

Çelik Lifli Kendiliğinden Yerleşen Beton Hakkında İnceleme

Steel Fiber Self-Setting Concrete Examination

Yavuz CAFEROĞLU

*1 Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Kırşehir

Doi: 10.51764 -smutgd.944695

Geliş Tarihi : 29.05.2021

Kabul Tarihi : 13.06.2021

ÖZET

Gelişen teknoloji ile paralel olarak inşaat sektörü de gelişim göstermektedir. Günümüz dünyasında gerek temini gerekse maliyetler açısından uygun oluşu ve çelik malzemesi ile birlikte kullanıldığı taktirde istenen dayanımlara ulaşması açısından beton en çok kullanılan yapı malzemesi olmuştur. Betonun inşaat sektöründe en çok kullanılan yapı malzemesi olduğu göz önüne alındığında inşaat sektöründe ki gelişmeler ve farklı ihtiyaçların ortaya çıkması ile birlikte farklı tip betonlar üretilmeye başlamıştır.

Bu çalışmada Çelik Lifli Kendiliğinden Yerleşen Beton un özellikleri, artı ve eksi yönleri anlatılmış, Çelik Lifli Kendiliğinden Yerleşen Beton üzerinde daha önce yapılmış çeşitli deneylerin sonuçları üzerinde durulmuştur. Sonuç olarak Çelik Lifli Kendiliğinden Yerleşen Beton üzerinde yapılan kıvam deneyleri sonucunda işlenebilirlik açısından çelik liflerin kendiliğinden yerleşen betonun işlenebilirlik oranlarını düşürdüğü fakat düşen bu işlenebilirliğin akışkanlaştırıcı miktarında artışa gidilerek istenen oranlara getirilebileceği gözlenmiştir. Bununla birlikte yapılan basınç deneyleri sonucunda çelik lifli kendiliğinden yerleşen betonun çelik lif kullanılmayan kendiliğinden yerleşene betona oranla maksimum taşıma kapasitelerinin gözle görülür derecede arttığı gözlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: çelik lif, beton, çelik lifli beton, çelik lifli kendiliğinden yerleşen beton, kendiliğinden yerleşen beton

ABSTRACT

In parallel with the developing technology, the construction sector also develops. In today's world, concrete has become the most used building material in terms of its affordability and cost-effectiveness, and in terms of reaching the desired strengths when used together with steel material. Considering that concrete is the most used building material in the construction sector, different types of concrete have begun to be produced with the developments in the construction sector and the emergence of different needs.

In this study, the properties, pros and cons of Steel Fiber Self Compacting Concrete are explained, and the results of various previous experiments on Steel Fiber Self Compacting Concrete are emphasized. As a result, as a result of the consistency tests on Steel Fiber Self Compacting Concrete, it has been observed that steel fibers reduce the workability rates of self-compacting concrete in terms of workability, but this decreased workability can be brought to the desired rates by increasing the amount of plasticizer. However, as a result of the pressure tests, it was observed that the maximum bearing capacities of the concrete set from the steel fiber catnip were significantly increased compared to the self-compacting concrete without steel fiber.

Keywords: steel fiber, concrete, steel fiber concrete, steel fiber self compacting concrete, self compacting concrete

GİRİŞ

Beton, dünya üzerinde en çok kullanılan yapı malzemelerinden birisidir. Beton; çimento, su, agrega, kum, yapılan imalatın ihtiyaçları kapsamında kimyasal katkıları ve mineraller kullanılarak elde edilen homojen olmayan yapı itibarı ile gevrek bir malzemedir. Beton; konutlar, ticari yapılar, barajlar, yollar ve su yapıları gibi alanların taşıyıcı ve taşıyıcı olmayan kısımlarında kullanılmaktadır. Betonun yapı malzemesi olarak yaygın bir şekilde kullanılmasının ana sebepleri; betonun yüksek basınç dayanımlarına sahip olması bununla beraber betonarme yapılarda çelik malzemesi ile birlikte kullanımında çok yüksek bir dayanım elde edilmesi ve ayrıca betonarme yapılarda çeliği sararak bir kabuk yapı oluşturması ve çeliği kendi içerisinde muhafaza ederek gelecek dış etkilere koruması ayrıca ses yalıtımı, su geçirmezliği, yangına karşı dayanıklı olması, ekonomik olması, kolay bulunması ve işlenebilirliği beton malzemesini diğer malzemelerden cazip hale getirmektedir (Mayar, 2020).

