

Kür Sıcaklığının Alkali Aktivasyonlu Lifli Betonunun Kırılma Özelliklerine Etkisi

Ümit YURT^{1*}

¹Düzce Üniversitesi, Düzce MYO, İnşaat Bölümü, 81010, Düzce

¹<https://orcid.org/0000-0001-6009-6786>

*Sorumlu yazar: umityurt@duzce.edu.tr

Araştırma Makalesi

Makale Tarihiçesi:

Geliş tarihi: 29.09.2021

Kabul tarihi: 21.10.2021

Online Yayınlanma: 08.03.2022

Anahtar Kelimeler:

Alkali aktivasyonlu lifli beton

Basınç ve eğilme dayanımı

CMOD

İki parametrelî model

Kırılma enerjisi

Sıcaklık

ÖZ

Bu çalışma kapsamında, farklı aktivasyon sıcaklığında (30 °C, 60 °C, 90 °C) dayanım kazanan alkali aktivasyonlu lifli betonların (AALB) kırılma özellikleri incelenmiştir. Bu amaçla 50x100x480 mm boyutlarında 10 mm çentik uzunluğuna sahip kiriş örnekler üretilmiştir. İki parametrelî yöntem ile, Yük-CMOD grafiği altında kalan alanlar hesaplanarak kırılma enerjisi değerleri elde edilmiştir. Hesaplanan değerler üzerinden kırılma enerjisine sıcaklık kürünün etkisi, basınç ve eğilme dayanımı değerleri ile karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Sonuç olarak aktivasyon sıcaklığının artışı ile kırılma enerjisi değerlerinde önemli bir artış olduğu görülmüştür. Lif oranı 1kg/m³ olan örneklerde aktivasyon sıcaklığının artışına bağlı olarak %91,60 oranında artış gerçekleşmiştir. Yüksek dayanımlı AALB'ler üzerinde gerçekleştirilen deneyler sonucunda en yüksek kırılma enerjisi değerine 90 °C sıcaklık kürü uygulanan örnekler ulaşmıştır. En yüksek basınç ve eğilme dayanımı sırasıyla 82 MPa ve 3,78 MPa olarak elde edilmiştir.

Effect of Curing Temperature on Fracture Properties of Alkali-Activated Fiber Concrete

Research Article

Article History:

Received: 29.09.2021

Accepted: 21.10.2021

Published online: 08.03.2022

Keywords:

Alkali-activated fiber concrete

Compressive and flexural strength

CMOD

Two parameter model

Fracture energy

Temperature

ABSTRACT

Within the scope of this study, the fracture properties of alkali-activated fiber concrete (AAFC) that gain strength at different activation temperature (30 °C, 60 °C, 90 °C) were investigated. For this purpose, beam specimens with dimensions of 50x100x480 mm and a notch length of 10 mm were produced. With the two-parameter method, the fracture energy values were obtained by calculating the areas under the Load-CMOD graph. The effect of temperature curing on fracture energy over calculated values was investigated comparatively with compressive and flexural strength values. As a result, it was observed that there was a significant increase in the fracture energy values with the increase of the activation temperature. In the samples with a fiber ratio of 1kg/m³, there was an increase of 91.60% due to the increase in the activation temperature. As a result of the experiments performed on high-strength AAFCs, the specimens that were cured at 90 °C reached the highest fracture energy value. The highest compressive and flexural strengths were obtained as 82 MPa and 3.78 MPa, respectively.

To Cite: Yurt Ü. Kür Sıcaklığının Alkali Aktivasyonlu Lifli Betonunun Kırılma Özelliklerine Etkisi. Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 2022; 5(1):176-188.

Giriş

Beton günümüzde en yaygın kullanılan yapı malzemeleri arasındadır (Turner ve Collins, 2013; Thomas ve Peethamparan, 2015). Yapıların tasarım ve yapım sürecinde, sürdürülebilir çevreci yaklaşımların benimsenmesi çimentonun üretim sürecinde ortaya çıkan zararlı etkileri azaltma

noktasında katkı sağlayacaktır. Çimento üretimi dünya genelinde CO₂ salınımının yaklaşık %7'sinden sorumlu tutulmaktadır (Meyer, 2009; Pasupathy ve ark., 2016; Kaya, 2020). Çimento kaynaklı CO₂ salınımının azaltılmasına yönelik, sürdürülebilir çevre dostu kompozit yapı malzemeleri üzerine araştırmalar giderek artmaktadır (Liu ve ark., 2020; Kaya, 2020; Gómez-Casero ve ark., 2021; Huang ve ark., 2021; Masi ve ark., 2021).

Son yıllarda çimento esaslı bağlayıcı malzemeler yerine sentetik alüminosilikat sınıfına giren geopolimerler kullanılmaktadır. “Geopolimer” terimi alüminasilikat içerikli malzemelerin alkalilerle aktive edilmesiyle oluşan yapıyı tanımlamak için kullanılmıştır. (Davidovits, 2017; Çelikten ve Atabey, 2021). Geopolimerler alkali aktivatörlerle düşük sıcaklıklarda (genellikle 100 °C altında) üretilen ve kovalent bağlı mineral moleküllerinin zincirlerinden oluşan seramik benzeri inorganik bileşik olarak tanımlanabilir. Kullanılan mineral malzemenin kimyasal içeriğine göre değişen sıcaklık değerlerinde dayanım kazanabilir. Aktivasyon sıcaklığının artışına bağlı olarak belirli bir sıcaklık değer aralığında (Yaklaşık 30 °C-120 °C) dayanım gelişiminin olumlu etkilendiği bilinmektedir. Alüminosilikatlar ise, ana oksitleri silisyum oksit (SiO₂) ve alüminyum oksit (Al₂O₃) olan, doğal ya da sonradan ısı işlem sonucu amorf yapıya sahip malzemelerdir (Tuyan ve ark., 2020). Özellikle ince öğütülmüş yüksek fırın cürufu (İÖYFC), Uçucu kül, silis dumanı, pirinç kabuğu külü, metakaolin vb. toz malzemeler geopolimer ve alkali aktivasyonlu beton üretiminde kullanılmaktadır. Bu sayede çevreye zararlı atıkların yapı sektöründe kullanımı sağlanırken, aynı zamanda atıklar bertaraf edilerek kompozit yapı malzemeleri üretmek mümkün olabilmektedir (Zhang ve ark., 2020). Hali hazırda mevcut çözümler arasında, alkaliler ile aktifleştirilmiş bağlayıcı, ekonomik, çevresel ve teknik avantajları nedeniyle en umut verici adaylardan biri olarak ilgi uyandırmaktadır (Aydın ve Baradan, 2013; Yu ve ark., 2014; Thomas ve Peethamparan, 2015; Huang ve ark., 2021). Alkali aktivatörler kullanılarak çevreye zararlı atıkların değerlendirildiği, çimentosuz yapı malzemeleri ile alakalı çalışmalara olan ilgi her geçen gün artmaktadır (Yurt ve ark., 2020; Ding ve ark., 2016; Oğuz ve Emiroğlu, 2016; Kaya, 2020; Yurt, 2020a; Yurt, 2020b; Çelikten ve Atabey, 2021). Literatürde, alkali aktivasyonu sonucunda oluşan yapıya ve karışıma giren malzemelerin kimyasal içeriğine bağlı olarak geopolimer beton, cüruf beton, alkali aktivasyonlu beton vb. isimlendirmeler yapılmaktadır. Çimento benzeri oluşan kimyasal yapı, genel olarak alkali aktivasyonlu beton, cüruf beton vb. olarak adlandırılmaktadır.

