



MAKÜ FEBED
ISSN Online: 1309-2243
<http://dergipark.ulakbim.gov.tr/makufebed>

Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 6(1): 43-47 (2015)
The Journal of Graduate School of Natural and Applied Sciences of Mehmet Akif Ersoy University 6(1): 43-47 (2015)

Derleme Makale / Review Paper

Kompozit Yapı Sistemlerinin İncelenmesi

Gülhan İNCE¹, Hüseyin Hakan İNCE¹, Fatih KAYA^{2*},

¹Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Burdur
²Turgut Özal Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Ankara

Geliş Tarihi (Received): 10.12.2015, Kabul Tarihi (Accepted): 30.12.2015

✉ Sorumlu Yazar (Corresponding author): fkaya@turgutozal.edu.tr

☎ +90 312 5515481 📠 +90 312 5515019

ÖZ

Kompozit yapı sistemleri, yapı ağırlığını betonarme binalara göre önemli derecede azalttığı ve deprem esnasında oluşan sismik yüklere karşı koymak için gerekli olan sürekliliğin sağlanmasında oldukça iyi bir performans sağladığı için dünyada çok katlı bina uygulamalarında vazgeçilmez taşıyıcı sistemler haline gelmeye başlamıştır. Yüksek dayanımlı kompozit elemanlar; binalarda, köprü ayaklarında, endüstriyel yapılarda ve birçok alanda yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada, kompozit elemanlar ve kompozit yapı sistemlerinin avantaj ve dezavantajları, geçmişte yapılmış olan çalışmalar da irdelenerek ortaya konulmuş ve bu konuda bazı öneriler getirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kompozit kiriş, kompozit kolon, kompozit döşeme

Investigation of Composite Building Systems

ABSTRACT

Composite building systems have become an indispensable structural system of high building practices all around the world because they provide an effective reducing on the structural self-weight compared to concrete structures and a desired ductility of structures against seismic loads. High-strength composite elements; buildings, bridge piers, and industrial structures are widely used in many fields. In this study, the advantages and disadvantages of composite structures have been demonstrated by examining the works done in the past and some recommendations have been established on this subject.

Keywords: Composite beams, composite columns, composite decks

GİRİŞ

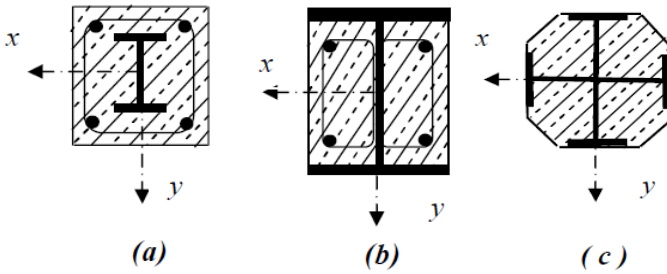
Türkiye'de giderek artan konut ihtiyacı, 17 Ağustos depremi ile birlikte artan duyarlılığa da bağlı olarak insanların güven içerisinde yaşayabilecekleri binalarda oturmak istemeleri, inşaat sektöründe önemli bir talep oluşturmuştur. Kompozit yapı sistemleri, ülkemiz koşullarında kolay bulunabilen ve inşaat uygulamalarında sık

kullanılan malzemeleri kullanmaktadır. Böylelikle de kolay bulunabilme rahatlığı ve inşaat uygulamaları sırasında ekonomi sağlanmış olur. Kompozit yapı sistemlerinde çelik kolon ve kirişler, duvarlar arasına rahatlıkla gizlenebildiği için, iç mekanların duvarlarında bozuk köşeler oluşturmamaktadır ve yangın yalıtımı çelik elemanlara göre daha kolay ve ucuz yapılabilir. Böylelikle de

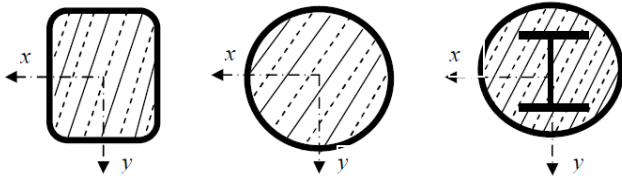
Farklı uygulama alanlarında kompozit malzemeler kullanılarak tasarımı gerçekleştirilen yapıların, hafif, kompakt, dayanıklı ve kullanım süresinin uzun olması ihtiyacı hem üretici hem de kullanıcı tarafından istenen ortak yönleridir. Bu yapılarda en önemli nokta ise, yapının birden fazla bileşenden oluşmasından dolayı bileşenlerin birleştirilmeleri gerekliliği ile yapının dayanımının sağlanması ve uzun kullanım süresine sahip olmasıdır.