Beton teknoloji ile paralel bir şekilde gelişen yapı malzemesidir. Geleneksel beton üretiminde ve işleminde sık sık sorunlarla karşılaşmaktayız, geleneksel taze betonun en önemli sorunlarından birisini yerleştirme işlemi ve bu yerleştirme işlemi için gerek duyulan iş gücünü sayabiliriz. Bizler taze betonun döküldüğü kalıp içerisine tam anlamıyla yerleşmesini, çelik donatıyı sarmasını ve boşluk kalmamasını istemekteyiz. Fakat geleneksel beton üretim tarzında bunu sağlayabilmek iş gücü ve zaman açısından bizi zararlı çıkarmaktadır. Bu gibi ihtiyaçlar doğrultusunda yüksek akıcılığa sahip kendi ağırlığı ile homojen bir şekilde kalıpta yerleşebilen Kendiliğinden Yerleşen Beton ortaya çıkmıştır (Mayar, 2020).

1970 li yılların başında düşük su/çimento oranları ile işlenebilirliği artırmak için süper akışkanlaştırıcı katkı maddesi kullanılmaya başlamıştır. 1986 yılında Tokyo Üniversitesi'nde kendiliğinden yerleşen beton üzerinde araştırmalar başlamıştır. 1990 yılında İsveç karayollarında kendiliğinden yerleşen beton kullanılması Avrupa'daki ilk örnektir. 1997 yılından sonra Avrupa Birliği kullanımının artırılması yönünde çalışmalar yapmıştır. (Topçu, Bilir, & Baylavlı, 2008).

Kendiliğinden yerleşen beton başlıca kullanım alanları donatıların çok yoğun olduğu ve vibratörün erişemediği kısımlardır, son zamanlarda ise yüksek perdelerin üretiminde taşıyıcı sistem tamirinde kullanılmaktadır (Berbergil, 2006). Kendiliğinden yerleşen beton tıpkı geleneksel beton üretim yöntemi gibi çimento, agrega, su, ince agrega, kum, kimyasal ve mineral katkılardan meydana gelmektedir. Fakat Kendiliğinden yerleşen betonu geleneksel beton üretiminden ayıran en önemli üretim özelliklerinden birisi kendiliğinden yerleşen beton üretiminde ince agrega oranının yüksek olmasıdır, bu sayede kendiliğinden yerleşen betonun işlenebilirlik oranı artmaktadır. Ayrıca kendiliğinden yerleşen beton geleneksel betona nazaran ayrılmaya karşı dirençli ve çeşitli engelleri aşarak bulunduğu kalıbın şeklini kolayca alacak şekilde tasarlanmıştır. Bununla birlikte beton malzemesi kuruyup dayanımını kazandıktan sonra tek başına çekmeye ve gerilme deformasyon etkilerine karşı dayanıksız kalmakta ve yapısı itibarı gevrek bir malzeme olduğu için çeşitli bağlayıcı malzemelere ihtiyaç duymaktadır.

Bu sorunu çözebilmek için beton malzemesinin içerisine çeşitli organik ve organik olmayan lifler kullanılmaktadır. Kullanılan bu lifler sayesinde beton malzemesi içerisindeki lifler ile birlikte çekme ve gerilme etkilerine karşı dayanım kazanmış olmaktadır. Temel olarak liflerin görevi gerilme altındaki betonda çatlakları önlemek bununla beraber çatlakların yayılmasını yavaşlatmak ve çatlaklar oluşmuş olsa bile gerilmeleri üzerinde taşımaya devam etmesidir. Beton malzemesine çelik lifler eklenmesi ile birlikte beton çekme, gerilme, deformasyon, süneklik ve darbe etkilerine karşı dayanım kazanmış olmaktadır. Bunların yanı sıra betona katılan çelik lifler sayesinde betonun aşınmaya karşı direncinin de olumlu yönde etkilendiği söylenebilir (Yardımcı, 2007).

KENDİLİĞİNDEN YERLEŞEN BETONDA ÇELİK LİF KULLANIMININ ETKİSİ

Çelik lif kullanımının kendiliğinden yerleşen betonun basınç dayanımı üzerinde olumlu ve olumsuz yönleri bulunmaktadır. Çelik lif miktarını arttırdığımız ve işlenebilirliği çok fazla düşürmediğimiz sürece çelik lifin basınç dayanımında olumlu yönde etki gösterdiğini görmekteyiz (Mardani-Aghabaglou, Tuyan, Ramyar & Yılmaz, 2013).