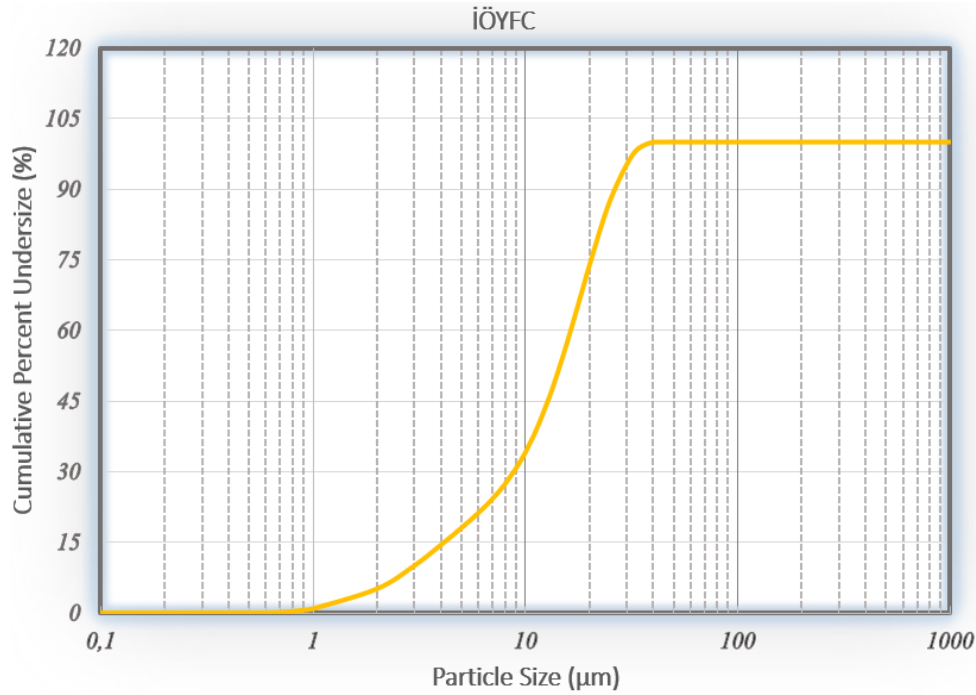
Beton gibi farklı özelliklerdeki malzemelerin bir araya getirilmesiyle oluşturulan kompozit yapının bünyesinde kusurlar olabilmektedir. Bu kusurlar, basınç ve eğilme dayanımı deneyleri sonuçlarına göre değerlendirildiğinde, anlaşılır sonuçlar elde edilemeyebilir. Ancak geleneksel tasarım yöntemlerine kıyasla kırılma mekaniği yaklaşımı ile malzeme bünyesinde bulunan kusurlar, kılcal çatlaklar vb. hesap tasarımına dahil edilerek daha güvenilir sonuçlara ulaşılabilir. İki parametrelili kırılma modeli ile malzeme bünyesinde bulunan kusurların tasarıma dahil edildiği çalışmalar bulunmaktadır (Shah ve ark., 1995; Arslan, 2016; Bideci ve ark., 2017).

Bu çalışma kapsamında farklı aktivasyon sıcaklığına tabi tutulan sertleşmiş alkali aktivasyonlu lifli

beton (AALB) örnekler üzerinde iki parametrelili kırılma modeli ile testler gerçekleştirilmiştir. Yük-CMOD eğrisi altında kalan alanlar hesaplanarak sönmölen enerji miktarları bulunmuştur. Sonrasında kırılma enerjileri hesaplanarak, Aktivasyon sıcaklığındaki değişimin, kırılma enerjisi, basınç ve eğilme dayanımı değerlerine etkisi karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Ayrıca lif oranının değişimine bağılı olarak kırılma enerjisi, basınç ve eğilme dayanımı değerlerindeki değişim incelenmiştir. Aktivasyon sıcaklığının kırılma özelliklileri üzerindeki etkisinin dayanım değerleri ile karşılaştırmalı olarak incelendiğı bu çalışma bu yönüyle literatüre katkı sağlayacaktır.

Materyal ve Metot

Karışımlarda kullanılan İÖYFC Bolu çimento öğütme tesisinden temin edilmiştir. İÖYFC'ye ait dane dağılımı grafiğı Şekil 1'de görölmektedir. İÖYFC'ye ait detaylı bilgiye daha önce gerçekleştirilen çalışmalardan ulaşılabilir (Yurt, 2020).