KOMPOZİT KOLONLAR

Kompozit kolonlar yapı içerisinde üç farklı şekilde inşa edilmektedir; Beton içerisine gömülü çelik elemanlar, içine beton doldurulan kapalı kutu çelik kesitler ve gövde boşlukları betonla doldurulan yapısal çelik kesitler şeklinde olmaktadır (Şekil 1). Şekil 2'de içine beton doldurulan kapalı kutu şeklindeki tübüler kolon kesitleri gösterilmiştir.



Şekil 1. Beton içerisine kısmen ve tamamen gömülü tipik kolon kesitleri



Şekil 2. Tipik beton dolgulu tübüler kolon kesitleri

Mirza ve Skrabek (1992), narin kompozit kolonların taşıma gücü üzerine etkili olan parametreleri araştırmıştır. Çalışma sonuçları, narinlik oranı, yapı çeliği oranı ve dışmerkezlik parametrelerinin kolon taşıma gücü kapasitesine önemli derecede etki ettiğini göstermiştir.

Munoz ve Hsu (1997), kompozit kolonların davranışının belirlenmesi için deneysel çalışma gerçekleştirmiştir. Hazırlanmış oldukları 4 adet küçük ölçülü kısa ve narin kompozit kolonları iki eksenli eğilme ve eksenel yük altında test ederek, test sonuçlarını önermiş oldukları teorik yöntem sonuçları ile karşılaştırmışlardır. Çalışma sonucunda, kompozit kolonların taşıma gücü ve yükdeplasman eğrileri elde edilmiş ve kompozit kolon davranışı ortaya konulmuştur.

Ellobody ve Young (2011), kompozit kolonların analizi ve davranışının belirlenmesine yönelik bir yöntem önermiştir. Yöntemde, kompozit kolonlar için tam sargılı, az sargılı ve sargısız olmak üzere üç bölge belirlenmek suretiyle analizler gerçekleştirilmiştir. Önerilen yöntem ile elde edilen sonuçlar AISC ve EC4 yönetmeliği sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre, AISC yönetmeliğinin oldukça güvenli tarafta değerler verdiği vurgulanmıştır.

Roik ve Bergmann (1990), simetrik olmayan kompozit kolonların analizi için bir yöntem önermiştir. Yöntemin geçerliliğini göstermek için simetrik olmayan kompozit kolonlar üretilmiş ve test edilmiştir. Test edilen kolonlar EC4 yönetmeliğini esas alan bir yöntem ile analiz edilerek sonuçları karşılaştırılmış ve yöntemin geçerliliği ortaya konulmuştur.

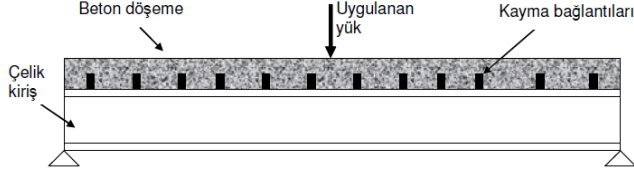
KOMPOZİT KİRİŞLER

Kompozit kirişlerin davranışını belirleyen temel parametrelerden biri, çelik kirişle beton döşeme arasındaki kesme kuvveti transferinin miktarıdır. Herhangi bir kompozit kirişte, çelik kirişle beton döşeme arasına konulan kayma bağlantılarının kapasitesi ile çelik kirişin ve beton döşeme plağının kapasiteleri arasındaki ilişkiye bağlı olarak "tam kompozit davranış" veya "kısmi kompozit davranış" elde edilir (Şekil 3). Tam etkileşim durumunda deformasyon, etkileşim olmaması durumunda bulunan deformasyonun dörtte biri değerindedir. Tam etkileşim durumundaki eğilme gerilmesi, etkileşim olmaması durumunda oluşan gerilmenin yarısı kadardır. Böylece kesme birleşimi, verilen boyuttaki kirişin dayanım ve rijitliğini artırır ve pratikte verilen yükler için gerekli kiriş boyutlarını küçültür ve genellikle maliyeti de azaltır (Kuzu, 2009).