Kendiliğinden yerleşen beton tıpkı geleneksel beton gibi sade halde iken gevrek bir malzemedir. Kendiliğinden yerleşen betonda bu gevrekliği azaltarak gerilme, çekme gibi tesirlere de karşı güçlü hale getirebilmek adına çeşitli lifler ekleyebilmekteyiz. Ancak lifler gerek geleneksel beton da ve gerek diğer beton türlerinde olsun işlenebilirliği olumsuz yönde etkilemektedir. Genel olarak baktığımızda tabii ki burada aslolan şey kendiliğinden yerleşen betonun süper akışkanlığı sayesinde kendi ağırlığı ile en ince noktaya kadar yerleşmesidir fakat dayanım olarak kendiliğinden yerleşen beton agrega ve lifler olmadan istenen dayanımlar elde edilememektedir.

Kendiliğinden yerleşen betonlarda büyük çaplı agregaların kullanımı da işlenebilirliği ve akışkanlığı etkilemektedir, çelik lifler ise gerek yapı ve kapladığı hacim bakımından incelediğimizde agregalar kadar işlenebilirliği etkilemediği ve agregaya oranla betona çekme dayanımı kazandırdığını söyleyebiliriz. Tabii ki burada agrega oranını düşürmek veya agrega yerine tamamen çelik lif kullanmak betonun ekonomikliği açısından tartışılması gereken bir diğer problem olacaktır.

Betonun kırılma şekli göz önüne alındığında geleneksel betonda agrega ve çimento harcının arasındaki mikroçatlak ile başlayıp potansiyel çatlaklara neden olduğu gözlenmektedir. Bu açıdan değerlendirildiğinde çelik liflerin beton içerisinde daha homojen bir yapı elde ederek kılcal boşlukların oluşumunu engellemektedir (Tezel, 2010).

Kendiliğinden yerleşen betonda çelik lif eklenmesi ile kaybedilen akışkanlığın çimento hamuru miktarının çelik life oranla artırılarak akışkanlıkta çok fazla kayba uğramadan çelik lif ekleyerek dayanımı artırabilmekteyiz. (Yardımcı, 2007).

ÇELİK LİFLİ KENDİLİĞİNDEN YERLEŞEN BETONLARIN TAZE BETON ÖZELLİĞİ

Kendiliğinden yerleşen betonların başlıca taze haldeki beton özellikleri arasında doldurma, segregasyon direnci, dar kesitlerden ve sık donatılı bölgelerden geçiş ve düzgün yüzey sonlandırma yeteneği taşımaktadır (Dinç, 2007). Bu açıdan kendiliğinden yerleşen betonun iki ana özelliği vardır diyebiliriz bunlardan birincisi daha öncede bahsettiğimiz gibi kalıplara kendi ağırlığı altında yerleşmesidir, diğer en önemli özelliği ise ayrışmaya karşı dirençli oluşudur. Ayrıca kendiliğinden yerleşen betonda kullanılan süper akışkanlaştırıcı katkıların işlenebilirliği sağlamanın yanı sıra su/çimento oranını da düşürdüğü için kendiliğinden yerleşen betonda yüksek dayanım ve kalıcılığı sağlamaktadır bu yüzden kendiliğinden yerleşen beton yüksek dayanımlı betonlar sınıfına girmektedir (Güneş, 2011).

Taze betondaki kimyasal katkılara değinecek olursak kendiliğinden yerleşen betonda 2 önemli katkı maddesi kullanılmaktadır bunlar, süperakışkanlaştırıcı ve viskozite düzenleyici katkılardır. Süper akışkanlaştırıcı kimyasal, taze beton harcındaki su/çimento oranını düşürerek dolaylı yoldan betona dayanım verirken aynı zamanda taze betonun kendi ağırlığı altında kolayca yerleşmesini sağlamaktadır. Viskozite düzenleyici katkıları ise terleme ve taze betonda ayrışmayı engellemek için kullanılmaktadır (Yılmaz & Çakır, 2020).

Beton karışımlarının yeterli akıcılığa ve işlenebilirliğe sahip olmaları gerekmektedir. Ayrıca beton hamurunun ayrışma olmaksızın sık donatılı yerlerden dahi agregayı geçirmesi gerekmektedir. Kendiliğinden yerleşen beton bu açıdan baktığımızda iyi bir akış yeteneğine sahip olması sayesinde agregaları kolayca içerisinde kaydırarak taşımaktadır (Ouedraogo, 2018).

Ayrıca kendiliğinden yerleşen betonlarda kullanılan süper akışkanlaştırıcı katkıların sayesinde sıcaklık arttıkça işlenebilirliğinin de arttığı gözlenmiştir Burada ki ana neden süper akışkanlaştırıcının sıcaklık artışı ile beraber süper akışkanlaştırıcının tutunma oranının da artmasıdır. Oysaki geleneksel betonlarda sıcaklığın artması işlenebilirliği olumsuz yönde etkilemektedir (Kılınç & Akkaya, 2007).