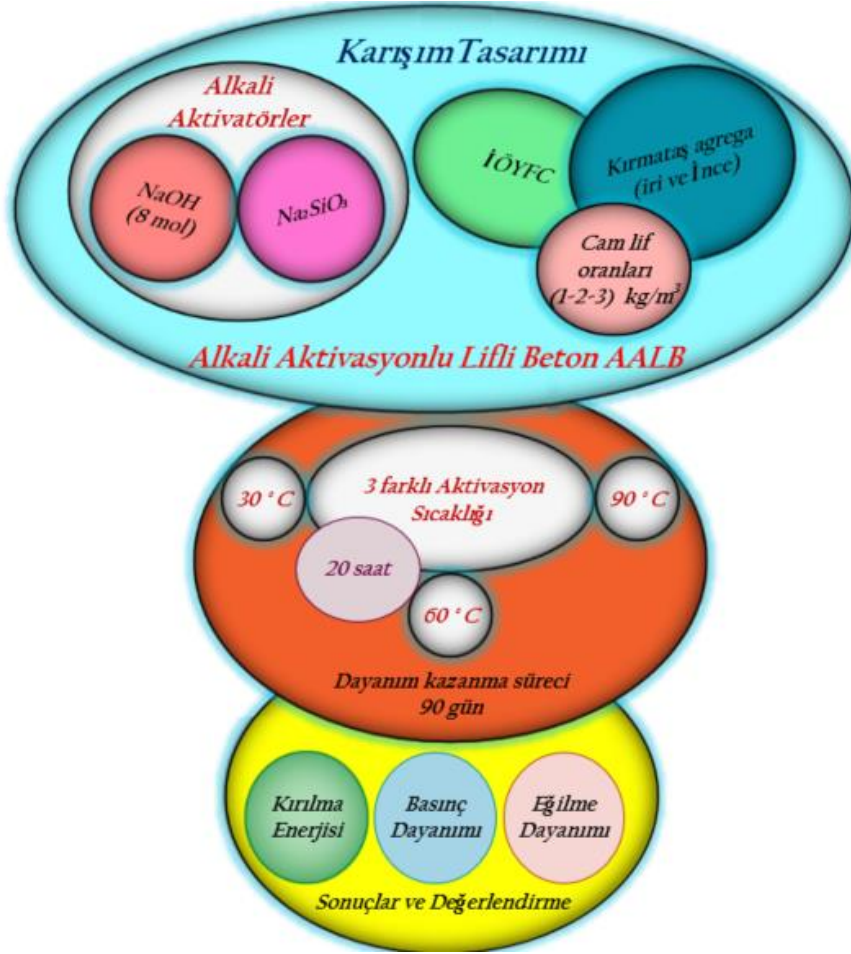


Şekil 1. İÖYFC 'ye ait dane dağılımı grafiğı

İnce ve iri agrega kireçtaşı kökenli olup maksimum dane boyutu 12 mm'dir. Alkali aktivatörlerden sodyum hidroksit (NaOH) pelet halde ve %98 saflıkta 25 kg'lık paketler halinde yakın bir bölgeden temin edilmiştir. Karışım için gerekli olan NaOH, belirlenen molarite değerinde sulu çözelti olarak hazırlanmıştır. Sodyum silikat (Na_2SiO_3) ise 50 kg'lık kaplarda sıvı olarak temin edilmiştir.

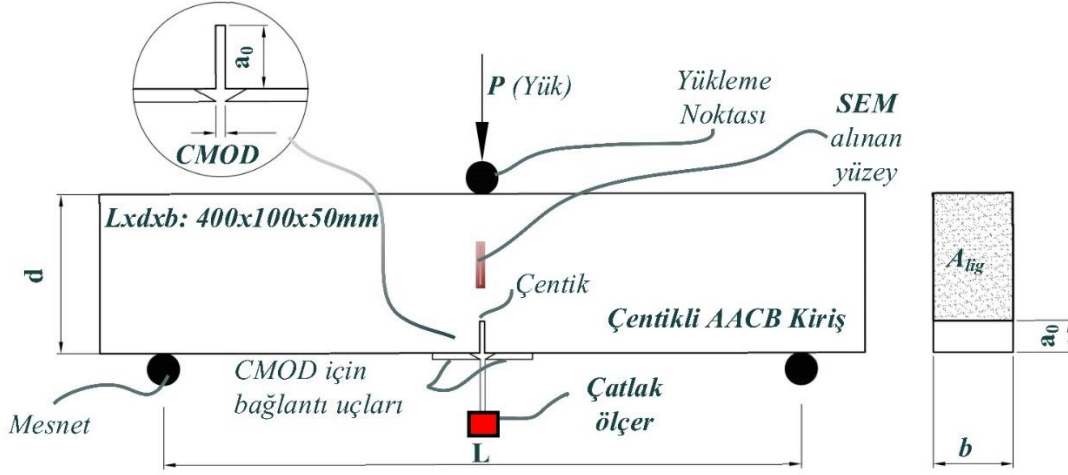
Karışımlarda kullanılan alkali aktivatörlere ait detaylı bilgiye daha önce gerçekleştirilen çalışmalardan ulaşılabilir (Yurt, 2020a; Yurt, 2020b; Yurt ve ark., 2020; Yurt ve Emiroğlu, 2020). AALB karışımlarında kullanılan malzeme oranları $\text{Na}_2\text{SiO}_3/\text{NaOH}$: 3/2, $(\text{NaOH} + \text{Na}_2\text{SiO}_3)/\text{İÖYFC}$: 2/5, İri agrega/İnce agrega: 3/2, Toplam agrega/İÖYFC: 2,25 oranlarında kullanılmıştır. Cam lif,

karışımlarda ağırlıkça 1 kg/m³, 2 kg/m³ ve 3 kg/m³ oranlarında, ortalama uzunluğu 12 mm olan korozyona dayanıklı lif kullanılmıştır. AALB karışımlarının hazırlanmasında ilk olarak Şekil 2’de belirtilen malzemelerden NaOH 8 molar sulu çözelti haline getirilmiştir. Bu işlem karışımdan en az 24 saat önce yapılarak yüksek sıcaklığa ulaşan çözeltinin soğuması beklenmiştir.



Şekil 2. AALB'nin üretim ve test süreci

Daha sonra ince ve iri agrega mikserde yerleştirilerek homojen bir dağılım oluşturuluncaya kadar karıştırılmıştır. Agregaların hemen ardında İÖYFC karışıma eklenerek kuru olarak agregalar ile birlikte iyi bir dağılım elde edilinceye kadar tekrar karıştırılmıştır. Sonrasında NaOH ve Na₂SiO₃ karışıma yavaş yavaş ilave edilerek karıştırmaya devam edilmiştir. Şekil 2’de AALB’nin üretim süreci ve karışımda kullanılan malzeme ve oranları şematik olarak sunulmuştur. Hazırlanan taze AALB, aktivasyon için kalıplara vibrasyon yardımıyla yerleştirilmiştir. Farklı sıcaklık koşullarının kırılma özelliklerine etkisinin araştırılması amacıyla 20 saat süreyle üç farklı aktivasyon sıcaklığı (30 °C, 60 °C, 90 °C) uygulanmıştır. Sonrasında 90 gün oda sıcaklığında bekletilen numuneler üzerinde eğilme dayanımı, basınç dayanımı ve kırılma deneyleri gerçekleştirilmiştir. Kırılma deneyleri için 50x100x480 mm uzunluğunda hassas çentikli kiriş kalıplar kullanılarak üretilen kiriş örnekler kırılma testine tabi tutulmuştur. Çatlak kontrollü gerçekleştirilen deneylere ait test düzeneği şekil 3’de verilmiştir.



