (Outrigger): BÖÇ'lerin çekirdek alanının ne kadar olacağını belirlemek, BÖÇ'lerin bağlandığı taşıyıcı sistem elemanlarına ne kadar kuvvet iletileceğini kontrol etmek, bu tür elemanları taşıyıcı sisteme dâhil etmek ve aşırı yüklenmelerini önlemek sistemin bir avantajıdır. Bir doğrultuda narin olan, betonarme perdelerle teşkil edilmiş çekirdeği olan binalarda, taşıyıcı sistem elemanlarını birbirlerine entegre etme amacıyla yaygın olarak kullanılır.

Farklı seviyelerde BÖÇ'lerle çevre kolonlarına bağlantı sistemin rüzgâr yükleri için rijitliğini etkili bir şekilde artırabilir ve narin doğrultuda yer değiştirmelerin azaltılmasına yardımcı olabilir. Yükler BÖÇ'lerin akma kapasitesini aşan seviyelere ulaştığında (örneğin, deprem etkisi), aynı kolonlar aşırı devrilme taleplerinden korunacaktır. İzmir'deki Mistral kuleleri, bu kapsamda uygulamaya bir örnektir.



2. Dışarıdan Yapılacak Güçlendirmeler: Yapının güçlendirilmesi gerektiğinde ve yapı içine erişim veya alan yoksa, dış çerçeve veya perde duvar oluşturmak ve BÖÇ'leri mevcut yapıya bağlamak için bir çözüm olabilir. Bu durumda BÖÇ'ler genellikle yatay olarak teşkil edilir ve bağlı yapılar arasındaki kuvvetlerin aktarılmasında rijitlik ve süneklik sağlar. Başka bir seçenek BÖÇ'leri çapraz bir konfigürasyonla orijinal yapıya bağlamak ve BÖÇ'lerin alt ucunu yeni temellere bağlamaktır.





aşan bir yükü aktarmadan önce akacak ve daha fazla yük aktarımı mümkün olmayacaktır.



4. Prefabrik (Tilt-up) Yöntemi ile İnşa Edilen Ambar Binaları: Tilt-up inşaatın sünekliği ve dolayısıyla deprem performansı BÖÇ'lerin kullanımıyla önemli ölçüde artırılabilir. Bu tür binaların tipik konfigürasyonunda geleneksel çaprazlar kullanıldığında çok uzun boylar dolayısıyla global burkulma modu hakim olacağından büyük kesitler ortaya çıkmaktadır. BÖÇ'ler bu sorunları ortadan kaldırarak malzeme optimizasyonuna olanak tanır.



3. Genel Yük ve Deformasyon Kontrolü: BÖÇ çekirdek alanı ve rijitliğinin kalibrasyonu, ilave süneklik ve enerji sönmüleme kabiliyeti ile BÖÇ'leri gerekli yerlerde deformasyon ve yük aktarım kontrolü için uygun maliyetli bir çözüm haline getirir. BÖÇ'ler, projeye özel gereksinimleri karşılamak için yatay ve dikey konfigürasyonlarda kullanılmış ve yapı içinde uygun konumlarda bulunan yapısal elemanlara bağlanmıştır. Örneğin San Francisco Uluslararası Havaalanı'nın kontrol kulesi, yatay BÖÇ'lerle alçak bir çatı diyaframına bağlanmıştır ve böylelikle BÖÇ'ler diyaframın kapasitesini

SONUÇ

Bu yazıda sunulan, bu çok yönlü ve güvenilir cihazların bazı kullanımlarına ve avantajlarına kısa bir giriş niteliğindedir. Yeni uygulamalar sürekli olarak geliştirilmekte ve projenin gerektirdiği güvenilir deprem performansı, optimize edilmiş tasarım ve ekonomik pratik çözümlerle kullanım alanı genişlemektedir. Dünyanın önde gelen BÖÇ üreticilerinin Ar – Ge ve üretim süreçleri en katı standartları karşılamaktadır ve çeşitli yapısal durumlara yönelik yenilikçi çözümler sunmak için sürekli olarak çalışmaktadırlar.