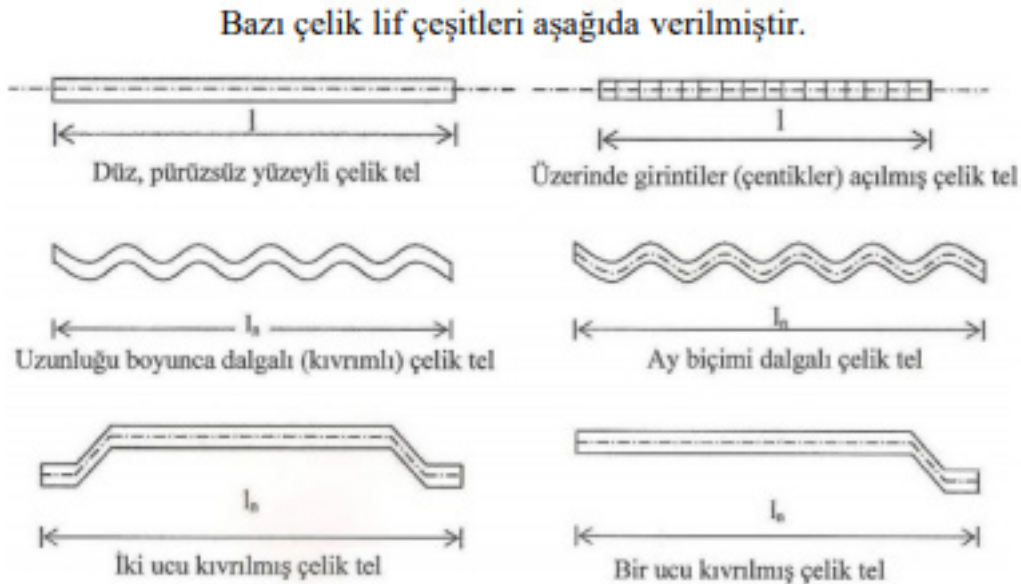
Geleneksel betonda sık donatılı kısımlarda özellikle kiriş – kolon birleşim noktalarında yerleştirme güçlüğü çekilmektedir. Geleneksel betonda yerleştirme doldurma ve dar kesitlerden geçme kolaylığı sağlamak için genelde su/çimento oranında artışa gidilmekte veya en büyük agrega boyunda küçülmeye gidilmektedir bu açılardan baktığımızda geleneksel betonda su/çimento oranının artması demek beton dayanımını düşürmek manasına gelmektedir. Özellikle kolon kiriş birleşim noktalarında su/çimento oranını düşürerek akıcılığı sağlamak ve bu şekilde betonu dökmek yapı açısından büyük riskler taşımaktadır. Bunun yerine kullanılacak olan kendiliğinden yerleşen beton malzememizde süper akışkanlaştırıcı maddeler sayesinde beton dayanımımızdan taviz vermeden kolayca betonun donatıyı sarmasını sağlamaktayız.

Öte yandan kendiliğinden yerleşen betonun kullanım alanlarından birisinin de yapı taşıyıcı sistemlerin tamiri olduğunu daha önce söylemiştik. Bu açıdan da baktığımızda kendiliğinden yerleşen betonda normal agrega kullanımı yerine çelik lifleri kullanmamız hem beton dayanımına katkı sağlayacak hem de agrega malzemesine nazaran çelik liflerin akıcılığı etkilemesi daha az olacaktır. Tabii ki burada bağlı olan bazı durumlar bulunmaktadır çelik lifin boyutu miktarı gibi. Çelik liflerimizin boyutu ne kadar büyük olursa o oranda dar alanlardan betonumuzun geçmesi zorlaşacak ve kendiliğinden yerleşen betonumuzun bu açıdan bir özelliği kalmayacaktır aynı şekilde çelik lif miktarını ne kadar artırırsak betonun işlenebilirliği de bu oranda azalacak ve taze betondan istediğimiz performansı alamayacağız.

ÇELİK LİFLİ KENDİLİĞİNDEN YERLEŞEN BETONLARIN ÇELİK LİF ÖZELLİĞİ

1970 li yılların başlarında önem kazanmaya başlama başlayan çelik lifler şekillerine, boyutlarına, göre farklı üretimleri olmaktadır .Buda çelik liflerin farklı çekme , mekanik ve aderans özellikleri göstermesine neden olmaktadır (Öztek, 2019).