Kesme çivisi elemanları günümüzde çelik-beton kompozit yapı elemanlarında kayma kuvvetlerinin transferini sağlamak amacıyla en yaygın kullanılan elemanlardır. Kompozit kirişlerde aderans etkisi kesme elemanları kullanarak sağlanır. Kesme çivisi elemanlarının çelik kirişler üzerine sabitlenmesi işlemi, fabrika ortamında yapıldığında avantajlar sağlamasına rağmen şantiye ortamında uygulanması çeşitli zorluklar içermekte ve ayrıca oldukça pahalı olmaktadır. Bu nedenle, kesme çivisi elemanları yerine, bu elemanlardan daha üstün mekanik davranışa sahip ve aynı zamanda özel kaynak ekipmanlarına gerek duyulmadan şantiyede uygulanabilen U-profil mekanik kayma bağlantısı elemanlarının kullanılması ile önemli ölçüde zaman, işçilik ve maliyet faydası sağlanabilmektedir.

AISC (Code of Standard Practice for Steel Buildings and Bridges) Yönetmeliği (2010) kompozit kirişlerin sehimlerinin hesaplanması için alt sınır atalet momenti

kavramını bir alternatif olarak sunmaktadır. Yönetmeliğe göre, alt sınır atalet momenti kullanarak hesaplanan sehim miktarının kabul edilebilir olduğu durumlarda kompozit kesitin tam elastik analizi yapılmasına gerek kalmamaktadır.



Şekil 3. Betonarme döşeme ile çelik kirişin birlikte çalışması

KOMPOZİT DÖŞEMELER

Döşeme sistemlerinde geniş açıklıkların ekonomik olarak geçilmesi, inşaat mühendisliğinde önemli bir konudur. Atölye ortamında hazırlanan kolon ve kirişlerle oluşturulan çerçeve sistemin yanında kalıp yapılarak teşkil edilen betonarme döşemeler bazı dezavantajlar oluşturmaktadır. Kompozit döşemelerde trapez kesitli galvanizli sac kullanımı yaygın olup, hem kalıp hem de döşeme donatısı olarak işlev görmektedir. Betonarme ve çelik elemanların birlikte çalıştırılabilmesi için bu elemanların birbirine bir araç ile kayma kuvvetini aktarabilmesi gerekmektedir. Yapının zati yükleri altında beton, trapez ve çelik elemanların beraber çalışabilmesi kaynaklı saplama parçaları ile yapılır (Şekil 4). Bu sapsamalar çelik elemanlar üzerine kaynaklanarak monte edilir ve bir daha yerinden sökülemez. Dökülen betonun priz almasıyla birlikte çelik ve beton kompozit olarak çalışmaya başlar. Çok katlı yapılarda taşıyıcı çelik kirişlerin üzerine sapsamalar kaynatılmakta, daha sonra içlerine çelik halkalar monte edilerek diğer döşeme sistemleri ile birleştirilmektedir (Şekil 5).



Şekil 4. Derz birleşimleri için bırakılan boşluk ve kaynak sapsamaları

Profillemiş çelik sac-beton kompozit döşeme sistemleri, sağladıkları birçok avantajdan dolayı yaygın kullanım

imkanı bulmuştur. Kompozit döşemelerde genellikle profillenmiş çelik sac, döşeme betonu ile birlikte çalıştırılmaktadır. Profillenmiş çelik sac, beton döküm aşamasında kalıp olarak, beton prizini aldıktan sonra ise çekme donatısı olarak görev yapmaktadır. Profillenmiş çelik döşeme sacı ile elde edilen kompozit döşeme sistemleri kompozit olmayan diğer sistemlere kıyasla ekonomik olarak tasarruf sağlamanın yanı sıra birçok avantajı beraberinde getirmektedir.



Şekil 5. Saplama kaynak uygulamaları

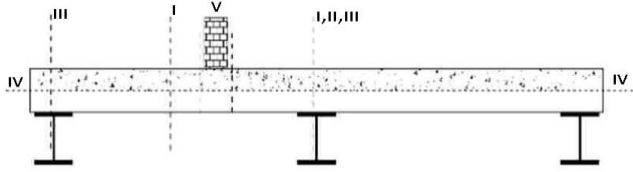
Kompozit döşeme sistemlerini oluşturan çelik ve beton malzeme kalitelerinin gelişmesi, saha tecrübelerinden elde edilen deneyimler ve tasarım yöntemlerindeki değişiklikler kompozit elemanların giderek daha hafif ve ekonomik olmasını sağlamaktadır.