Şekil 3. Kırılma deneyi test düzeneği

İki noktalı kırılma modeli ile elde edilen değerler kullanılarak, Eşitlik 2 yardımıyla eğilme dayanımı değerleri hesaplanmıştır. Yük ve çatlak kontrollü gerçekleştirilen kırılma testi sonucunda elde edilen Yük-CMOD eğrisi altında kalan alanlar hesaplanarak Eşitlik 1’de verilen formül ile kırılma enerjileri hesaplanmıştır.

$$(G_F) = \frac{W_0 + m \cdot g \cdot \delta_0}{A_{lig}} (N / mm) \quad (1)$$

Kırılma enerjilerinin hesaplanmasında kullanılan Eşitlik 1’de G_F : kırılma enerjisi (N/m), δ_0 maksimum deformasyon (m), mg mesnetler arasına yerleştirilen numunenin kendi ağırlığı (kg), W_0 Yük-CMOD grafiği altında kalan alan (N/m), ve A_{lig} : kırılma yüzey alanı (m^2); $A_{lig} = (D - a_0) \cdot b$, (m^2); $(D - a_0)$ Çentik hariç kiriş yüksekliği, b : kırılma bölgesindeki kiriş genişliği olarak ifade edilmektedir (Pirmohammad ve ark., 2021; Serin ve ark., 2021).

$$f_e = \frac{3PL}{2b(D - a_0)^2} (MPa) \quad (2)$$

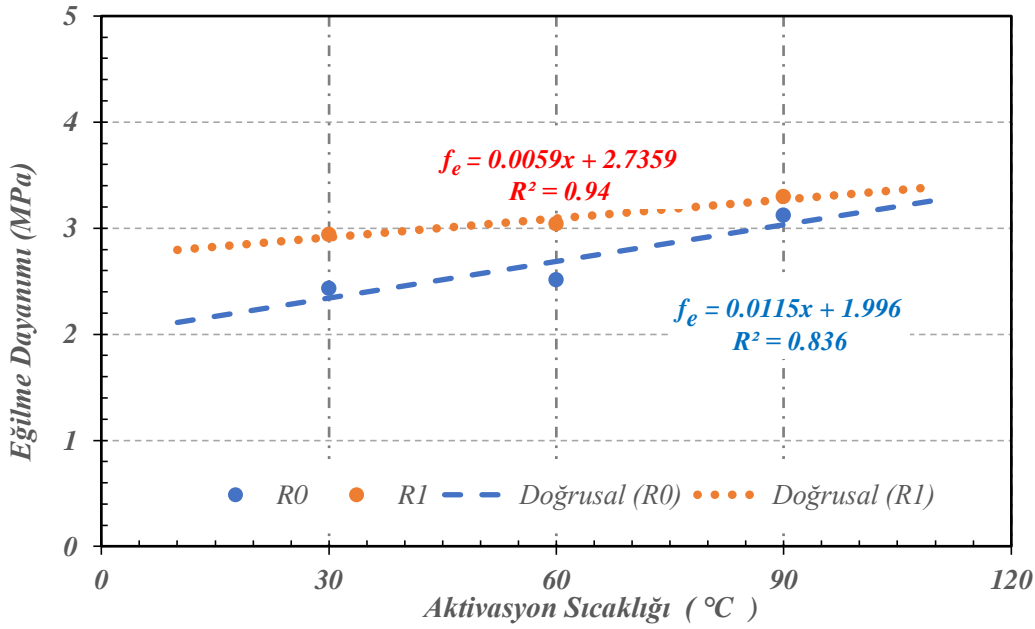
Eşitlik 2’de ifade edilen; eğilme dayanımı, L : mesnetler arasındaki mesafe, P : maksimum yük, D : kiriş yüksekliği, a_0 : çatlak boyu ve b numune genişliği olarak ifade edilmektedir (Yurt, 2015).

Bulgular

Eğilme ve Basınç Dayanımı

AALB’lerin aktivasyon sıcaklığına bağlı olarak eğilme dayanımı değerlerindeki değişim, referans ve

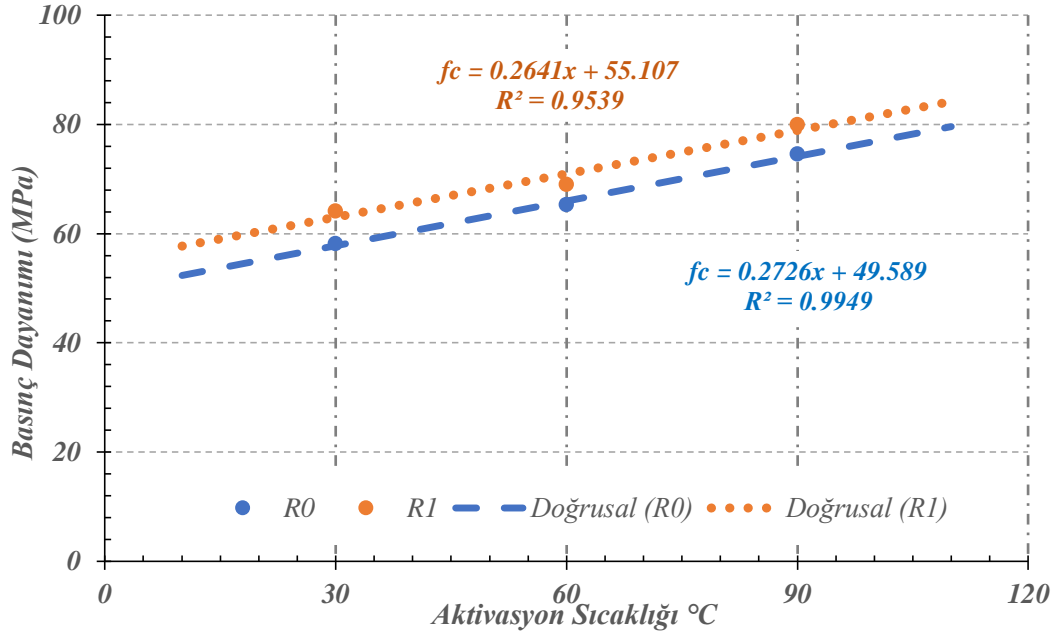
1kg/m³ lif oranına sahip örnekler Şekil 4'te karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Aktivasyon sıcaklığındaki artış ile birlikte genel olarak lif içermeyen numunelerde ve ağırlıkça 1 kg/m³ lif içeren örneklerde artış olduğu görülmüştür. Genel olarak sıcaklık ve eğilme dayanımı arasındaki doğrusal bir ilişki olduğu görülmüştür. Lif içeren numunelerin lif içermeyen numunelere göre daha yüksek eğilme dayanımı değerine ulaştığı gözlemlenmiştir. Bu durum literatür ile paralellik göstermektedir (Bernal ve ark., 2010). Lifli numunelerde R² değeri 0,940 iken lif içermeyen numunelerde 0,836 olarak gerçekleşmiştir.