Çelik lifler, düşük karbonlu çelik C 1008'den üretilirler. En önemli özellikleri, yüksek ve üniform çekme gerilmesine karşılık düşük uzama özellikleridir. Çekme gerilmeleri ortalama olarak 1200 MPa'nın üzerinde olup elastik limitleri %0,2'nin altındadır. Çelik liflerin geometrisi kendiliğinden yerleşen betonun dayanımında ve işlenebilirliğin de önemli ölçüde etkisi bulunmaktadır. Yapılan çalışmalarda çelik liflerden düz ve uçları hafif eğimli olanların betonda eğilme dayanımı ve enerji yutma kapasitesinde diğer liflere nazaran daha çok fayda sağladığı söylenebilir (Kozak, 2013).



Şekil 1. Çelik liflerin şekilleri (TS 10513, 1992)

Subaşı ve Emiroğlu 2008, çalışmalarında kendiliğinden yerleşen betonlarda farklı oranlarda çelik lif kullanımının işlenebilirlik parametreleri ve basınç dayanımları üzerine olan etkileri araştırmışlardır. Taze beton işlenebilirlik parametrelerini tespit etmek amacıyla çökme hunisi ile yayılma çapı ve V hunisi ile akma süreleri her bir karışım oranı için ayrı ayrı belirlemiştir.

İşlenebilirlik parametreleri belirlenen karışımlardan 15x15x15"lik küp numuneler alınarak basınç dayanımı testine tabi tutmuşlardır. Sonuç olarak, kendiliğinden yerleşen beton karışımları içerisinde çelik lif kullanımı ile taze beton işlenebilirlik parametrelerinin azaldığı, basınç dayanımlarının ise ters orantılı olarak arttığı, lif katkılı kendiliğinden yerleşen betonlarda akma süresi ve yayılma çapı ile basınç dayanımı değerleri arasında yüksek oranda ilişkinin bulunduğu belirtilmiştir (Çakıroğlu, Kasap & Erenoğlu, 2011).

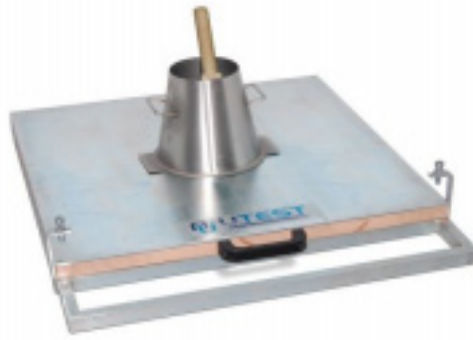
ÇELİK LİFLİ KENDİLİĞİNDEN YERLEŞEN BETON DENEYLERİ

Çelik lifli kendiliğinden yerleşen beton üzerinden çeşitli deneyler yapılmıştır bu deneylerde de görüleceği üzere daha çok çelik lifin kendiliğinden yerleşen betonun işlenebilirliğini ne oranda, olumlu veya olumsuz nasıl etkilediği, çelik lif oranlarının artırılıp, azaltılarak işlenebilirlikte ne gibi değişiklikler olacağı üzerinde durulmuştur. Bu deneylerin yanı sıra çelik lifli kendiliğinden yerleşen betonların basınç deneyleri ve taşıyıcı sistemlerde kullanımı gibi çeşitli deneyler yapılmıştır.

ÇÖKME HUNİSİ DENEYİ

Buradaki amaç betonun kendiliğinden yayılabilme kabiliyetini , işlenebilirliğini kısacası doldurma yeteneğini ölçmekir (Tezel, 2010).

Kendiliğinden yerleşen beton karışımında çelik lif kullanımının, çökme hunisi yayılma çapı değerlerini azalttığı görülmektedir. Yayılma çapı değerlerinin kendiliğinden yerleşen beton karışımı içerisine çelik lif kullanımı ile %13,8 oranında azaldığı görülmüştür (Subaşı & Emiroğlu, 2008).



Şekil 2. Çökme Hunisi

V HUNİSİ DENEYİ

V şeklindeki bu deney aracı betonun akıcılığı ve viskozitesi hakkında bize bilgi vermektedir. V hunisinde akış süresinin kısa olması işlenebilirliğin yüksek olduğunu ve viskozitenin az olduğunu göstermektedir (Öztek, 2019).

Çelik lif kullanımının, V hunisi akma süresi değerlerini artırdığı görülmektedir. V hunisi akma süresi değerlerinin kendiliğinden yerleşen beton karışımı içerisine çelik lif kullanımı ile %114 oranında arttığı görülmüştür (Subaşı & Emiroğlu, 2008).



Şekil 3. V Hunisi

L KUTUSU DENEYİ

L kutusu deneyi kendiliğinden yerleşen betonların işlenebilirliğini ölçmek amacıyla geliştirilmiştir. Buradaki amaç kendiliğinden yerleşen betonun çelik lif ile birlikte sık donatılar arasında nasıl bir özellik göstereceğini gözlemlemektir (Öztekin, 2019).

