

Pomza Karışımli Betonun Elmas Soketli Dairesel Testere ile Kesiminde Soket Performanslarının İncelenmesi

Searching Cutting Performance in Pumice Mixed Concrete Products of Diamond Socket Circular Saw

Ali SARIİŞİK, Onur KARPAT

Afyon Kocatepe Üniversitesi, Müh. Fak., Maden Müh. ANS Kampüsü 03200, Afyonkarahisar, sariisik@aku.edu.tr

ÖZET Bu çalışmada, elmas soketli dairesel testere ile pomza karışımli hafif betonun kesim performansları araştırılmıştır. Hafif betonun kesilmesinde varyasyon deneylerinde, güç tüketimi, kesme kuvvetleri ve spesifik enerji değerleri elde edilmiştir. Elde edilen verilere analitik bir yaklaşım uygulanarak optimum kesme parametreleri belirlenmiştir. Bulunan optimum kesme parametreleri ile performans deneyleri yapılmıştır. Varyasyon ve performans deneylerinde, kesim süresi, teğetsel, normal ve kesme kuvvetleri, güç tüketimi, spesifik enerji değerleri elde edilmiştir. Bu deneyler sonucunda elde edilen verilere göre 4 çeşit hafif beton blok numunesi ve endüstride kullanılan elmas soket kompozisyonu için optimum kesme parametreleri belirlenmiştir. En iyi kesme verimi çevresel hızın 60 m/sn, kesme hızının 2 m/dk ve kesme derinliğinin 110 mm seçildiği kesme parametrelerinde elde edilmiştir. Endüstride kullanılan elmas soket kompozisyonu ile hafif beton blok numuneleri üzerinde yapılan deneyler sonucunda en verimli kesme işleminin C3 hafif beton blok numunesinin kesiminde gerçekleştiği sonucuna varılmıştır.

ABSTRACT In this study, cutting performances of diamond socket circular saw and pumice mixed Lightweight weight concrete have been searched. In the variation experiments of cutting Lightweight weight concrete, power consumption, cutting forces and specific energy values have been obtained. By applying an analytic approach to the obtained data, optimum cutting parameters have been determined. Performance experiments have been performed with optimum cutting parameters. In the variation and performance experiments, cutting time, tangential, normal and cutting forces, power consumption, and specific energy values have been obtained. According to the data obtained as a result of these experiments, optimum cutting performances have been determined for 4 types of Lightweight weight concrete block sample and composition of diamond socket used in the industry. The best cutting efficiency has been obtained from the cutting parameters where the peripheral speed has been selected as 60 m/sn, cutting speed as 2 m/min and cutting depth as 110 mm. As a result of the experiments conducted on the composition of diamond socket used in the industry and Lightweight weight concrete samples, it was inferred that the most efficient cutting process has occurred in cutting of C3 Lightweight weight concrete block sample.

1 GİRİŞ

Hafif yapı elemanlarının imalatında (izolasyon bloğu veya izolasyon tuğlası) normal beton içerisinde kullanılan ve betonun %60-80'inin oluşturan kırma taş ve kum/çakıl gibi normal agregalar yerine yoğunluğu düşük, porozitesi yüksek pomza (Gündüz, 2007; Demirdag ve Gündüz, 2008; Sari ve Paşamehmetoğlu, 2001) kullanılması ile mümkün olmaktadır. Üretim aşamasında pomzanın uygun boyutlarda sınıflandırılması, uygun oranda çimento ve su ile karıştırılıp kalıplara dökülmesi, vibrasyonlu presleme işlemiyle şekillendirilmesi, kütleme, paketleme ve mamül ürün eldesi şeklinde gerçekleştirilmektedir (Gündüz 2005). İzolasyon bloğu üretimi için ilk defa dairesel testereli blok kesme makinesi kullanılarak tek sıra boşluklu duvar hafif blok elemanı üretilmiştir. Klasik üretim prosesinde iki değişiklik yapılmış olup bunlar; (i) küçük boyutlu kalıplar yerine çok daha büyük boyutlu kalıpların kullanılması ve (ii) bimsblok robotik üretim prosesi (vibrasyon ve presleme) yerine büyük blok halinde üretilmiş ürünler, doğal taş bloklarını kesmede kullanılan dairesel testereli blok kesme makinesi kullanılarak ebatlı izolasyon blokları elde edilmiştir. (Sarıışık vd. 2010; 2012).

Dairesel testereli blok kesme makinelerinde farklı boyutlarda kesici diskler seçilmektedir. Bu kesici disklerin uç kısımlarında farklı şekil ve kompozisyonlarda elmas soketler kullanılmaktadır. Bu elmas soketlerin kesilecek numuneye uygun seçilmesi kesme işlemi önemli ölçüde etkilemektedir. Kesme işlemi etkileyen diğer faktörler ise çevresel hız, ilerleme hızı, kesme derinliği, kesme genişliği, testere çapı ve su debisi gibi etkenlerdir. Kesilecek numuneye uygun soketin ve kesme parametrelerinin seçimi, kesme verimi, elektrik tüketimi ve kesme maliyeti gibi unsurları etkilemektedir. Bu sebepten kesilecek numuneye uygun elmas soketlerin ve kesme parametrelerinin seçimi çok önemlidir (Karpaz, 2013).

Elmas soketler üzerinde literatürde çeşitli çalışmalar mevcuttur. Bu çalışmalar genellikle, kayaç ve beton kesim işleminde elmas soketlerin aşınması, elmas soketlerdeki kesim performansı, kesme kuvvetleri, spesifik enerji, güç tüketimi, elmas soketlerde oluşan hasarlar, kesilen numuneye uygun elmas soket kompozisyonunun araştırılması üzerine yoğunlaşan çalışmalardır. Elmas soketlerin takıldığı dairesel testereler üzerine de çeşitli çalışmalar bulunmaktadır. Dairesel testerelerin dinamik davranışları ve kesme yöntemlerinin üzerine literatürde bilgilere rastlanmaktadır. Ayrıca analitik yaklaşım ve modellemelerle elmas soket tasarımı, kesme kuvvetlerinin saptanması gibi çalışmalar da mevcuttur (Nishimatsu (1972), Ünver, 1992; Tönshoff vd. 1993; Luo ve Liao 1995; Tönshoff vd. (2002), Bayram vd. 2003; Ersoy ve Atıcı 2004; Xu ve Li 2003; Wei vd. 2003; Wang ve Clausen (2003), Büyüksağış vd. (2003), Büyüksağış ve Gökten (2005), Wang vd. 2004, Hu 2006, Han vd. 2007; Rosa vd. 2004, Yalçın vd. 2007; Büyüksağış 2007, Güneş ve Gökten, 2008; Vaner ve Akarslan 2009; Uzun vd. 2008;2009, Dursun ve Çimen (2010)).

Bu çalışmada, kesme deneyleri tam otomatik bilgisayar kontrollü dairesel testereli bir kesim makinesi ile yapılmıştır. Çalışma da tek çeşit beton blok numunesi ile tek çeşit elmas soket seçilerek farklı kesme parametrelerinde tam faktöriyel olarak varyasyon deneyleri yapılmıştır. Varyasyon deneyleri ile güç tüketimi, kesme kuvvetleri ve spesifik enerji verileri elde edilmiştir. Bu elde edilen veriler kullanılarak, 4 çeşit hafif beton blok numunesinin performans deneylerinde kullanılacak optimum kesme parametreleri belirlenmiştir. Pomza agregalı hafif beton kullanarak oluşturulan izolasyon bloklarının üretimi verimliliğinin artırılmasında önemli bir bilgi sağlanmıştır.