Şekil 4. Eğilme dayanımı sonuçları

En düşük aktivasyon (30 °C) sıcaklığında dayanım kazanan numunelere göre 60 °C ve 90 °C aktivasyon sıcaklığı uygulanan R₀ ve R₁ lif oranına sahip örnekler kendi içerisinde değerlendirildiğinde (Şekil 4) sırasıyla %3,30; %28,35 ve %3,40; %12,08 oranında eğilme dayanımı değerlerinde artış görülmüştür. Benzer aktivasyon sıcaklığına maruz bırakılan eğilme numunelerinden lif içermeyen numuneler referans alınarak karşılaştırma yapıldığında sırasıyla 30 °C için: %20,99; 60 °C için: %21,12 ve 90 °C için: %5,64 oranında artış görülmüştür. Basınç dayanımı ve aktivasyon sıcaklığı arasındaki ilişkiyi gösteren grafik Şekil 5'te verilmiştir. Şekil 5 incelendiğinde basınç dayanımı ve aktivasyon sıcaklığı arasında güçlü bir ilişki olduğu görülmektedir. Aktivasyon sıcaklığının artışı ile dayanım gelişimi arasındaki ilişki literatür ile paralellik göstermektedir (Gómez-Casero ve ark., 2021). Lif içeren ve içermeyen örneklerin R² değerleri sırasıyla 0,954 ve 0,995 olarak elde edilmiştir. Aktivasyon sıcaklığının artışı ile basınç dayanım değerleri lineer olarak artmaktadır. En düşük aktivasyon (30 °C) sıcaklığında dayanım kazanan numunelere göre 60 °C ve 90 °C uygulanan R₀ ve R₁ lif oranına sahip örnekler kendi içerisinde değerlendirildiğinde sırasıyla %12,34;

%28,16 ve %7,65 ve %24,74 artış göstermiştir.

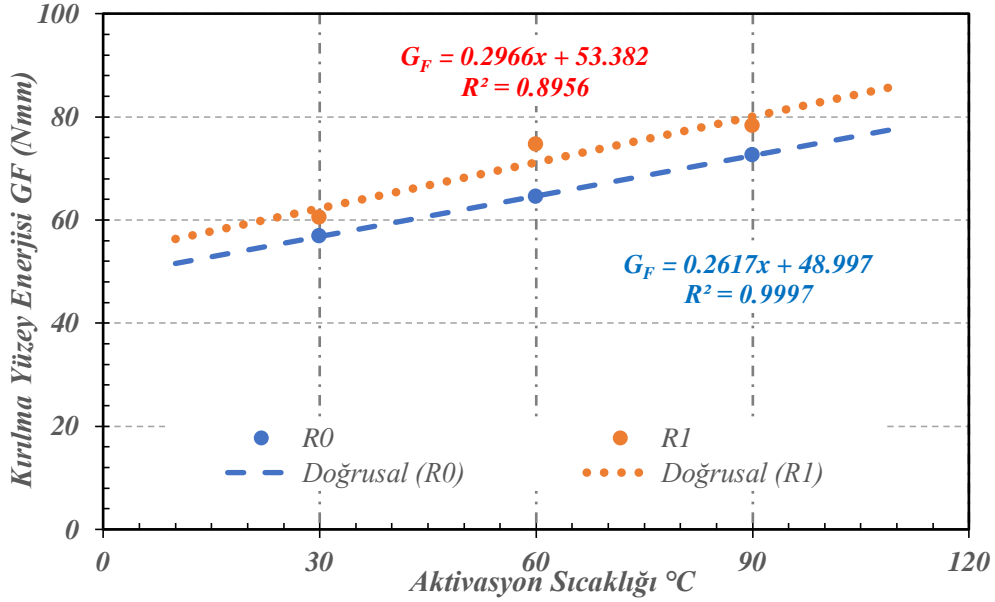


Şekli 5. Basınç dayanımı sonuçları

Aynı aktivasyon sıcaklığına maruz bırakılan örnekler lif içermeyen numuneler baz alınarak değerlendirildiğinde sırasıyla 30 °C için: %10,22; 60 °C için: %5,62 ve 90 °C için: %7,27 oranında artış görülmüştür.