L Kutusu deneyi kendiliğinden yerleşen beton 'un donatılar arasından geçip akış yeteneğinin ölçülmesi amacıyla uygulanmakta olup deney sonunda iki haznedeki beton seviyelerinin oranı 0,8-1 arasında olması kriteri aranmaktadır. Deney sonuçları incelendiğinde bütün serilerde lif miktarı arttıkça donatılar arasından geçemeyip tıkanma oluşturan lifler betonun homojenliğini ve akış sürekliliğini bozduğu, böylece de akış oranını düşürdüğü görülmektedir (Yıldırım, Sertbaş & Berbergil, 2007).



Şekil 4. L Kutusu Deneyi (Deney sırasında çelik lif oranında artışa gidildikçe donatılar arasından liflerin geçemediği gözlemlenmiştir) (Yıldırım, Sertbaş & Berbergil 2007).

U KUTUSU DENEYİ

Betonun kendi ağırlığı ile donatılar arasından geçerek ne oranda yerleşebildiğini ölçmek amacı ile yapılmaktadır. Buradaki değerlendirme kriteri betonun donatılardan geçtikten sonraki yüksekliğidir (Tezel, 2010).

Tıpkı L kutusu deneyinde olduğu gibi çelik lifler artırıldıkça betonun donatıların arasından geçmesi güçleşmektedir.



Şekil 5. Çelik lifli numunelerde U-Kutusu Deneyi Sırasında Liflerden Dolayı Donatılar Arasında Tıkanma Oluşması. (Yıldırım, Sertbaş & Berbergil, 2007).

J HALKASI DENEYİ

Bu deneyde ama yayılma tablası üzerinde konulmuş belirli aralıklara sahip donatılar arasında betonun geçiş özelliğini ve yayılmasını gözlemlemektir (Ouedraogo, 2018).



Şekil . J Halkası (Ouedraogo, 2018).

Tıpkı önceki kıvam deneyleri gibi J halkası deneyinde liflerin boyutlarının da azalmaya gittiğimiz takdirde işlenebilirlikten çok fazla taviz vermediğimizi fakat boyutları küçültmemize rağmen donatılar arasında liflerle sıkışmalar olduğunu görmekteyiz. Fakat kısa liflerin donatılarda kısmen kalmasına rağmen deneyin olumlu sonuçlandığını görmekteyiz (Ouedraogo, 2018).



Şekil 7. J halkası Donatıları Arasında Sıkışan Lifler (Ouedraogo, 2018).

KIVAM DENEYLERİ SONUÇLARI

Sonuç olarak baktığımızda kendiliğinden yerleşen betonlarda tıpkı geleneksel betonda agrega oranında ve dane çapında oynama yaptığımızda nasıl kıvam ve işlenebilirlikte değişim yaşıyorsak, kendiliğinden yerleşen betonda da çelik lif oranını artırmamız veya seçilen çelik lifin uzunluğu geometrik şekli gibi faktörler kıvamda önemli değişikliklere yol açıyor. Hatta U kutusu ve L kutusu deneylerinde de görüleceği üzere bazen kullanılan çelik lifin oranı yüzünden beton tüm işlevselliğini kaybediyor kendiliğinden yerleşen betondan istediğimiz kendi ağırlığı ile yerleşme olayı tamamen ortadan kalkıyor ve donatılar arasında sıkışıyor.

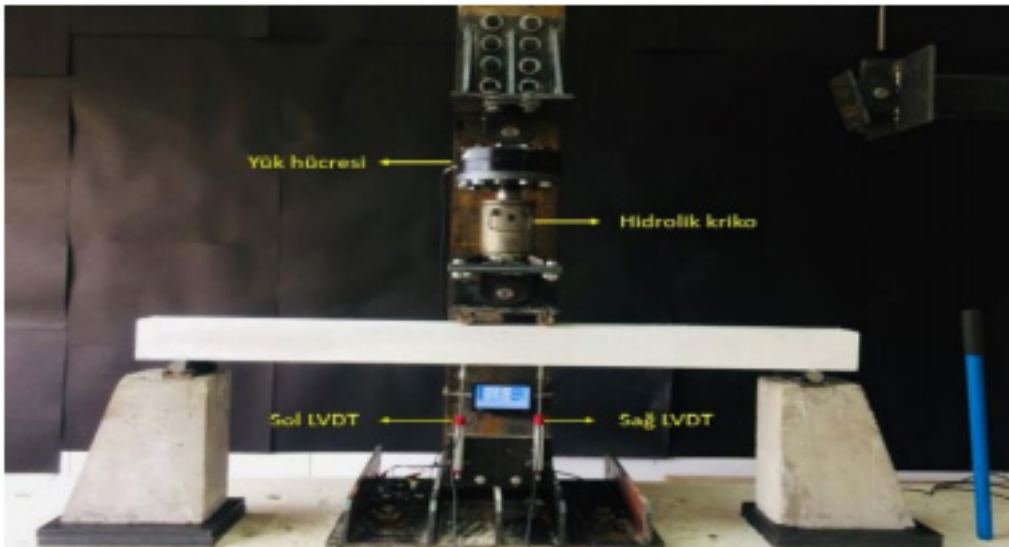
Kendiliğinden yerleşen çelik lifli betondan istediğimiz performansı alabilmemiz için süper akışkanlaştırıcı miktarında artışa gidebileceğimiz gibi çelik liflerin boyutlarında küçülmeye gitmemiz gerekmekte ve çelik liflerin çimentoya oranını belirli sınırlar dahilinde tutmamız gerekmektedir.