Kompozit Döşemelerde Göçme Biçimleri

Kompozit döşemelerin kapasite sınır durumlarını; eğilme dayanımı, kesme dayanımı, boyuna kayma dayanımı belirlemektedir. Kesme dayanımı, çelik sacın etkisi ihmal edilip sadece betonun katkısı dikkate alınarak hesaplanır. Boyuna kayma dayanımı; profillenmiş çelik sac yüzeyinde oluşturulan girinti ve çıkıntılara, profillenmiş çelik sac formunun şekline, ilave donatı veya açıklık uçlarına yerleştirilen bağlantı araçlarına ve çelik sac beton arasındaki doğal aderansa bağlıdır (Başsürücü ve Türker,2013).

Beton prizini almış profillenmiş çelik sac-beton kompozit döşeme sistemlerinin olası beş farklı kapasite sınır durumları vardır. Kompozit döşemelerin muhtemel kapasite sınır durumları pozitif eğilme, negatif eğilme, kesme, zımbalama ve boyuna kayma (beton ile sac arasındaki aderans) göçme durumlarıdır. Kompozit döşemelerde dikkate alınan sınır durumlarının muhtemel olduğu bölgeler Şekil 6'da gösterilmiştir. I, II kesitinde eğilme dayanımı, III kesitinde kesme dayanımı, V

kesitinde zımbalama dayanımı ve IV kesitinde boyuna kayma dayanımı, kompozit çalışma gerçekleştiğinde ortaya çıkabilecek göçme biçimleridir (Yorgun, 2003).



Şekil 6. Taşıma sınır durumunda kritik kesitler (Yorgun, 2003)

Kompozit döşeme numuneleri için yapılan deneylerde, döşemelerin yapısal davranışının benzer olduğu gözlemlenmiştir. Bütün döşemelerde göçme yükü, ilk uç kaymasına sebep olan yükün üzerinde olduğu için sünek bir davranış gösterdikleri gözlemlenmiştir (Başsürücü ve Türker, 2013).

KOMPOZİT YAPI SİSTEMLERİNİN BETONARME YAPI SİSTEMLERİ İLE KIYASLANMASI

Birçok gelişmiş ülkede yaygın olarak kullanılan kompozit yapı tekniği, özellikle deprem aktiviteleri yüksek bölge ve ülkelerde nerdeyse kurtarıcı olmaktadır ve mühendisler arzu ettikleri yükseklikte yapıları gönül rahatlığı içinde tasarlamaktadırlar. Kompozit Yapıların avantajlarını sıralamak gerekirse; kompozit yapılar, betonarme yapılara göre çok daha hafif olabilmektedir. Böylelikle oluşabilecek herhangi bir depremde daha az deprem yükü ile daha az yapısal hasar oluşacaktır. Kompozit yapılar yüksek düktilite özelliğinden dolayı, deprem kuvvetlerine karşı daha sünek davranış göstermektedir. Kompozit yapılarda ana taşıyıcı sistem atölye ortamında hazırlandığı için kalite kontrol derecesi yüksek olmaktadır. Kompozit yapılarda, çelik yapılarla oranla %20 daha az çelik kullanılabilir. Kompozit elemanlar sadece çelik veya sadece betonarme elemanlarla karşılaştırıldıklarında taşıdıkları yükün ölü ağırlıklarına oranının çok yüksek olduğu görülmektedir.

Kompozit yapılarda, en büyük problem ise bu sistemdeki malzemeleri birleşim bölgelerindeki hasar oluşumlarıdır (Altan, 2009). Özellikle iki farklı malzemenin birbirine bağlanmasıyla elde edilen kompozit elemanlarda birleşim ara yüz başarısı, nihai elemanın davranışını doğrudan etkilediği için son derece önemlidir. Bu birleşim bölgelerindeki hasarlar mukavemet düşüşlerine sebep olmaktadır.

Sadece çelik kullanılarak yapılan çok katlı yüksek yapılarda, bodrum katın çelik elemanlarla inşa edilmesi oldukça güç ve maliyetli olmaktadır. Bu nedenle genellikle bodrum katlar betonarme olarak yapılmakta ve çelik

konstrüksiyon betonarme yapı üzerine monte edilmektedir. Bu durum oldukça büyük kolon kesitlerinin oluşmasına neden olabilmektedir. Günümüzde arsa maliyetlerinin yüksek olması nedeniyle ile kompozit yapıların yüksek süneklik özelliği sayesinde daha az maliyetle yüksek yapıların inşası mümkün hale gelmiştir.

SONUÇLAR

Dünyada çok bilinen ABD'de İkiz Kuleler, Malezya'da Petronas Kuleleri gibi ünlü ve özel yapılar, kompozit yapı teknikleri kullanılarak inşa edilmiştir. Dünyadaki yüksek yapıların hemen tamamı kompozit olarak tasarlanmış ve yapılmıştır. Kompozit döşemeler, çelik yapılar için döşeme sistemi olarak iyi bir alternatiftir. Kompozit yapı elemanları korozyona karşı direnç göstererek betonarme veya kompozit bir yapıda çeliğin daha iyi korunmasını sağlamaktadır. Yüksek dayanımın ve yapının toplam ağırlığının önemli bir proje parametresi olarak düşünüldüğü, iklimsel ve coğrafi çevrenin zorlayıcı nedenler olduğu, kimyasal etkilerin önem kazandığı yapılarda bu tür elemanlar tercih edilmektedir.

Kompozit elemanların güvenli ve ekonomik olarak tasarlanması sadece boyutlandırmaya değil, özellikle yapı aşamasında elde edilebilecek ekonomiye, dolaşımıyla inşaat sırasındaki gösterilen özen ve kontrollere bağlıdır. Kompozit elemanların tasarımında ilgili standartların yanısıra, çelik sac ve kayma bağlantısı üreticilerinin önerilerine uyulması da üretim esnasında karşılaşılabilecek hataları ve yapı maliyetlerini azaltacaktır (Yorgun, 2005).

Çelik yapılar için çok iyi bir alternatif olan kompozit döşeme sistemlerinin ülkemizde yaygınlaşması, nitelikli çelik yapıların artmasında katkısı olacaktır. Ülkemizde kompozit yapı sistemlerinin neredeyse yok denecek kadar az kullanılmasının başlıca nedeni, çelik yapı tekniği ve teknolojisinin yeteri kadar yaygınlaşmamış olması ve bu işi yapacak kalifiye ekip ve kuruluşların az sayıda olmasından dolayı üretiminin pahalı ve zahmetli olmasıdır. Türkiye'de kompozit yapı sistemleri ile yapılacak binaların tasarımı ve yapımı hakkında mühendisleri yönlendirebilecek standart veya yönetmelik sayısı oldukça azdır. Bu durum kompozit yapı elemanlarının kullanımının, bütün avantajlarına rağmen yaygınlaşmasına engel olmaktadır. Bundan dolayı yüksek performanslı kompozit elemanların üretimi ile ilgili hazır beton sektörünün de dahil olduğu çalışmalar yapılmalı, bu tür elemanlar kullanılarak yapılmış yapı ve yapı elemanlarının davranışı incelenerek Türkiye koşullarına uygun standart ve yönetmelikler çoğaltılmalıdır.

KAYNAKLAR

- Altan, G. (2009) Değişik Sıcaklık ve Nem Etkisinde Çalışan Birleştirilmiş Kompozit Malzemelerin Yorulma Mukavemetlerinin İncelenmesi, Doktora Tezi.
- ANSI/AISC 360-10 (2010). Specification for Structural Steel Buildings.
- Başsürücü, M., Türker, H.T. (2013). Profillenmiş Çelik Sac-Beton Kompozit Döşeme Sistemlerinin Boyuna Kayma Dayanımının Deneysel Olarak Belirlenmesi. Niğde Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 2(1): 17-26.
- Ellobody, E., Young B. (2011). Numerical simulation of concrete encased steel composite columns. Journal of Constructional Steel Research, 67(2): 211–222
- Kuzu, H. (2009). Kompozit Elemanların Tasarımı ve Mevcut Betonarme Yapıların Kapasitelerinin Belirlenmesi ve Güçlendirilmesi. Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi.
- Mirza, S., Skrabek, B. (1992). Statistical Analysis of Slender Composite Beam-Column Strength. Journal of Structural Engineering (ASCE), 1312-1332.
- Muñoz, P. and Hsu, C. (1997). Biaxially Loaded Concrete-Encased Composite Columns: Design Equation. J. Struct. Eng., 10.1061/(ASCE)0733-9445, 123(12): 1576-1585.
- Roik, K., Bergmann, R. (1990). Design method for composite columns with unsymmetrical cross-sections. Journal of Constructional Steel Research, 15(1–2): 153–168.
- TS EN 1994-1-1/AC (2010). Çelik Ve Beton Karma Yapıların Tasarımı - Bölüm 1-1: Genel Kurallar ve Binalara Uygulanacak Kurallar (Eurocode 4).
- Yorgun, C. (2003). Kompozit Döşemeler, Türk Yapısal Çelik Derneği Yayınları.
- Yorgun, C. (2005). Çelik Sac-Beton Kompozit Döşeme Sistemlerinin Uygulamalarına Yönelik Değerlendirmeler. TMH - Türkiye Mühendislik Haberleri Sayı 435.
-