2 MATERYAL VE METOT

2.1. Materyal

Bu çalışmada kesim özellikleri geliştirilecek hafif beton karışımlarında kullanılan pomza,

Nevşehir yöresine ait asidik pomza özelliğinde, Hilal Bims Ltd. Şti ocaklarından temin edilmiştir. Çalışmada kullanılan pomza agregasının, çimento özellikleri Çizelge 1’de verilmiştir.

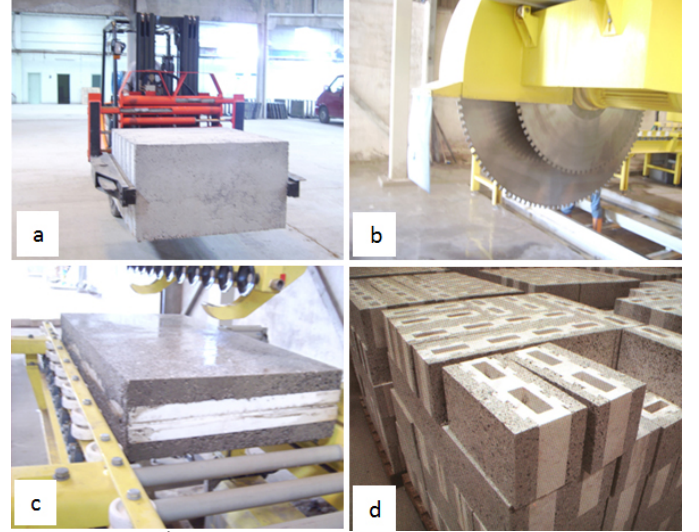
Çizelge 1. Pomza ve çimento teknik özellikleri (Sarışık ve Sarışık; 2010)

Pomza Özelliği	Birim	Değer
Renk	-	Beyaz
Mohs Sertliği	-	6
pH	-	5,5-6,0
Özgül Kütle	kg/m ³	2320,0
Birim Hacim Ağırlık	kg/m ³	423,0
Su Emme	%	34,0
Doluluk Oranı	%	18,5
Gerçek Porozite	%	69,0
Görünür Porozite	%	81,5
Pomza Yalıtım Özelliği		
Isı İletkenliği	W/mK	0,132
Sıva Tutma	-	Çok iyi
Özgül Isı Kapasitesi	kcal/kg°C	0,255
Ses Geçiş Katsayısı		0,20
Çimento Özelliği		
Özgül Ağırlığı	kg/m ³	3100,0
28 Günlük Basınç Dayanımı	MPa	43,00

2.2. İzolasyon Bloğun Endüstriyel Üretim Yöntemi

Doğaltaş sektöründen uyarlanmış, modern hassas otomatik blok kesme makinesinde ölçülere uygun olarak kesilmektedir (Şekil 1a). Dairesel testereli kesim makinesinde doğaltaş sektöründen farklı olarak, dikey ve yatay testere yerine 2 adet dikey testere kullanılarak kademeli kesim yapılmaktadır. Küçük çaplı dikey testere 650 mm yüksekliğindeki bloğun önce yarı kademesini kesmekte daha sonra büyük çaplı testere ise diğer yarısını kesmektedir (Şekil 1b). Dairesel testereli blok kesme makinesi ile kesilerek elde edilen 1250x650x200 mm boyutlarında büyük blok dilimleri vakumlu robot makinası ile üretim bandı üzerine alınmaktadır (Şekil 1c). Önce büyük blok dilimleri boy ebatlama makinesi ile 1250x200x200 mm boyutuna, daha sonra enine ebatlama makinesi ile 200x400x200 mm boyutuna kesilerek, büyük bloktan toplamda 54 adet izolasyon bloğu

üretilmektedir (Şekil 1d) (Sarışık ve Sarışık 2010;2012).



Şekil 1. İzolasyon bloğu üretim tesisinde proses süreci (Sarışık ve Sarışık; 2010)

2.3. Deneylerde Kullanılan Hafif Beton Blok Numuneleri

Deneylerde kullanılan hafif beton blok numuneleri İZODUO firmasından alınmıştır. Hafif beton blok numuneleri İZODUO firmasının özel karışımları olduğu için numunelerinin genel karışım oranları ve numune özellikleri Çizelge 2’de verilmiştir. Dairesel testereli kesme makinesinde hafif beton blok numunesi görünümü Şekil 2’de verilmiştir.



Şekil 2. Dairesel testereli kesme makinesinde beton blok numunesini genel görünümü.

Çizelge 2. Deneylerde kullanılan hafif beton blok numune özellikleri

Kullanılan Malzemeler- Hafif beton blok			
Cinsi	R1 Kompozisyonu		
	R2 Kompozisyonu		
	R3 Kompozisyonu		
	R4 Kompozisyonu		
Karışım Malzeme	Pomza Agregası	Çimento	Su
Oranı (%)	70-75	8-15	15-20
Adeti	6		
Boyutları (mm)	200*600*150		

2.4. Kesme Deney Düzenegi

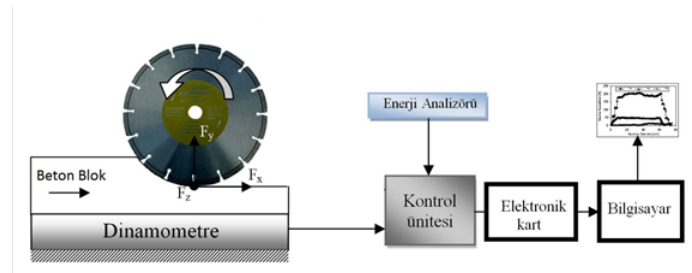
Deneyler, Deneylerin yapılmasında kesme deney düzenegi olarak bilgisayar kontrollü yan kesme makinesi kullanılmıştır. Deneyler bu makine ile Afyon Kocatepe Üniversitesi, Teknoloji Araştırma Merkezinde yapılmıştır. Bu makinenin tasarımı, üretimi ve modernizasyonu çeşitli proje kapsamında gerçekleştirilmiştir (Büyüksağış 1998, Büyüksağış ve Gökten 2001, Aslantaş vd 2009). Dairesel testereli kesim makinesinin genel görünümü Şekil 3'de verilmiştir.



Şekil 3. Dairesel testereli kesme makinesinin genel görünümü.

Makina üzerine en fazla 400 mm çapında dairesele testere bağlanabilmektedir. Testerenin dönme hareketini 5,5 kW ve 3000 dev/dk alternatif akımlı elektrik motoru sağlamaktadır (Özbek 2008). Makinadaki X, Y ve Z yönlerdeki hareketler, soğutma suyunun debisi, kesme hızı, çevresel hız gibi bütün

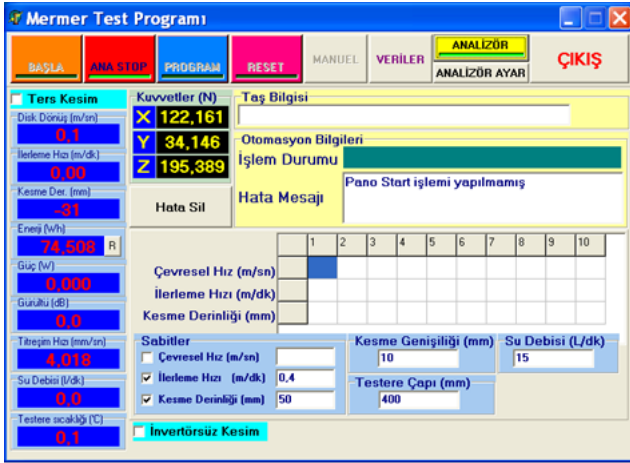
kontroller bilgisayar üzerinden yapılmaktadır. Tablanın ileri-geri hareketi, testere başlığının öne-arkaya ve aşağı-yukarı hareketlerini 0,75 kW AC motorlar ile bilgisayar üzerinde yapılmaktadır. Çalışanın güvenliğini sağlamak, makinenin düzgün çalışması için hareketleri belirlemek ve bu hareketleri sınırlamak için makinada sınır anahtarları (endüktif sensör) bulunmaktadır. Şekil 4'de makinenin şematik görünümü verilmiştir.



Şekil 4. Dairesel testereli kesme makinesinin şematik görünümü (Ucun 2009).

Kesme esnasında oluşan güç tüketimleri ise SHARK 100 marka enerji analizörü ile belirlenmiştir. Makinada kesme esnasında oluşan X, Y ve Z yönlerindeki kuvvetlerin ölçümleri ESİT marka bir dinamometre ile yapılmıştır. Bu dinamometre F_x , F_y ve F_z kuvvetlerini aynı anda ölçebilmektedir (Ucun 2009). Dairesel testereli kesme makinesinden verilerin alınması için kullanılan üç yönlü dinamometre ve enerji analizörü bir kontrol ünitesine bağlıdır. Kontrol ünitesi de, bir bilgisayara bağlanarak bütün kontrol bilgisayardan yapılmaktadır. Makinenin otomasyon işlemi güç kontrol ünitesi, elektronik kartlar ve özel bir yazılım yardımı ile yapılmaktadır. Kesme işleminde gerekli olan çevresel hız, ilerleme hızı, kesme derinliği, soğutma sıvısının debisi ve kesme genişliği gibi parametreler bilgisayar ortamında, bu özel yazılıma girilerek yapılmaktadır (Çınar 2007, Özbek 2008). Dinamometreden ve enerji analizöründen elde edilen verilerin alındığı bir yazılım arayüzü (Software interface) vardır. Bu arayüzden hem veriler alınabilmekte, hem de

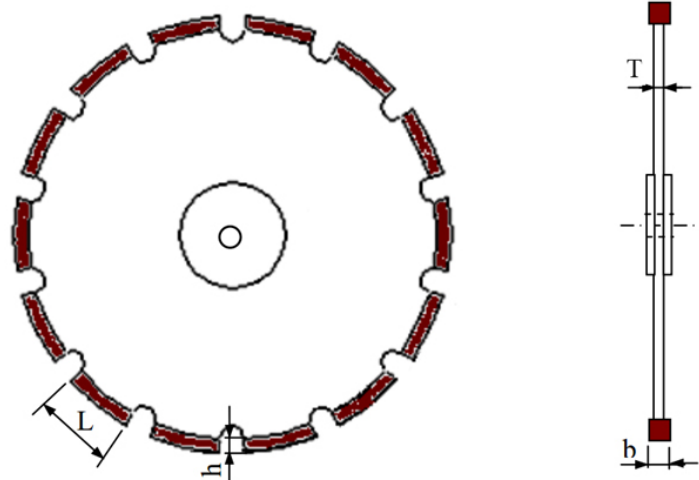
makinenin hareketleri kontrol edilebilmektedir. Şekil 5’de yazılım ara yüzü gösterilmiştir.



Şekil 5. Bilgisayarda kullanılan mermer test yazılım ara yüzü.

2.6. Elmas Kesici Diskin Özellikleri

Yapılan kesme deneylerinde endüstride beton kesiminde tercih edilen dairesel testereler kullanılmıştır. Varyasyon ve performans deneylerinde kullanılan kesici soketlerin geometrik özellikleri Çizelge 3’de verilmiştir. Deneylerde çapı (D) 400 mm, disk genişliği (T) 2,5 mm, 5 çeşit elmas soketli dairesel testere kullanılmıştır. Dairesel testerelerin şematik görünümü Şekil 6’da verilmektedir.



Şekil 6. Dairesel testerelerin şematik görünümü (Ucun 2009).

Çizelge 3. Dairesel testerelerde soketlerin geometrik özellikleri.

Dairesel Testeredeki Soketler	L (mm)	b(mm)	h(mm)	Sa(adet)
S1	24	7	12,5	28

S: Dairesel Testerede Soketler, L: Soket Uzunluk, b: Soket Genişlik, h: Yükseklik, Sa: Dairesel Testerede Elmas Soket Adedi.

2.7. Deney Parametreleri ve Hesaplamalar

Varyasyon deneylerinde makinenin gücüne uygun ve endüstride beton kesiminde kullanılan kesme parametreleri dikkate alınarak farklı kesme parametreleri belirlenmiştir (Çizelge 4). Bu kesme parametreleri ile varyasyon deneyleri gerçekleştirilmiştir. Deneylerde, güvenilir ve doğru sonuç almak için her bir deney üç kez tekrar edilmiştir. Soğutma sıvısı olarak 15 db/dk yoğunlukta su kullanılmıştır.

Çizelge 4. Varyasyon deneylerinde kullanılan kesme parametreleri

Kesme Hızı (m/dk)	Çevresel Hız (m/s)	Kesme Derinliği (mm)
1 – 1,5 – 2	40 – 60 – 70 – 80	50 – 80 – 110

Performans deneyleri 4 çeşit beton blok numunesi ve endüstriyel ortamda beton blokların kesilmesi için kullanılan elmas soket kompozisyonu kullanılarak yapılmıştır. Deneylerde beton blok numunesinden kaldırılan talaş hacmi (Q_w) = $600 \cdot 110 \cdot 7 = 462000 \text{ mm}^3$ olup, buna bağlı olarak çevresel hız 60 m/s, ilerleme hızı 2 m/dk ve kesme derinliği ise 110 mm olarak kabul edilmiştir. Deneylerde doğru sonuca ulaşabilmek için her beton blokta deneyler 20 kez tekrar edilmiştir.

Varyasyon ve performans deneylerinden elde edilen verilerden yararlanarak spesifik enerji (SE), normal kuvvet (Fn), kesme kuvveti (Fk) ve teğetsel kuvvet (Ft) hesaplanmıştır. Kesme kuvveti deneylerden elde edilen Fx ve Fy kuvvetlerinden,

$$Fk = \sqrt{Fx^2 + Fy^2} \quad (1)$$

denklemleri ile hesaplanmıştır. Teğetsel kuvvet, makinanın güç tüketimi (P) ve dairesel testerenin çevresel hızı (Vc) kullanılarak,

$$Ft = \frac{P}{Vc} \quad (2)$$

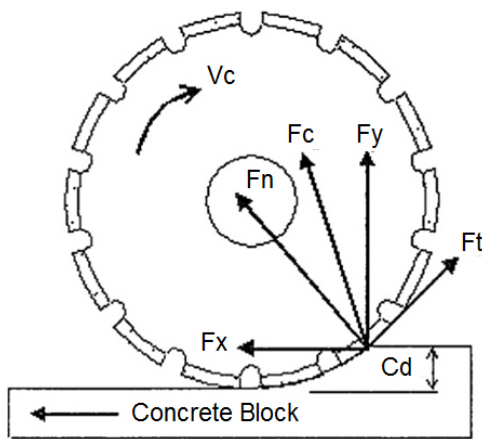
denklemlerden hesaplanmıştır. Normal kuvvet, hesaplanan kesme kuvveti ve teğetsel kuvvet kullanılarak,

$$Fc = \sqrt{Fn^2 + Ft^2} \quad (3)$$

denklemlerden hesaplanmıştır (Aslantaş vd. 2009). Spesifik enerji miktarı, makinanın güç tüketimi (P), kesim süresi (t) ve beton blok numunesinden kaldırılan talaş hacmi (Qw) kullanılarak,

$$SE = \frac{P \cdot t}{Qw} \quad (4)$$

denklemlerden hesaplanmıştır (Ucun ve Büyüksağış 2009). Beton blok numunesinin kesimi esnasında oluşan kuvvetlerin şematik gösterimi Şekil 7'de verilmiştir.



Şekil 7. Kesim esnasında oluşan kuvvetlerin şematik gösterimi (Ucun 2004).

3. BULGULAR VE DEĞERLENDİRME

3.1 Varyasyon Deneyleri

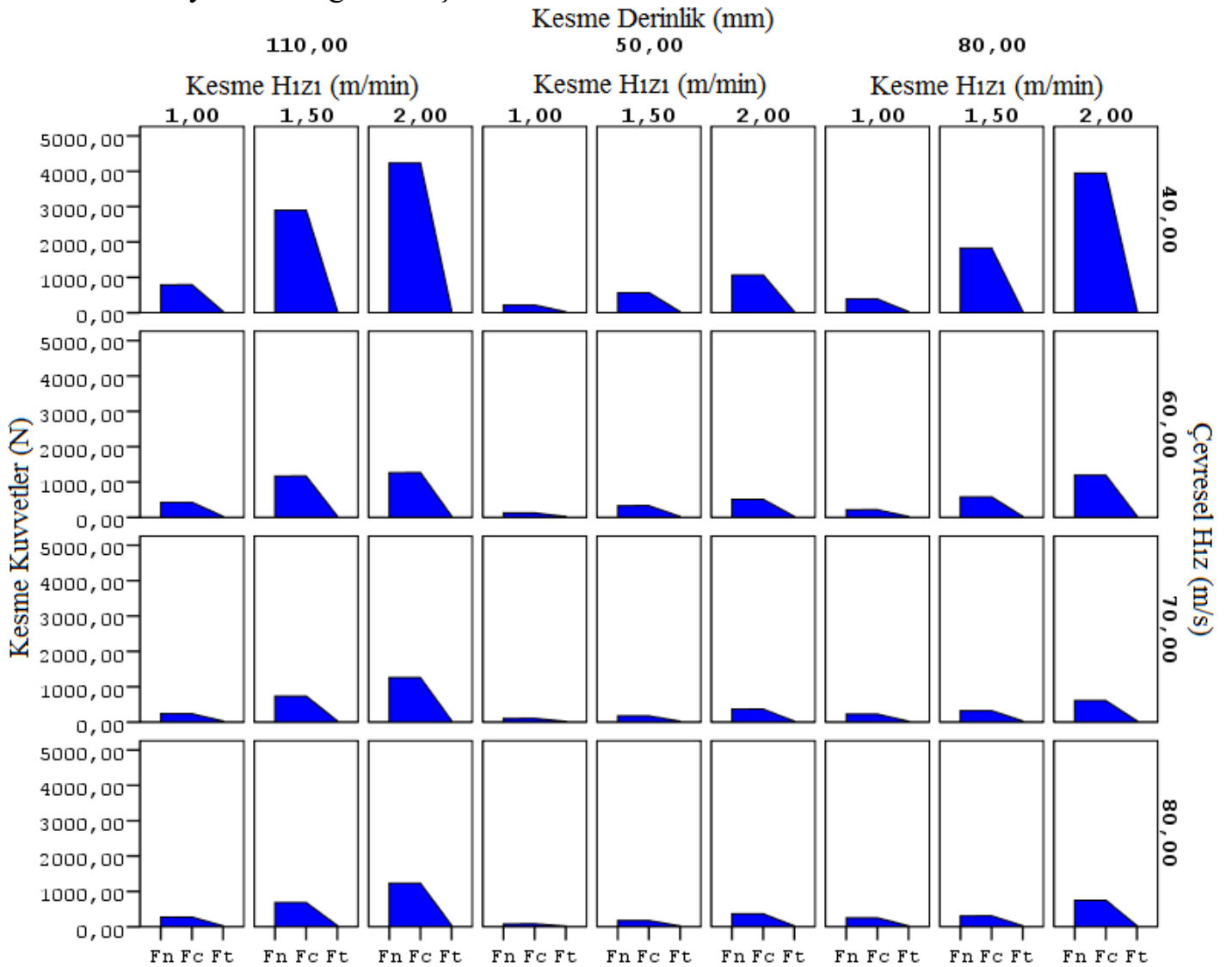
3.1.1. Kesme Kuvvetleri

Dairesel testere ile beton blok numunesinin kesilmesi esnasında testere bazı kuvvetlere maruz kalmaktadır. Beton blok numunesinin kesimi esnasında çevresel hız, kesme derinliği, malzemenin özellikleri, kesici elmas socketin özellikleri ve kesme hızı gibi parametreler testereye gelen kuvvetleri önemli ölçüde etkilemektedir. Ayrıca beton blok numunesinin kesme işlemlerinde iki kesim yöntemi bulunmaktadır. Bu yöntemlerde oluşan kuvvetlere etki etmektedir. Bu yöntemlerden ilki aşağı kesim (Down cutting) yöntemi diğeri ise yukarı kesim (Up cutting) yöntemidir. Yapılan kesme işlemlerinde aşağı kesim yöntemleri kullanılmıştır. Testerenin çevresel hızı, kesme hızı ve kesme derinliğine bağlı olarak normal kuvvetleri, teğetsel kuvvetleri Şekil 8'de verilmiştir. Teğetsel kuvvet ve normal kuvvet grafiklerine bakıldığında bütün kesim koşullarında testerede oluşan normal (Fn) kuvvetler, buna dik oluşan teğetsel (Ft) kuvvetlerinden daha büyük değerlerde olduğu görülmektedir. Kesme hızı ve kesme derinliklerinin artması ile normal (Fn) ve teğetsel (Ft) kuvvetlerde artış görülmüştür. Teğetsel kuvvet grafiğinde kesme hızının artması ile kuvvetlerde lineer bir artış gözlemlenmiştir. Yalnızca 110 mm kesme derinliği, 60m/sn çevresel hız ve 2 m/dk kesme hızında beklenen kuvvet değerinin altında bir değer elde edildiği görülmüştür. Kesme parametreleri ile beklenmeyen düşüşü normal kuvvet ve güç tüketim grafiklerinde de aynı durumu göstermiştir. Bu durum beklenen kesme işlemi zorluğundan daha rahat kesme işlemi yapıldığını göstermektedir.

Dairesel testereyle beton blok numunesinin kesimi esnasında, kesme hızı (Vc) sabit tutularak farklı çevresel hız (Vc) ve kesme derinliklerinde (Ap) oluşan teğetsel (Ft) ve normal (Fn) kuvvetlerinin değişimi Şekil 8'de verilmiştir. Bütün koşullarda kesme derinliğinin artması ile normal ve teğetsel kuvvetlerde artış görülmüştür. Çevresel

hızdaki değişim göz önüne alınarak incelendiğinde çevresel hızın artması ile teğetsel ve normal kuvvetlerde azalma görülmüştür. En düşük çevresel hız olan 40 m/sn'de beton blok numunesi kesilirken diğer çevresel hızlara göre en yüksek teğetsel ve normal kuvvet değerleri ölçülmüştür. Bu durum dairesel testere için 60 m/sn altında bir çevresel hız seçilmemesi gerektiğini göstermektedir. Seçilmesi durumunda dairesel testere beton blok numunesini kesmesi esnasında normal ve teğetsel kuvvetler en yüksek değerlere çıkacak ve

daireysel testerede hasara uğramasına, düzgün bir kesme işleminin gerçekleşmemesine neden olacaktır. 40 m/sn çevresel hızda en düşük güç tüketimi değerleri görülmesine rağmen testereye gelen normal ve teğetsel kuvvetlerin değeri maksimum seviyeye ulaştığı görülmüştür. Çevresel hızı 40 m/sn olup testereye etkiyen kuvvetin büyük olmasının sebebi, testerenin çevresel hızına bağlı olarak beton blok numunesinden kaldırılan talaş hacminin artmasıdır.



Şekil 8. Normal, teğetsel ve kesme kuvvetlerinin kesme hızına bağlı değişim grafikleri.

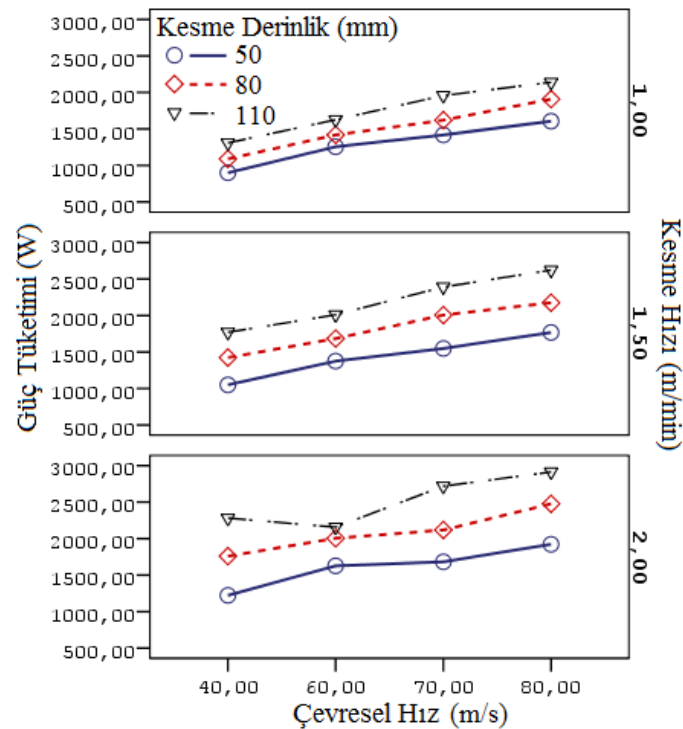
3.1.2 Güç Tüketiminin Belirlenmesi

Varyasyon deneylerinde oluşan güç tüketim değerleri sisteme entegre olan enerji analizörü sayesinde elde edilmiştir. Güç tüketim değerleri C1 beton blok numunesinin

(600 mm) kesimi boyunca kesici diskin bağlı olduğu gücü 5,5 kW olan elektrik motorundan alınmıştır. Bu değerler elmas soketlerin beton blok numunesinin kesimi esnasındaki güç tüketim miktarını göstermektedir. Bu durum özellikle elektrik

enerjisi sarfiyatını doğrudan etkilemektedir. Şekil 9'da makinenin kesme işlemi esnasında, farklı çevresel hız ve kesme derinliklerinde kesme hızına bağlı güç tüketim miktarlarının değişimleri gösterilmiştir.

Bu verilere göre çevresel hız ve kesme derinliği sabit tutulduğunda kesme hızında görülen artış güç tüketim miktarında da artışa neden olmaktadır. Parametreler sabit bir kesme hızında incelendiğinde ise yüksek çevresel hızlarda daha fazla güç tüketimi olduğu görülmektedir. Bu durum makinenin kesme esnasında daha çok zorlandığını ve enerji sarfiyatının daha fazla olduğunu göstermektedir. Güç tüketim miktarlarını etkileyen diğer bir konuda kesme derinlikleridir. Bu verilere göre çevresel hız ve kesme hızı sabit tutulduğunda kesme derinliğinde görülen artış güç tüketim miktarında da artışa neden olmaktadır. Çevresel hız 80 m/sn, kesme hızı 2 m/dk, sabit tutularak incelendiğinde 50 mm derinlikte makinenin güç tüketim miktarı 1950 W civarlarında iken 80 mm'de 2500 W, 110 mm' de ise 2950 W civarlarına çıktığı görülmektedir.



Şekil 9. Güç tüketiminin çevresel hız, kesme hızı ve kesme derinliğindeki değişimi.

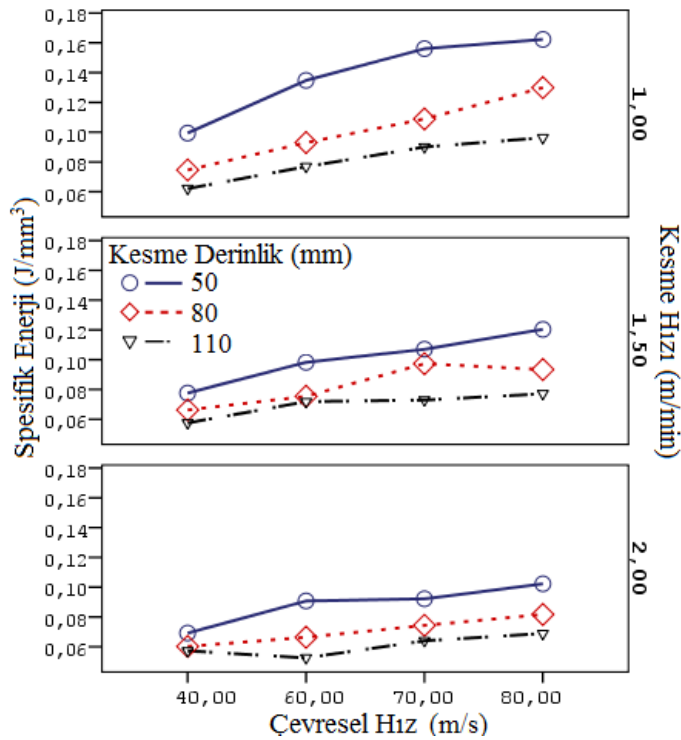
Kesme derinlikleri dikkate alınarak makinenin güç tüketim miktarları incelendiğinde, parametrelerin tümünde 900 ~ 1922 W aralığında 1022 W'lık fark ile en düşük güç tüketim miktarı farkı 50 mm derinlikte görülmektedir. Diğer kesme derinliklerinde ise, 80 mm derinlikte 1089 ~ 2476 W aralığında 1387 W güç tüketim farkı ve 110 mm derinlikte 1309 ~ 2913 W aralığında 1604 W güç tüketim farkı olduğu görülmüştür. En düşük güç tüketim değeri çevresel hız 40 m/sn, kesme hızı 1 m/dk ve kesme derinliği 50 mm derinlikte ki kesme parametrelerinde 900 W civarında ölçülmüştür. En yüksek güç tüketimi ise, çevresel hızı 80 m/sn, kesme hızı 2 m/dk ve kesme derinliği 110 mm'de ki kesme parametrelerinde 2913 W civarında ölçülmüştür. Kesme hızının etkisi ile çevresel hızın güç tüketimindeki etki oranlarının yaklaşık olarak aynı olduğu gözlenmiştir. Kesme derinliklerinin artması ile birim zamanda kesilen beton blok miktarı da artmaktadır. Bu durum güç tüketimini de etkilemektedir.

3.1.3 Spesifik Enerjinin Belirlenmesi

Spesifik enerjinin kesme hızının artması ile tüm çevresel hızda ve kesme derinliklerinde azaldığı görülmüştür (Şekil 10). Kesme hızı ve kesme derinliği sabit tutulduğunda ise çevresel hızın artması ile spesifik enerji miktarının arttığı gözlemlenmiştir. Bütün koşullarda kesme hızının azalması ile spesifik enerji miktarı artmıştır.

Kesme derinliklerinde sığ kesme işlemi olan 50 mm derinliğinde devamlı yüksek spesifik enerji miktarı elde edilmiştir. Bu sonuçta sığ kesme işlemlerinde makinenin tüketim gücüne karşılık beton blok numunesinden kaldırılan talaş hacminin az olmasından kaynaklanmaktadır. Bu durum sığ kesme işlemlerinin beton blok numunelerinde verimsiz bir kesme işlemine neden olduğunu göstermektedir. Yüksek kesme hızlarında ve yüksek kesme

derinliklerinde en düşük spesifik enerji miktarı elde edilmiştir. Bu durumda makine en verimli kesme işlemlerini gerçekleştirdiğini göstermektedir. Minimum spesifik enerji miktarı en düşük üretim maliyeti ve maksimum verimi yakalayabilmek için optimum kesme parametrelerinin belirlenmesinde önem arz etmektedir. Spesifik enerji miktarının en düşük değerde olduğu konuma bakıldığında çevresel hızın 60 m/sn, kesme hızının 2 m/dk ve kesme derinliğinin 110 mm'de elde edildiği görülmektedir. Bu parametrelerle elde edilen değer beton blok numunelerinin kesilmesinde optimum kesme parametrelerini vermektedir.



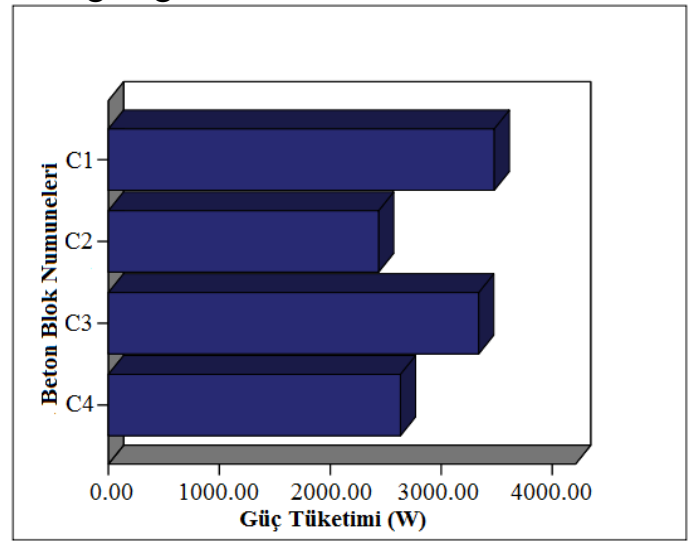
Şekil 10. Spesifik enerji miktarının kesme hızına bağlı değişim grafikleri.

3.2. Performans Deneyleri

3.2.1. Güç Tüketiminin Belirlenmesi

Performans deneylerindeki güç tüketiminin belirlenmesinde 4 çeşit beton blok numunesinin dairesel testere ile kesimi esnasında makinenin güç tüketimi incelenmiştir. Güç tüketiminin farklı beton blok numunelerine bağlı değişimi Şekil

11'de verilmiştir. Beton blok numunelerinin kesiminde ölçülen en yüksek güç tüketim değeri C4, en düşük güç tüketimi C3 beton blok numunesinde ölçülmüştür. En yüksek güç tüketim değerine sahip olan C4 beton blok numunesi ile C2 beton blok numunesinin güç tüketim değerlerinin birbirine yakın olduğu gözlemlenmiştir. Beton blok numunelerinin kesilme işleminde güç tüketim değerleri, üretim maliyetini doğrudan etkilemektedir. En düşük güç tüketim değerinin C3 beton blok numunesinde görülmesi, en düşük üretim maliyetinin de C3 beton blok numunesinde olacağını göstermektedir.

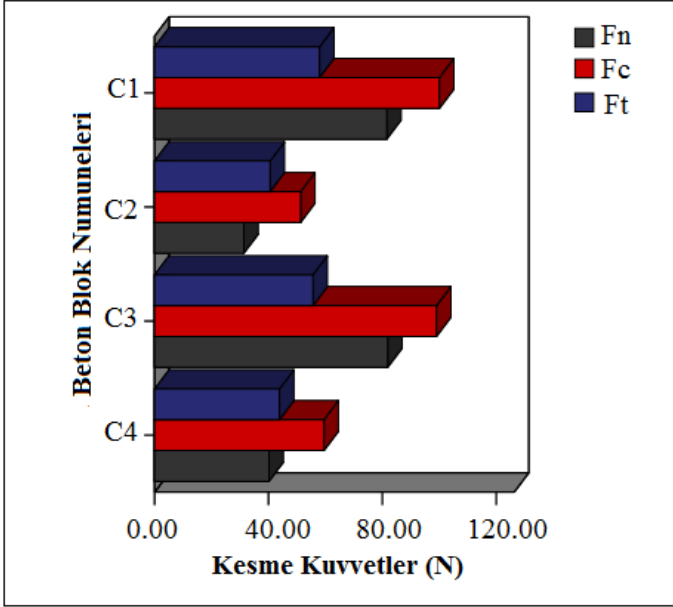


Şekil 11. Güç tüketiminin beton blok numunelerine bağlı değişimi.

3.2.2. Kesme Kuvvetlerinin Belirlenmesi

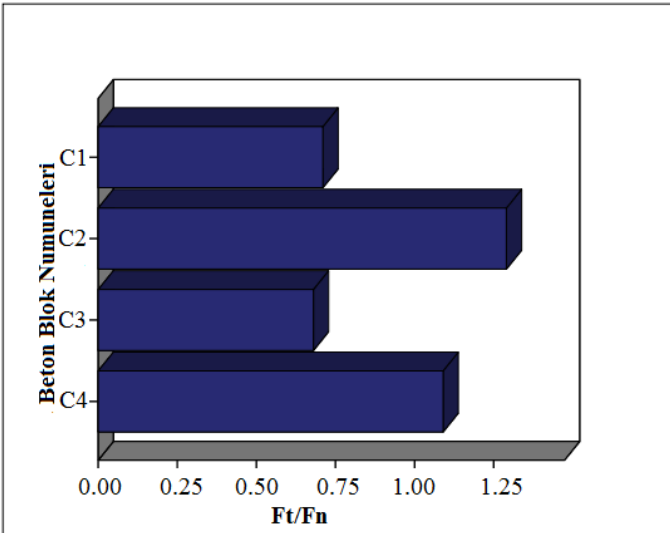
Beton blok numuneleri için elde edilen teğetsel, normal ve kesme kuvvetleri Şekil 12'de verilmiştir. Teğetsel ve kesme kuvvetlerinin en yüksek değeri C4 beton blok numunesinde elde edilmiştir. Normal kuvvetin en yüksek değeri ise C2 ve C4 beton blok numunelerinde görülmektedir. Normal, teğetsel ve kesme kuvvetlerinin en düşük değeri C3 beton blok numunesinde görülmüştür. Bu durum C3 beton blok numunesinde kesme işleminin rahat gerçekleştiğini göstermektedir. C2 ve C4 beton blok numunelerinde, teğetsel kuvvet değerleri daha yüksek bir değere sahip olduğu görülmektedir. Bu durum

dairesel testerenin kesme derinliğinde zor talaş kaldırdığını göstermektedir.



Şekil 12. Teğetsel, normal ve kesme kuvvetlerinin beton blok numunelerine bağlı değişimi.

Beton blok numuneleri için teğetsel kuvvet değerlerinin normal kuvvet değerlerine oranı Şekil 13’de verilmiştir.



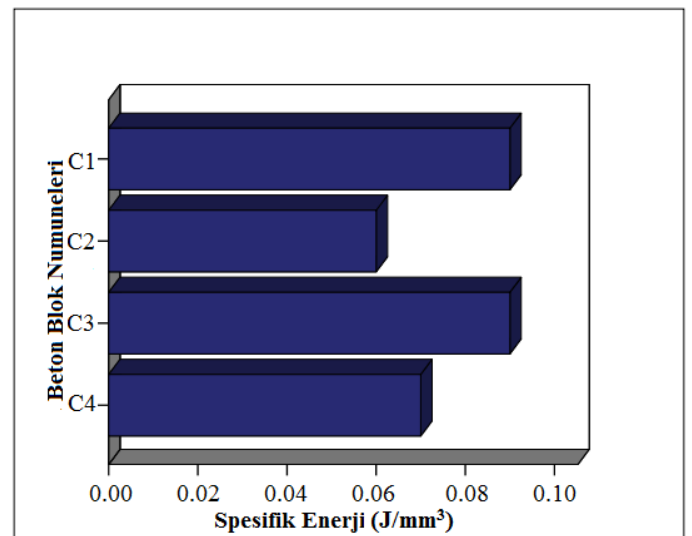
Şekil 13. Teğetsel kuvvetin normal kuvvete oranının beton blok numunelerine bağlı değişimi.

Ft/Fn oranı kesme işlemi hakkında önemli bilgiler vermektedir. Bu oran normal kuvvet ile ters orantılı, teğetsel kuvvet ile doğru orantılıdır. Normal kuvvetin artması ile Ft/Fn oranı azalacak, teğetsel kuvvetin artması ile de artacaktır. Bu oranın azalması, kesme işlemindeki zorluğu ifade etmektedir. Ft/Fn oranının azalması ile kesme esnasında ortaya

çıkan talaşın, kesim işleminin gerçekleştirildiği alandan uzaklaştırılmadığını ve beton blok numunesi ile dairesel testere arasında sürtünmenin daha fazla olduğunu göstermektedir. Beton blokların kesimi Ft/Fn oranına göre değerlendirildiğinde, en rahat kesme işleminin C3 beton blok numunesinde en zor kesme işleminin ise C2 beton blok numunesinde olduğu görülmüştür.

3.2.3. Spesifik Enerjinin Belirlenmesi

Farklı beton blok numunelerinde yapılan performans deneylerinden elde edilen spesifik enerji değerleri Şekil 14’de verilmiştir. En yüksek spesifik enerji miktarı C4 beton blok numunesinin kesilmesinde ölçülmüştür. Elde edilen en düşük spesifik enerji miktarı ise C3 beton blok numunesinde bulunmuştur. Diğer C2 ve C1 beton blok numunelerinin kesimi esnasında elde edilen spesifik enerji miktarları ise C3 ve C4 beton blok numunelerinin spesifik enerji miktarlarının arasında değerler aldığı görülmüştür. Spesifik enerji miktarının en düşük değerde olması kesme işleminin en verimli olduğu değeri vermektedir. Bu durum göz önüne alındığında en verimli kesme işlemi C3 beton blok numunesinin kesiminde gerçekleştirilmiştir.



Şekil 14. Spesifik enerjinin beton blok numunelerine bağlı değişimi.

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada, endüstride betonların kesiminde kullanılan elmas soket ile 4 farklı beton blok numunesinde değişik kesme parametreleri göz önüne alınarak deneysel ve teorik incelemeler yapılmıştır. Deneysel çalışmalarda ilk olarak elmas soketli dairesel testere ile C1 beton blok numunesi kullanılarak varyasyon deneyleri yapılmıştır. Varyasyon deneylerinde, kesim işlemi esnasında oluşan kesme kuvvetleri ve güç tüketim değerleri elde edilmiştir. Spesifik enerji değerleri ise güç tüketim değerlerinden ve beton blok numunesinden kesilen talaş hacminden yararlanarak teorik olarak hesaplanmıştır. Kesme parametrelerinde en büyük etkiyi kesme derinliğinin yaptığı görülmüştür. Kesme derinliğinin artması ile kesme kuvvetleri ve güç tüketim değeri artmıştır. Güç tüketiminde en düşük etki çevresel hızda görülmüştür. Kesme kuvvetlerinde ise en büyük etki çevresel hızda görülmüştür. Dairesel testere ile beton blok numunelerin kesiminde teğetsel ve normal kuvvetlere göre çevresel hız değerinin 60 m/sn'nin altında bir değer seçilmemesi gerektiği sonucuna varılmıştır. Spesifik enerji, kesme işleminde verimi gösterdiği için performans deneylerinde kullanılacak optimum kesme parametreleri spesifik enerji baz alınarak seçilmiştir. Spesifik enerji miktarının elde edildiği en düşük kesme parametreleri en iyi kesme verimini göstermektedir. En iyi kesme verimi çevresel hızın 60 m/sn, kesme hızının 2 m/dk ve kesme derinliğinin 110 mm seçildiği kesme parametrelerinde elde edilmiştir. Performans deneylerinde bu kesme parametreleri kullanılmıştır.

Performans deneylerinde güç tüketimi, kesme kuvvetleri ve spesifik enerji elde edilmiştir. Bu elde edilen sonuçlara göre;

- Spesifik enerji miktarı, kesme kuvvetleri ve güç tüketim değerlerinde en rahat kesilen beton blok

numunesinin C3 beton blok numunesi olduğu görülmüştür. Buna göre en düşük üretim maliyeti C3 hafif beton blok numunesi olmuştur.

- Normal, teğetsel ve kesme kuvvetlerinin en düşük değeri C3 hafif beton blok numunesidir. Buna göre C3 hafif beton blok numunesi kesme işleminin rahat gerçekleştiği görülmüştür.
- C2 ve C4 hafif beton blok numunelerinde, teğetsel kuvvet değerleri daha yüksek bir değere sahiptir. Buna göre dairesel testerenin kesme derinliğinde zor talaş kaldırdığı gözlemlenmiştir.
- Kesme işleminde Ft/Fn oranının en yüksek değeri C3 beton blok numunesinde görülmektedir. Buna göre elmas soketli dairesel testere ile C3 beton blok numunesinin kesiminde, kesme kuvvetlerinin değerlerine ve Ft/Fn oranına bakılarak kesme işleminin rahat gerçekleştiği söyleyebiliriz.
- Endüstriyel elmas soket kompozisyonu ile C3 beton blok numunesinin güç tüketimi, kesme kuvvetleri, spesifik enerji ve soket aşınma miktarı dikkate alındığında en verimli şekilde kesme işleminin gerçekleştirileceği sonucuna varılmıştır.

TEŞEKKÜR

TÜBİTAK-1507 KOBİ Ar-Ge Başlangıç Programı Projesi ve AKÜ BAP 11MUH02 projesi tarafından desteklenen çalışmada, Beton blok numuneleri AND BLOK San. ve Tic. A.Ş. tesislerinde hazırlanmıştır. Katkılarından dolayı TÜBİTAK'a, AND BLOK'a ve AKÜ BAPK teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- Aslantaş, K., Özbek, O., Uçun, İ., Büyüksağış, İ.S. (2009). Investigation of the Effect of Axial Cutting Force on Circular Diamond Saw blade Used in Marble Cutting Process. *Materials and Manufacturing Processes*, 24: 1-9.
- Bayram, F., Kulaksız, S., Özçelik, Y. (2003). Katraklarda Mermerlerin Fiziki-Mekanik Özelliklerinin Ve Kesim Hızının Elmas Soketlerdeki Aşınmalara Etkisi. *Türkiye 4. Mermer Sempozyumu*, Afyonkarahisar, 18 – 19 Aralık.
- Büyüksağış, İ.S. (1998). Dairesel testereli blok kesme makinelerinde mermerlerin kesilebilirlik analizleri, Doktora Tezi, Osmangazi Üniversitesi FBE, 173 syf. Eskişehir.
- Büyüksağış, İ.S., Göktan, M., (2001). Bilgisayar kontrollü mermer kesme deney düzeniğinin tanıtılması. *Türkiye III. Mermer Sempozyumu*, 189-199 syf. Afyonkarahisar, 3 – 5 Mayıs.
- Büyüksağış, İ.S. (2003). Doğaltaş kesmede kullanılan elmaslı dairesel testerelerin tanıtımı ve talaş oluşum mekanizması. *Fen Bilimleri Dergisi*, Afyon Kocatepe Üniversitesi, 4: 17-30.
- Büyüksağış, İ.S., Göktan, R.M. (2005). Investigation of marble machining performance using an instrumented block-cutter. *Journal of Materials Processing Technology*, 169: 258-262.
- Büyüksağış, İ.S. (2007). Effect of cutting mode on the sawability of granites using segmented circular diamond saw blade, *Journal of Materials Processing Technology*, 183: 399-406.
- Caner, M., Akarslan, E. (2009). Mermer Kesme İşleminde Spesifik Enerji Faktörünün ANFIS ve YSA Yöntemleri ile Tahmini. *Mühendislik Bilimleri Dergisi*, Pamukkale Üniversitesi, 15-2: 221-226.
- Çınar, S.M. (2007). Mermer Kesme Makinelerinde Elektrik Enerjisi Tüketim Optimizasyonu. Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Elektrik Eğitimi Anabilim Dalı, Afyonkarahisar.
- Demirdağ, S. and Gündüz, L. (2008) “Strength properties of volcanic slag aggregate lightweight concrete for high performance masonry units,” *Construction and Building Materials*, Vol. 22: pp.135–142.
- Dursun, M., Çimen, H. (2010). Eviricili ve Eviricisiz Mermer Kesme İşleminin Elektrik Enerjisi üzerine Etkisi. *Mühendislik ve Mimarlık Fakülte Dergisi*, Gazi Üniversitesi, 25-2: 381-388.
- Ersoy, A., Atıcı, U. (2004). Performance characteristics of circular diamond saws in cutting different types of rocks. *Diamond and Related Materials*, 13: 22-37.
- Güneş Yılmaz, N., Göktan, R. M. (2008). Effect of Sawing Rate on Force and Energy Requirements in the Circular Sawing of Granites. *Mühendislik ve Mimarlık Fakülte Dergisi*, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, 21-2: 59-74.
- Gündüz, L. (2005) “İnsaat Sektöründe Bimsblok,” Süleyman Demirel Üniversitesi. Pomza Araştırma ve Uygulama Merkezi, Isparta, pp. 928.
- Gündüz L, Bekar M, Şapcı N (2007) Influence of a new type of additive on the performance of polymer-lightweight mortar composites. *Cem Concr Compos* 29:594–602
- Hu, S., Wang, C., Chen, B., Hu, Y. (2006). Dry-cutting concrete study of diamond saw blade with different segment width. *Materials Science Forum*, 532-533: 321-324.
- Han, Q. L., Li, Y., Xu, X. P. (2007). A comparative study of stone sawing with thin and normal blades. *Key Engineering Materials*, 329: 687-692.
- Jennings, M., Wright, D. (1989). Guide lines for sawing stone. *Industrial Diamond Review*, 2:70-75.
- Karpat, O., (2013) Pomza Takviyeli Beton Blokların Kesilmesi İçin Yeni Soket Kompozisyonlarının Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, MAKİNE Eğitimi Anabilim Dalı, Afyonkarahisar.
- Luo, S.Y., Liao, Y.S. (1995). Study of the behaviour of diamond saw-blades in stone processing. *Journal of Material Processing Technology*, 51: 296-308.
- Nishimatsu, Y. (1972). The mechanics of rock cutting. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 9: 261-270.
- Rosa, L.G., P.M. Amaral, Anjinho C.A., Fernandes, J.C. (2004). Evaluation of diamond tool behavior for cutting Stone materials. *Industrial Diamond Review*, 1: 45-50.
- Sarı D. and Paşamehmetoğlu, A.G. (2005) “The Effects of Gradation and Admixture on the Pumice Lightweight Aggregate Concrete”, *Cement and Concrete Research*, Vol. 35, pp. 936–942
- Sarıışık, A., Sarıışık, G. (2010). Yeni Üretim Prosesi İle Pomza Agregalı Hafif Beton Ve Eps Köpüklü

- İzolasyon Blok Üretimi, Standartlara Uygunluğu, Diğer Duvar Yapı Elemanları İle Karşılaştırılması. *Madencilik Dergisi*,49-2: 27-39.
- Sarışık, A., Sarışık, G. (2012). New production process for insulation blocks composed of EPS and lightweight concrete containing pumice aggregate, *Materials and Structures* (2012) 45:1345–1357
- Tönshoff, H. K.,Wobker, H.G., Przywara, R. (1993). Das Arbeitsverhalten von Werkzeugen zum Trennschleifen von Gestein. *IndustrialDiamondReview*, 3: 198-205.
- Tönshoff, H. K.,Hillmann-Apmann, H., Asche, J. (2002). Diamond tools in stone and civil engineering industry: cutting principles, wear and applications. *Diamond and Related Materials*,11: 736-741.
- Ucun, İ. (2004). Mermer Kesme Disklerinin Sonlu Elemanlar Yöntemi ile Gerilme ve Titreşim Analizi. Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyonkarahisar.
- Ucun, İ., Aslantaş, K., Büyüksağış, İ. S. (2008). Kayaç Kesme İşleminde Kullanılan Elmas Soketli Kesici Diskin Kesme Performansının İncelenmesi. *Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi*, Teknolojik Araştırmalar, 3: 33-40.
- Ucun, İ.,Büyüksağış, İ. S. (2009). Elmas Soket Aşınmasının Belirlenmesinde Lazer Ölçüm Sisteminin Kullanılması. 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu, Karabük, 13 – 15 Mayıs.
- Ucun, İ.,Büyükağış, İ.S., Aslantaş, K. (2009). Mermer Kesme İşleminde Bor Yağı Katkılı Soğutma Sıvısının Disk Performansı Üzerindeki Etkisinin İncelenmesi. *Mühendislik ve Mimarlık Fakülte Dergisi*, Gazi Üniversitesi, 24-3: 435-441.
- Ucun, İ. (2009). Doğal Taş Sanayinde Kullanılan Elmas Soketlerin Kesme Performansı ve Hasar Analizi Çerçevesinde İncelenmesi. Doktora Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Metal Eğitimi Anabilim Dalı, Afyonkarahisar.
- Ünver, B. (1992). Kayaların Testerelerle Kesilebilirliğinin Pratik Olarak Belirlenebilmesi İçin İstatistiksel bir yaklaşım. *Madencilik Dergisi*,31: 3.
- Wang, C. Y., Clausen, R. (2003). Computer simulation of stone frame sawing process using diamond blades. *International Journal of Machine Tools &Manufacture*, 43: 559-572.
- Wang, C. Y., Hu, Y. N., Ding, H. N. (2004). Cutting forces in sawing process of rein forced concrete. *Materials Science Forum*, 471-472: 292-297.
- Wei, C.,Du, H. W., Wang, C. Y., Frag, Y. L. (2003). Investigation on cutting forces in concrete sawing process. *Key Engineering Materials*, 250: 181-186.
- Xu, X. P.,Li, Y. (2003). The effects of swarf in the diamond sawing of granite. *Key Engineering Materials*, 250: 187-193.
- Yalçın, B., Ucun, İ., Koru, M. (2007). Mermer Kesme Testerelerinde Oluşan Kesme Kuvvetinin Bulanık Mantık (Bm) Yöntemiyle Modellenmesi. *Mühendislik ve Mimarlık Fakülte Dergisi*, Gazi Üniversitesi, 22-2: 329-336.
- Yurdakul, M., Akdaş, H. (2014a) Analysis of the Industrial Cutting Process of Natural Building Stones: Evaluation of Electric Power Consumption. *Journal of Testing and Evaluation*. Volume 42, Issue 4.
- Yurdakul, M., Gopalakrishnan, K., Akdaş, H. (2014b). Prediction of specific cutting energy in natural stone cutting processes using the neuro-fuzzy methodology. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*. Volume 67, Pages 127–135.