Şekil 6. Beton Test Presi Ve Test Edilmiş Numuneler. (Mayar, 2020)

Yapılan deneylerde kendiliğinden yerleşen betona çelik lif ilave edilerek ve lif kullanılmadan numuneler elde edilmiştir ve bu numuneler üzerinde çalışılmıştır. Çelik lif kullanılan numunelerde lif kullanılmayan numunelere oranla çatlaklardaki yük değerleri daha fazla çıkmıştır, çelik lif kullanılan numunelerde akmaya karşı gelen yük değerleri ve kirişin taşıyabileceği maksimum yük değerleri lif kullanılmayan numunelere oranla çok daha iyi sonuçlar vermiş ve çelik lif kullanılan numunelerde maksimum yük taşıma oranları lif kullanılmayan numunelere oranla %5 ila %28 oranında daha fazla çıkmıştır. Ayrıca kiriş deneyleri sonucu çelik lif kullanılan kirişlerin süneklikleri nin artmış olduğu gözlenmiştir (Mayar, 2020).

Lif takviyesi ile üretilen kompozit kirişlerin gerilme ve eğilme dayanımları birçok parametre tarafından etkilenmektedir liflerin şekli , miktarları , narinlik oranları , poisson oranı ve matrisler arasındaki sürtünmeden etkilenmektedir (Öztekin, 2019).



Şekil 7. Kiriş eğilme deney düzeneği . (Mayar, 2020)

SONUÇLAR

Kendiliğinden yerleşen betonun su/çimento oranının düşük olması ve buna bağlı olarak yüksek dayanımlı betonlar sınıfında hali hazırda bulunmasının yanı sıra çelik liflerin doğru ebat, şekil ve oranlarda kendiliğinden yerleşen betona eklenerek işlenebilirlikten taviz vermeden betonun sünekliğini, homojenliğini, yük dayanımını, çatlakların oluşumunun engellenmesini ve çatlaklar oluşsa dahi bu çatlaklardaki gerilmeleri çelik lifler ile karşılayabileceğimizi görmüş olduk.

Doğru oranlarda kullanıldığı taktirde çelik liflerin işlenebilirliği çok fazla etkilemediği fakat çelik liflerin doğru oranlarda kullanılmadığında, kendiliğinden yerleşen betonun tamamen özelliğini kaybettiğini ve sık donatılar arasından geçemediğini bu tip durumlarda çelik lif oranlarında azalmaya gidilebileceği gibi çelik lif boyutlarında ve geometrisinde değişiklikler yapılabilir yada süper akışkanlaştırıcı miktarında artışa gidilmelidir.

Geleneksel beton ile karşılaştığımızda geleneksel betonun sahada sık donatılı bölgelerde istenen işlevleri yerine getiremediği ve getirse dahi su/çimento oranları ile oynayarak dayanım kayıpları oluşacağını ve sık donatıların genelde kolon kiriş birleşim noktalarında, yani yapıda statik en çok zorlanan bölgelerde olduğunu göz önüne aldığımızda kendiliğinden yerleşen betonun daha sağlıklı sonuçlar vereceği ve eklenen çelik liflerle eğilmeye karşı mukavemeti nin de artacağı göz önüne aldığımızda kullanılması daha makul durmaktadır. Fakat ekonomik açıdan değerlendirildiğinde bunun çok mümkün olmadığı görülmektedir. Kendiliğinden yerleşen beton, geleneksel betonun vibrasyon istemesi ve yerleşme zorluğundan ayrıca alan darlığından dolayı betonarme taşıyıcı sistemlerin güçlendirilmesinde hali hazırda kullanıldığını bilmekteyiz yapılan basınç ve kıvam deneyleri göz önüne alındığında çelik lifli kendiliğinden yerleşen betonunda betonarme taşıyıcı sistemlerin güçlendirmesinde kullanılabileceği görülmektedir.