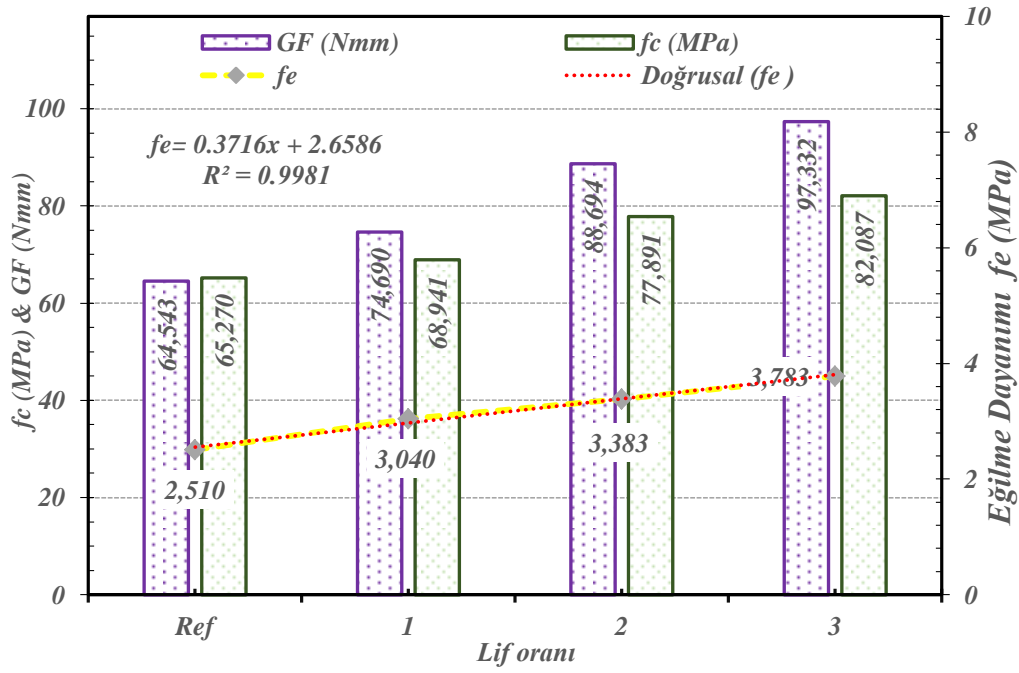
Kırılma Enerjisi

Kırılma yüzey enerji değerleri Şekil 6'da verilmiştir. Grafik incelendiğinde genel olarak AALB'lerin kırılma yüzey enerjisi ve aktivasyon sıcaklığı arasında doğrusal bir ilişki olduğu tespit edilmiştir. Genel olarak tüm örneklerde (R₀ ve R₁) aktivasyon sıcaklığındaki artışla doğru orantılı olarak G_F değerleri artmaktadır. Farklı aktivasyon sıcaklığı uygulanan (R₀) ve ağırlıkça 1kg/m³ lif içeriğine (R₁) sahip örnekler aynı aktivasyon sıcaklığı içerisinde R₀ referans alınarak karşılaştırmalı olarak incelendiğinde, sırasıyla 30 °C için: %6,32; 60 °C için: %15,72 ve 90 °C için: %5,69 oranında artış görülmüştür. Şekil 6'da regresyon analizi sonuçları incelendiğinde lif içeren örneklerin R² değerleri 0,896 iken lif içermeyen örneklerin R² değerleri 0,999 olarak gerçekleşmiştir. Bu duruma karışıma giren liflerin oluşturduğu boşluk ve kusurların yol açtığı düşünülmektedir. Lif oranının kırılma yüzey enerjisi, eğilme dayanımı ve basınç dayanımı üzerindeki etkisi farklı lif oranları ile karşılaştırmalı olarak incelenmesi amacıyla Şekil 7'deki grafik oluşturulmuştur. Bu kapsamda sabit aktivasyon sıcaklığında (60 °C) ağırlıkça 1kg/m³, 2kg/m³ ve 3kg/m³ lif oranlarına sahip örnekler karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir.



Şekil 6. Kırılma yüzey enerjileri

Genel olarak lif oranının artması ile birlikte tüm örneklerin basınç dayanımı, eğilme dayanımı ve kırılma yüzey enerjileri artış eğilimindedir. Eğilme dayanımı ve lif oranı arasında kuvvetli bir ilişki olduğu Şekil 7'de görülmektedir. Daha önce yapılan çalışmalarda lif oranı ve eğilme dayanım arasında güçlü bir ilişki olduğu bildirilmiştir (Yu ve ark., 2014). Lif oranı ve eğilme dayanımı arasındaki ilişkiyi veren eşitliğin R^2 değeri 0,9981 olarak elde edilmiştir. Referans numuneye göre basınç ve kırılma yüzey enerji değerleri lif oranındaki artışa göre değerlendirildiğinde sırasıyla, Basınç dayanımı değerleri %5,62; %19,34; %25,77 oranında kırılma yüzey enerji değerleri %15,72; %37,41; %50,80 oranında artış göstermiştir. Kırılma yüzey enerji değerlerindeki %50'lik artış lifler ve bağlayıcı matris arasında güçlü bir aderans olduğuna işaret etmektedir. En yüksek basınç dayanımı değeri 82,09 MPa olarak gerçekleşmiştir. Eğilme dayanımı değerleri referans numune baz alınarak değerlendirildiğinde Lif oranının artışına bağlı olarak sırasıyla %21,12; %34,66; %50,60 oranında artış gerçekleşmiştir. Beton yapısı itibarıyla bünyesinde çok fazla kılcal çatlak bulundurmaktadır. Bu çatlakların yük etkisi altındaki davranışının belirlenmesi taşıyıcı sistem tasarımı için oldukça önemlidir. Geleneksel yaklaşımlarla bu çatlakların taşıyıcı sistem davranışına etkisini saptamak tam olarak mümkün olmamaktadır. Malzeme özelliklerinin kırılma yaklaşımları ile belirlenmesi, geleneksel yaklaşımlara göre nispeten daha iyi sonuçlar vermektedir. Bu çalışma kapsamında çatlak kontrollü yükleme yapılmıştır. Bu sayede sadece dayanım değerine göre değil, aynı zamanda tüketilen enerji değerlerine göre karşılaştırma yapma imkânı sağlanmıştır.

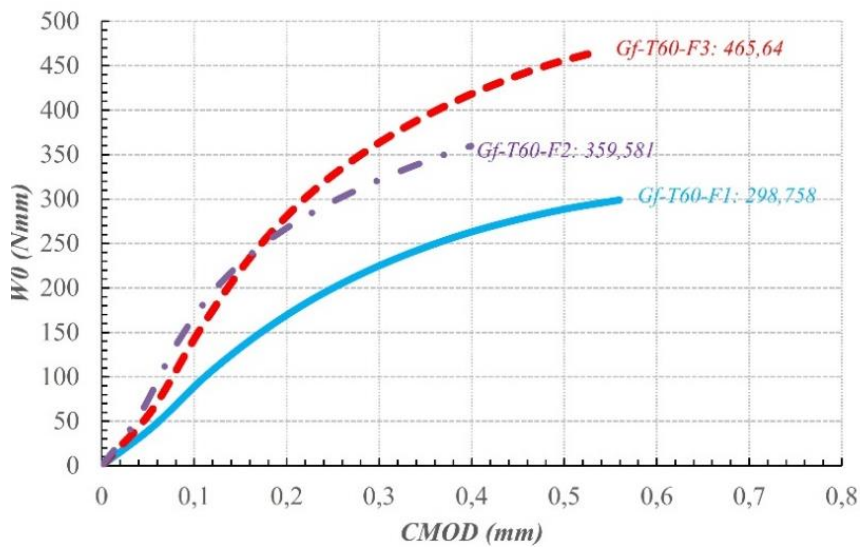
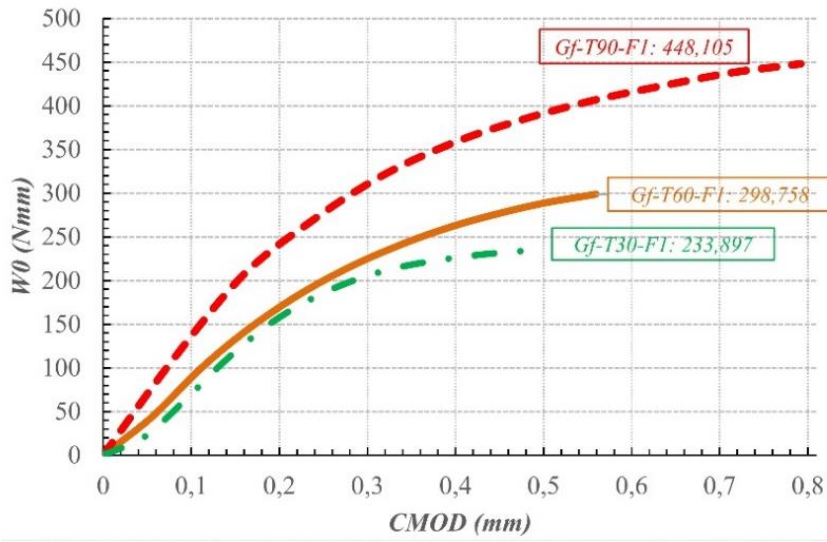
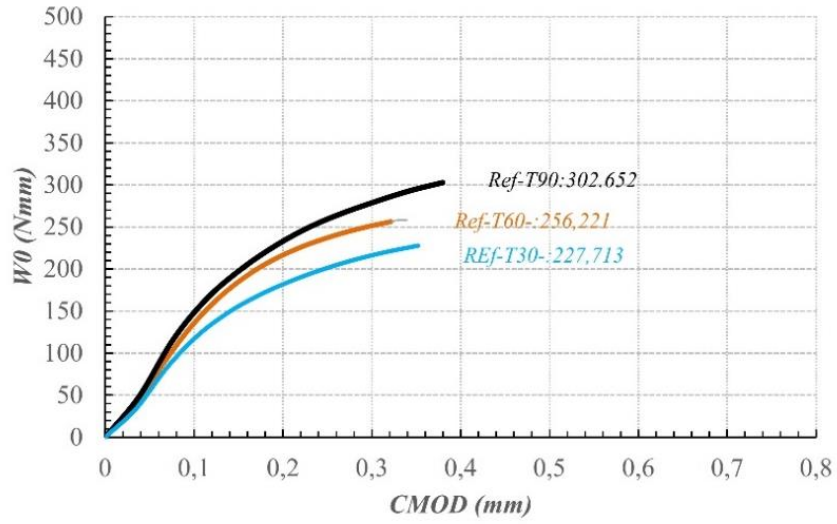


Şekli 7. G_F , f_c ve f_e karşılaştırmalı sonuçları

Gerçekleştirilen deneysel çalışmada, çatlak ilerleyişine bağlı olarak Yük-CMOD grafiği altında kalan alanlar hesaplanarak teste tabi tutulan çentikli kiriş örneklerin enerji tüketme değerleri elde edilmiştir. Bu değerler yardımıyla çatlak açılımına bağlı enerji tüketme grafikleri çizilmiştir. Çatlak açılımına bağlı olarak elde edilen enerji tüketme grafikler Şekil 8’de görülmektedir.

Grafikler incelendiğinde (Şekil 8) lif içermeyen referans numunelerin enerji tüketme değerlerinin 227,713 Nmm ve 302,652 Nmm aralığında değiştiği görülmektedir. Kür sıcaklığının artışı ile enerji tüketme değerlerinin arttığı tespit edilmiştir. En düşük aktivasyon sıcaklığına tabi tutulan Ref-T30 kodlu numune referans alındığında Ref-T60 ve Ref-T90 sarasıyla %12,52 ve %32,91 oranında artış göstermiştir. Aktivasyon sıcaklığındaki artışın enerji tüketme değerleri üzerinde olumlu katkı sağladığı bu grafiklerden görülebilir.

Sabit lif oranına (R_1) sahip örnekler aktivasyon sıcaklığındaki değişime bağlı olarak değerlendirildiğinde sırasıyla 30 °C, 60 °C ve 90 °C aktivasyon sıcaklığı için sırasıyla 233,897 Nmm; 298,758 Nmm ve 448,105 Nmm, değerler elde edilmiştir.



Şekil 8. Sönümlenen enerji değerleri

En düşük aktivasyon sıcaklığı referans alınarak değerlendirildiğinde sabit lif oranına sahip örneklerde kür sıcaklığının artışı ile sırasıyla %27,73 ve %91,60 artış gerçekleşmiştir. Sabit aktivasyon sıcaklığına maruz bırakılan ve farklı lif içeriğine sahip örnekler Ref-T60 kodlu numune (256,22 Nmm) referans alınarak değerlendirildiğinde, lif oranının artışına bağlı olarak sönmölen enerji oranları sırasıyla %16,60; %40,34 ve %81,73 olarak gerçekleşmiştir.

Gerçekleştirilen bu çalışmada elde edilen kırılma enerjisi değerlerinin aktivasyon sıcaklığı ile ilişkili olarak değiştiği gözlemlenmiştir. Ayrıca lif oranının artışı ile geleneksel betona benzer şekilde sönmölen enerji değerlerinin arttığı görölmüştür. Alkali aktivasyonlu kompozitlerin tasarımında, aktivasyon sıcaklığının sönmölen enerji değerleri üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu görölmüştür.

Sonuçlar

Sürdürülebilir çevre dostu alkali aktivasyonlu lifli beton (AALB) karışım tasarımları üzerinde basınç dayanımı, eğilme dayanımı, enerji tüketme değerleri ve kırılma yüzey enerjileri belirlenmiştir. Farklı aktivasyon sıcaklığının dayanım, enerji tüketme ve kırılma özellikleri üzerindeki etkisi karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Ayrıca farklı lif oranlarının yukarıda belirtilen özellikler üzerindeki etkisi de bu çalışma kapsamında değerlendirilmiştir. Çalışma kapsamında ulaşılan sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

- Yüksek dayanımlı alkali aktivasyonlu çevre dostu sürdürülebilir beton üretimi gerçekleştirilmiştir.
- Aktivasyon sıcaklığının artışına paralel olarak dayanım ve kırılma enerji değerlerinde artış görölmüştür.
- Lif oranının artışına bağlı AALB'lerin kırılma yüzey enerji değerlerinde %50,80 oranında artış görölmüştür.
- Aktivasyon sıcaklığı ve lif oranının değişiminin kırılma enerji değerleri üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu belirlenmiştir.
- Malzemelerin enerji sönmöleme oranları lif oranının artışına paralel olarak artmıştır. Benzer lif oranına sahip numuneler aktivasyon sıcaklığının artışına bağlı olarak değerlendirildiğinde %91,58 oranında artış görölmüştür.
- Sabit aktivasyon sıcaklığında lif oranının artışına bağlı olarak sönmölen enerji değerlerinde %55,86 oranında artış gerçekleşmiştir.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarı herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

Araştırmacının Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazar makaleye %100 oranında katkı sağlamış olduğunu beyan eder.

Kaynaklar

- Arslan ME. Effects of basalt and glass chopped fibers addition on fracture energy and mechanical properties of ordinary concrete: CMOD measurement. *Construction and Building Materials* 2016; 114: 383-391.
- Aydın S., Baradan B. The effect of fiber properties on high performance alkali-activated slag/silica fume mortars. *Composites Part B: Engineering* 2013; 45(1): 63-69.
- Bernal S., Gutierrez R De., Delvasto S., Rodriguez E. Performance of an alkali-activated slag concrete reinforced with steel fibers. *Construction and Building Materials* 2010; 24(2): 208-214.
- Bideci A., Öztürk H., Bideci ÖS., Emiroğlu M. Fracture energy and mechanical characteristics of self-compacting concretes including waste bladder tyre. *Construction and Building Materials* 2017; 149: 669-678.
- Çelikten S., Atabey İİ. Su içeriği ve ısı kür süresinin atık bazalt tozu esaslı geopolimer harçların fiziksel ve mekanik özelliklerine etkisi. *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi* 2021; 10(1): 328-332.
- Davidovits JJ. Geopolymers: Ceramic-like inorganic polymers. *Journal of Ceramic Science and Technology* 2017; 8(3): 335-350.
- Ding Y., Dai JG., Shi CJ. Mechanical properties of alkali-activated concrete: A state-of-the-art review. *Construction and Building Materials* 2016; 127: 68-79.
- Gómez-Casero MA., Pérez-Villarejo L., Castro E., Eliche-Quesada D. Effect of steel slag and curing temperature on the improvement in technological properties of biomass bottom ash based alkali activated materials. *Construction and Building Materials* 2021; 302: 124205.
- Huang L., Liu JC., Cai R., Ye H. Mechanical degradation of ultra-high strength alkali-activated concrete subjected to repeated loading and elevated temperatures. *Cement and Concrete Composites* 2021; 121:104083.
- Liu Y., Shi C., Zhang Z., Li N., Shi D. Mechanical and fracture properties of ultra-high performance geopolymer concrete: Effects of steel fiber and silica fume. *Cement and Concrete Composites* 2020; 112: 103665.
- Oğuz M., Emiroğlu M. Elazığ ferrokrom cürufunun alkali aktive edilmiş harç üretiminde kullanım potansiyelinin araştırılması. *Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi* 2016; 28(1): 23-34.
- Masi G., Filipponi A., Bignozzi MC. Fly ash-based one-part alkali activated mortars cured at room temperature: Effect of precursor pre-treatments. *Open Ceramics* 2021; 8: 100178.
- Kaya M. Yüksek ve düşük kalsiyum içeren uçucu küller ile üretilen geopolimer harçların fiziksel ve mekanik özelliklerinin İncelenmesi. *Türk Doğa ve Fen Dergisi* 2020; 9(2): 96-104.
- Meyer C. The greening of the concrete industry. *Cement and Concrete Composites* 2009; 31(8): 601-605.

- Pasupathy K., Berndt M., Castel A., Sanjayan J., Pathmanathan R. Carbonation of a blended slag-fly ash geopolymer concrete in field conditions after 8 years. *Construction and Building Materials* 2016; 125: 661-669.
- Pirmohammad S., Abdi M., Ayatollahi MR. Effect of support type on the fracture toughness and energy of asphalt concrete at different temperature conditions. *Engineering Fracture Mechanics* 2021; 254: 107921.
- Serin S., Emiroğlu M., Gönül VE. Investigation of the fracture energy of hot mixtures asphalt incorporating metallic wastes via semi-circular bending test. *Construction and Building Materials* 2021; 300: 124006.
- Shah SP., Swartz SE., Ouyang C. Fracture mechanics of concrete: applications of fracture mechanics to concrete, rock and other quasi-brittle materials. NY: John Wiley & Sons; 1995.
- Thomas RJ., Peethamparan S. Alkali-activated concrete: Engineering properties and stress-strain behavior. *Construction and Building Materials* 2015; 93: 49-56.
- Turner LK., Collins FG. Carbon dioxide equivalent (CO₂-e) emissions: A comparison between geopolymer and OPC cement concrete. *Construction and Building Materials* 2013; 43: 125-130.
- Tuyan M., Boyacı OC., Çakır ÖA., Ramyar K. Uçucu kül esaslı geopolimer betonların mekanik özellik ve yüksek sıcaklık dirençlerinin araştırılması. *Hazır Beton Dergisi* 2020; 161: 71-76.
- Yu R., Spiesz P., Brouwers HJH. Mix design and properties assessment of ultra-high performance fibre reinforced concrete (UHPC). *Cement and Concrete Research* 2014; 56: 29-39.
- Yurt Ü. Kriyojenik sıcaklık etkisindeki kendiliğinden yerleşen betonlarda kırılma mekaniği performansının belirlenmesi. Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, sayfa no:44, Düzce, Türkiye, 2015.
- Yurt Ü. An experimental study on fracture energy of alkali activated slag composites incorporated different fibers. *Journal of Building Engineering* 2020a; 32: 101519.
- Yurt Ü. High performance cementless composites from alkali activated GGBFS. *Construction and Building Materials* 2020b; 264: 120222.
- Yurt Ü., Dündar B., Çınar E. Jeopolimer betonlarda sülfürik asit etkisinin araştırılması. *Düzce University Journal of Science and Technology* 2020; 8(2): 1548-1561.
- Yurt Ü., Emiroğlu M. Zeolit ikameli geopolimer betonlarda kür şartlarının etkileri. *Academic Platform-Journal of Engineering and Science* 2020; 8(2): 396-402.
- Zhang B., He P., Poon CS. Improving the high temperature mechanical properties of alkali activated cement (AAC) mortars using recycled glass as aggregates. *Cement and Concrete Composites* 2020; 112: 103654.