Çelik lifli kendiliğinden yerleşen betonun en büyük diyebileceğimiz dezavantajı maliyetlerinin çok yüksek olmasıdır. Fakat bununla birlikte kendi ağırlığı altında yerleşebilme özelliği sayesinde işçilik maliyetlerini de azaltmaktadır. Tek başına yüksek dayanımlar sağlayan kendiliğinden yerleşen betona çelik lifler ilave edilerek elde edilen dayanımlar yükselmiştir. Betonun sadece basınç kuvvetlerine çalışan bir yapı malzemesi olduğu düşünülürken çelik lifler sayesinde kendiliğinden yerleşen beton çekme kuvvetlerine karşıda dayanıklı hale gelmiştir. Ayrıca çelik lifler ,agrega yapı malzemesi gibi betonda kılcal boşluklar oluşturarak zamanla çatlamalara neden olmak yerine tam tersi betonun homojen bir şekilde bir arada kalmasına ve çatlakların oluşmamasını sağlamaktadır.

KAYNAKLAR

- Mayar, B. A. (2020). Çelik lifli kendiliğinden yerleşen beton ile üretilen kirişlerin eğilme ve kesme davranışlarının incelenmesi (Master's thesis, Bursa Uludağ Üniversitesi).
- TOPÇU, İ. B., BİLİR, T., & BAYLAVLI, H. (2008). Kendiliğinden Yerleşen Betonun Özellikleri. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi, 21(1), 1-22.
- Berbergil, V. (2006). Kendiliğinden yerleşen betonlarda çelik lif kullanımının işlenebilirliğe etkisi (Doctoral dissertation, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Yardımcı, M. Y. (2007). Çelik lifli kendiliğinden yerleşen betonların reolojik, mekanik, kırılma parametrelerinin araştırılması ve optimum tasarımı. Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İzmir.
- Tezel, O. O. (2010). Farklı Tiplerdeki Çelik Ve Polipropilen Liflerin Kendiliğinden Yerleşen Betonlarda İşlenebilirliğe Ve Mekanik Davranışa Etkisi (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Dinç, A. (2007). Kendiliğinden yerleşen çelik lif donatılı betonların mekanik davranışına su/ince malzeme oranı ve lif dayanımının Etkisi (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- GÜNEŞ, A. (2011). Kendiliğinden yerleşen lifli betonların mühendislik özellikleri/Engineering properties of self compacting fibrous concrete. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Kozak, M. (2013). Çelik lifli betonlar ve kullanım alanlarının araştırılması. SDU Teknik Bilimler Dergisi, 3(5), 26-35.
- Çakıroğlu, A. M., Kasap, S., & Erenoğlu, E. (2011, May). Betona Değişik Geometrik Formlarda Çelik Lif Eklenmesinin Basınç Dayanımına Etkisi. In 6th International Advanced Technologies Symposium (IATS'11) (pp. 16-18).

- Subaşı, S., & Emiroğlu, M. (2008). Lif Kullanılan Kendiliğinden Yerleşen Betonlarda İşlenebilirlik ve Basınç Dayanımı Arasındaki İlişki Analizi. Fen Ve Müh. Bil. Dergisi, 3, 527- 539.
- Yıldırım, H., Sertbaş, B., & Berbergil, V. (2007). Kendiliğinden Yerleşen Betonlarda Polipropilen ve Çelik Lif Kullanılmasının İşlenebilirliğe Etkisi. 7. Ulusal Beton Kongresi, 28- 30.
- Ouedraogo, H. A. (2018). Lif kullanımının kendiliğinden yerleşen beton (kyb) karışımlarının özelliklerine etkisi (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- YILMAZ, G., & ÇAKIR, Ö. A. (2020).KENDİLİĞİNDEN YERLEŞEN BETONDA ÇİMENTOYENİ NESİL AKIŞKANLAŞTIRICI KATKI ETKİLEŞİMİ.thbakademi.
- Kılınç, C., & Akkaya, Y. (2007). Katkı dozajı ve taze beton sıcaklığının kendiliğinden yerleşen beton özelliklerine etkisi. imo.org.tr.
- Mardani-Aghabaglou, A., Tuyan, M., Yılmaz, G., & Ramyar, K. (2013). Farklı Liflerin Kendiliğinden Yerleşen Betonun Taze Hal ve Mekanik Özelliklerine Etkisi. Hazır Beton Kongresi, 21-23.
- Öztekin, E. (2019). Karma çelik lif içeren kendiliğinden yerleşen betonun kesme davranışının incelenmesi (Yüksek Lisans Tezi, İnönü Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü).