

FİBER MALZEMELİ DOLGULARIN MAKASLAMA DAYANIMLARI

SHEAR STRENGTH OF BACKFILLS WITH FIBERS

Ahmet ŞENTÜRK Süleyman Demirel Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Isparta
Lütfullah GÜNDÜZ Süleyman Demirel Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Isparta
Yıldırım İ. TOSUN Süleyman Demirel Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Isparta

ÖZET

Yumuşak ve elasto-plastik karakteristik sergileyen madencilik dolguları, yük altında oluşan genişleme karşısında yapısal şekil değişimine uğramaktadır. Özellikle makaslama dayanımı yüksek olan dolgular, madencilik uygulamalarındaki basınç gerilmelerine daha dirençli bir yapı göstermektedir. Yük altındaki fiber malzemeli dolgular, matris dolgu yapısının makaslama direncini artırarak dolgu özelliğinde belirgin iyileşmeler göstermektedir.

Elasto-plastik özellikte olan mermer toz atığı, kül ve kireç, bu çalışmada dolgu malzemesi olarak değerlendirilmiş ve model olarak seçilen sentetik iplikler ise fiber malzeme olarak kullanılmıştır. Fiber malzemeli dolguların çeşitli yanal ve eksenel gerilme koşullarındaki makaslama dayanımları, matris yapı içindeki fiberlerin fiziksel özellikleri, kullanım oranları ve şekilleri arasındaki ilişkiler fonksiyonel olarak belirlenmiştir. Dolgu kalitesindeki iyileşmeler analiz bulguları ile irdelenmiştir.

ABSTRACT

Backfills characterising soft and elasto-plastical behaviour in mining deforms under the loading conditions due to tensile forces. Specially backfills with high shear strength are more resistive structures against the compressive strengths in mining operations. Under loading conditions, backfills with fibers make a good fabric due to high shear strength in the matrix structure of backfills.

In this research elasto-plastic materials such as marble waste fines, ash and lime were used as backfill materials, and synthetic cotton thread as fiber material. The shear strength characteristics of backfills with fibers under various vertical and horizontal compressive stresses and the physical properties of fibers in backfill matrix structure, its weight ratios in mixture and the forms were analysed with statistical correlations and approaches. The improvement in the quality of backfills was evaluated by the analysis results.

1. GİRİŞ

Yumuşak dolguların su ile sıkıştırılarak konsolidasyona maruz bırakılması zemin özelliğindeki malzemeleri daha dayanıklı hale getirmektedir. Stabilizasyon işleminde yeterli dayanımlara ulaşmayan zeminler veya yumuşak dolgular özellikle maden işletmeciliğinde ve diğer dolgulu yapı işlemlerinde önemli sorunlara neden olabilmektedir. Hafif yüklerdeki sıkışma ile drenajın azaldığı durumlarda fiber malzemelerin yeterli makaslanma özelliği göstererek dayanım artışlarına ve yapısal stabilizasyonu artırıcı özelliğe ulaşmalarını sağladığı gözlenmektedir.

Betonarme yapılarda son zamanlarda çok sık olarak kullanılmaya başlayan fiber malzemeli kompozit yapılarda yüksek mekanik mukavemetlere ulaşılabilmiştir. Elastik özelliği betonarme yapılarda çelik kadar olmamasına rağmen betonarme yapıyı hafifletmesinin üzerine özellikle kesme ve çekme mukavemetlerinde artışlara neden olmaktadır. Bu dayanım artışlarının dışında, noktasal yüklenmelerde yapısal bozulmalara direnç göstermektedir.

Maden işletmeciliğinde çok yüksek miktarda kullanılabilen kil, kireç ve kül gibi dolgu malzemeleri belirli miktarlarda bağlayıcı ilavesi ile dolgulama ve ocak stabilizasyon işlemlerinde kullanılmaktadır. Bu tür malzemelerin, çimento gibi bağlayıcı madde kullanarak veya kullanmaksızın dolgulama işlemlerinde su ile sıkıştırılarak stabilizasyonu mümkün olmaktadır. Ancak, düşük yüklü ortamlarda stabilizasyon zorlaştığı için bu tür fiberli dolgular yeterli makaslama direncine sahip olabilmektedir. Fiber malzeme olarak polyester esaslı plastik malzemeler kullanılabildiği gibi çevresel atık olarak değerlendirilemeyen bitki, ağaç dalları ve pamuk iplikleri de kullanılabilir.

Bu çalışmada, maden işletmeciliğinde çok sık olarak kullanılabilen mermer atıkları, kül ve kireç gibi dolgu malzemeleri farklı su-çimento oranlarında, su katı oranlarında ve kısa kür sürelerinde makaslama testleri yapılmış olup dolguların fiberli ve fibersiz olarak düşük yüklenme durumlarındaki makaslanma özellikleri tesbit edilmiştir.

Özellikle baraj dolgularındaki yüksek yükler altındaki killi dolgu yapılarının sıkıştırılarak stabilizasyonu mümkün olabilmektedir. Ancak maden işletmeciliğindeki sıkışma yükleri daha az veya kontrol altında olmadığı için belirli bir süre yumuşak dolgulu yapıların yeterli makaslanma direncine sahip olmaları istenmektedir. Makaslanma dayanımı dolgunun basınç dayanımını artırarak yapısal gerilme çatlaklarına engel oluşturmaktadır. Yapıya gelen aşırı yükleri dağıtmak için belirli çekme yüküne dayanıklı, ince uzun malzemeler özellikle fiberler kullanılarak stabilizasyon sağlanabilmektedir.

Palmiye ağacının dallarının kullanıldığı dolguların nokta dayanımları ve fiber malzeme olarak kullanılan ağaç dallarının nitelikleri Tablo 1 de verilmiştir. Tablo 1 incelendiğinde sade betonda ölçülen nokta dayanımı 25.78 MPa iken, karışıma %1 Palmiye ağacının dalları karıştırıldığında dolgu malzemesinin nokta dayanımı 15.18 MPa değerine düşer iken %0.25 oranında Palmiye dalı karıştırıldığında nokta dayanım yükü 27.70 MPa değerine yükselmektedir (Abdel, 1995).

Tablo 1. Palmiye dalı-çimentolu dolguların 1 saat kür süresindeki dayanımları (Abdel, 1995).

Karşım No	Fiber		Çökme mm	Ortalama Dayanım MPa
	Ağırlık %	Ortalama Uzunluk mm		
1	Sade	Beton	40	25.78
2	1	120	33	15.18
3	1	60	25	15.37
4	1	30	18	18.77
5	0.5	120	40	19.83
6	0.5	60	43	20.08
7	0.5	30	37	22.20
8	0.25	120	40	26.90
9	0.25	60	55	28.68
10	0.25	30	50	27.70

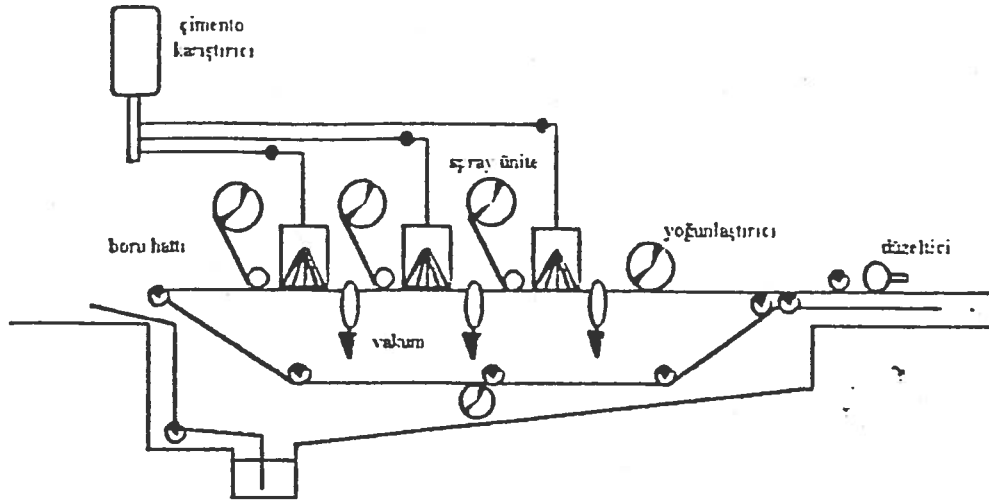
Fiber malzemelerin, özellikle plastik fiberlerin çimentolu karışımlara ilavesi Şekil 1 de uygulanan teknikler ile yapılmaktadır:

- Reticem prosesi
- Pultursion Prosesi
- Hatschek Prosesi

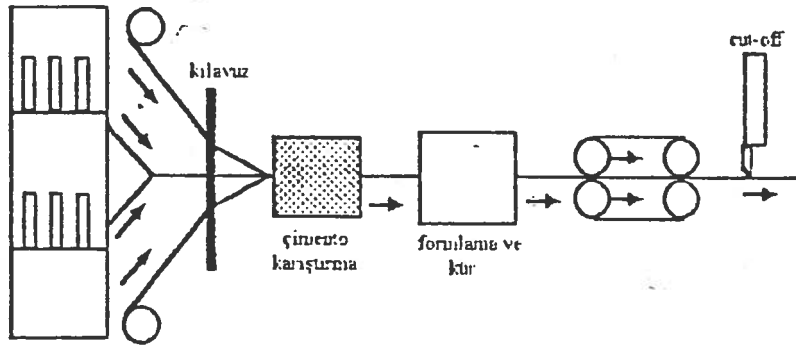
Reticem ve Pultursion işlemlerinde sürekli üretilen fiberler üzerine çimentolu dolgulama işlemi yapılmaktadır. Sürekli fiberlerin üretimi ve kullanımı pahalı olduğu için bu yöntemlerin belirli ölçülerdeki dolguların (prefabrik dolguların) imalatında kullanılmasında tercih edilmektedir. Ancak Hatschek prosesinde, daha kısa uzunluktaki fiberler kullanıldığı için daha ucuz kompozit dolgular üretilebilmektedir.

Plaka olarak hazırlanmış çimentolu dolguların çekme dayanımları, uygulanan yükün altındaki çekme deformasyonu ile oluşan çekme gerilmesi Şekil 2 de gösterilmektedir. Şekil 2 de görüldüğü üzere deformasyon gerilme eğrisi çok gevrek bir yapıyı göstererek şekilde bir kırılma noktası gözlenmektedir. Bu değer, 3.36 MPa olup dolgunun Young elastisite modülü 27.6 MPa'dır. Polivinil Akrilit (PVA) fiberler ile üretilen çimentolu kompozit dolguların gerilme deformasyon eğrisi Şekil 3 de verilmiş olup, bu eğriden görüleceği üzere, %4 hacim oranında katılan fiberli kompozitlerin çekme dayanımı 7 MPa'a ulaşmıştır. Bu dolgularda fiber ilavesi %2 hacim oranında düşürüldüğünde çekme dayanımının 5 MPa'a düştüğü gözlenmektedir (Shao and Shah, 1995).

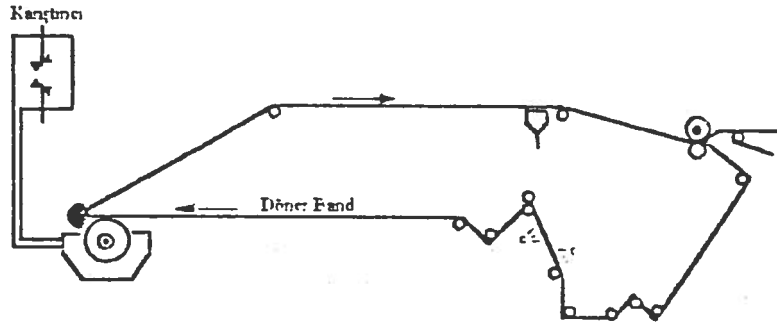
Çekme dayanımına benzer makaslama dayanımındaki artış, yumuşak dolgulu malzemelerin fiberli kompozitler için önemli bir mekaniksel özellik olmaktadır. Özellikle çok düşük yükler altındaki dolgular belirli bir makaslama direnci göstermektedir. Bu değer, fiberli kompozit dolgularda daha yüksek olması makaslama testlerinde gözlenebilmektedir.



Retlicem Prosesi



Pultursion Prosesi

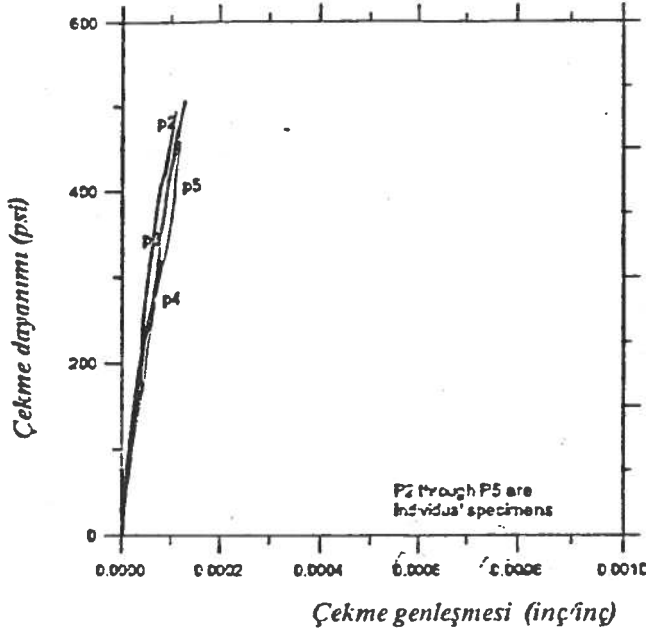


Hatschek Prosesi

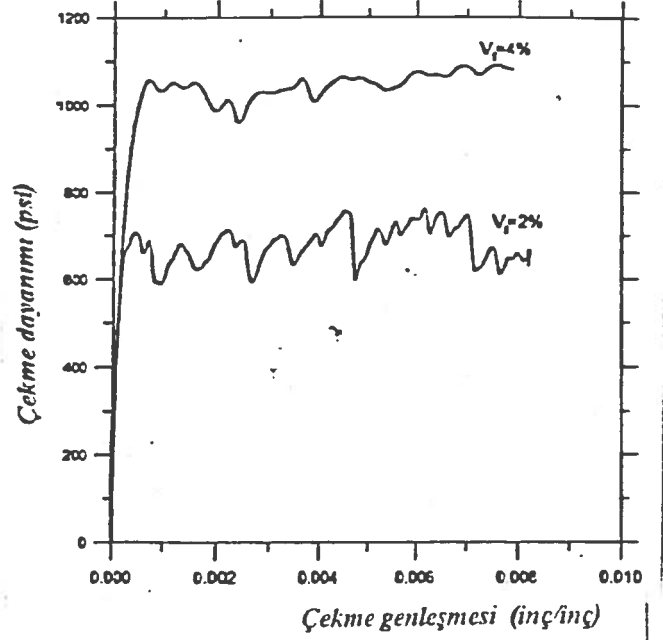
Şekil 1. Fiberli dolgulama yöntemleri (Shao and Shah, 1995).

2. FİBER MALZEMELİ DOLGULAR - TEST BULGULARININ GRAFİKSEL VE İSTATİSTİKSEL ANALİZİ

Fiber malzemeli dolguların eldesi için farklı özelliklere sahip mermer toz atıkları, kül ve kireç, kaya mekaniği laboratuvarlarında -1mm boyut fraksiyonuna indirgenmiştir. Laboratuvarda farklı kombinasyonlarda pamuk ipliğinin fiber olarak kullanıldığı fiberli ve fibersiz dolguların farklı çimento-katı+ilave bağlayıcı eleman karışımları üzerine bir dizi makaslama dayanım analizleri yapılmıştır. Bu analizlerde, farklı kompozisyonlarda hazırlanmış olan dolgu karışımları üzerinde, makaslama dayanım değerine;



Şekil 2. Plaka halindeki çimentolu dolguların çekme gerilmesi - deformasyon ilişkisi (Shao and Shah, 1995).

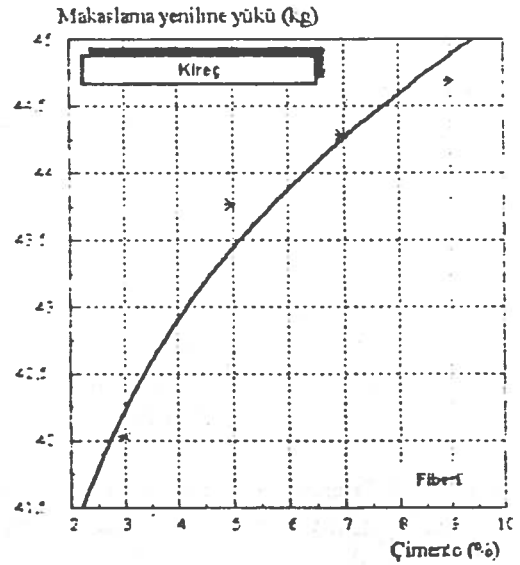
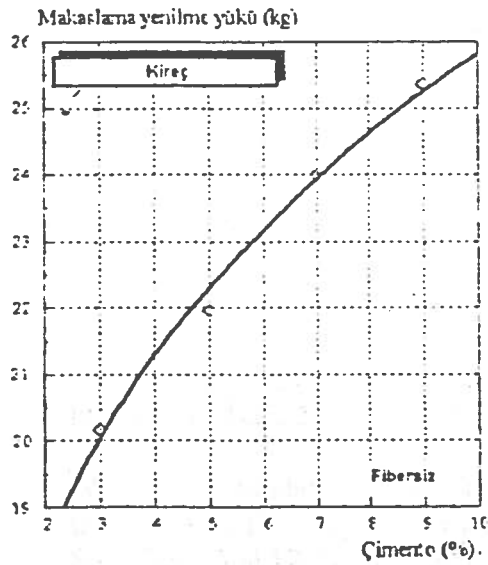
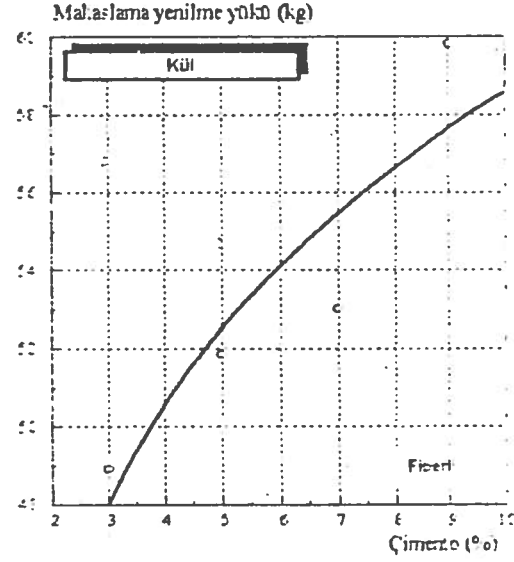
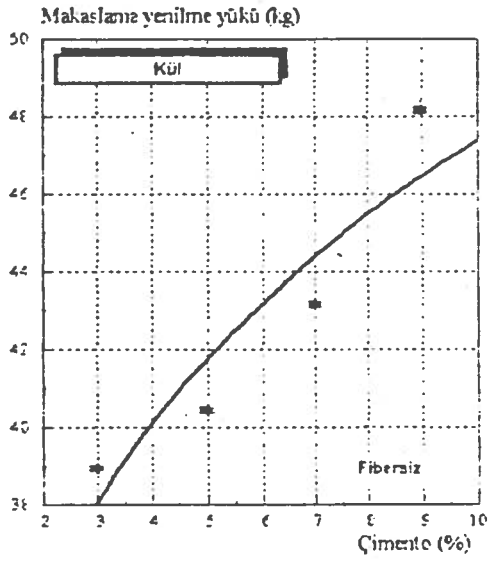
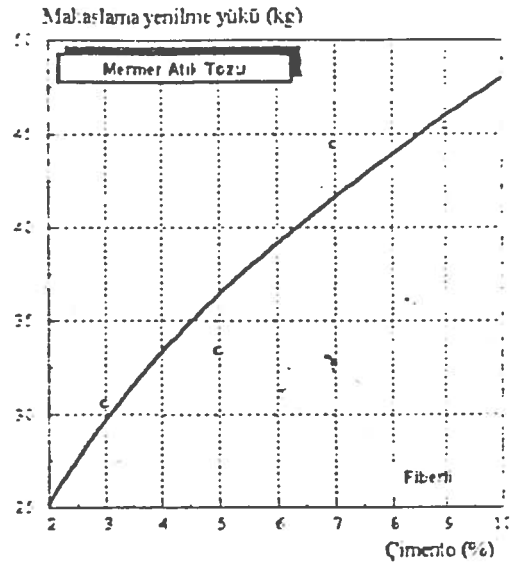
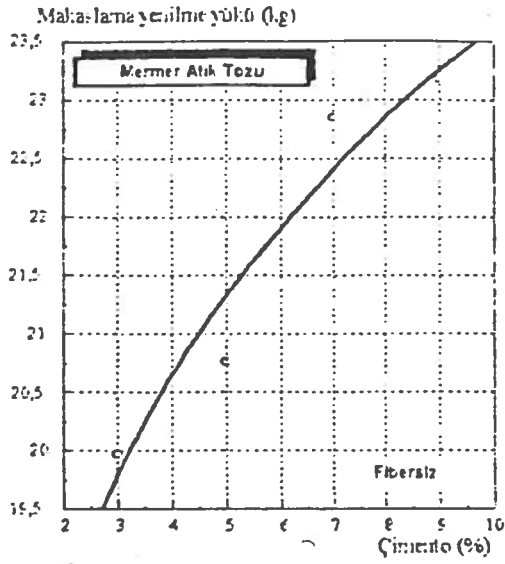


Şekil 3. PVA fiberli çimentolu dolguların çekme gerilmesi - deformasyon ilişkisi (Shao and Shah, 1995).

- Kür süresi,
- Çimento oranı,
- Su/katı oranı,
- Katı/Çimento oranı,
- Su/Çimento oranı

faktörlerinin etkileri araştırılmış ve karışımların teknik değerlendirmeleri irdelenmiştir. Analizlerde Isparta Göltaş Çimento Fabrikası üretimi KPÇ 325 (Katkısız Portland Çimentosu) kullanılmıştır. Deneylerde KPÇ 325 çimento karışımları için hacimce %3, %5, %7 ve %9 oranları kullanılmıştır. Dolgu karışımlarında 0.24-0.54 su/katı (S/K) oranları kullanılmıştır. Hazırlanan numuneler ise nominal çapları 63mm olan silindirik kalıp numuneleri kullanılmış ve testler normal oda sıcaklığında yapılmıştır. Fiber malzeme olarak kullanılan pamuk ipliği, her bir kalıp numunesi içersine 1 gr olarak ilave edilmiştir.

Fiberli veya fibersiz dolgu karışım parametrelerinin dolgu kompozisyonunun makaslama dayanımına olan etkisi, yapılan analizlerle araştırılmıştır. Analiz irdemelerinden elde edilen sonuçlar, dolgu matriks yapısının makaslama dayanım karakteristiğine etkileyen bağımlı ve bağımsız değişkenler, farklı alternatiflerde oluşturulan grafikler üzerinde optimum değerlendirmeler yapılmıştır. Dolgu kompozisyonlarında kullanılan farklı katı malzemelerin fiberli ve fibersiz dolgu karakteristikleri Şekil 4 de verilmiştir. Şekil 4 irdelendiğinde, optimum makaslama dayanımının belirlenmesinde en önemli parametreler, bağlayıcı eleman kullanım oranı, fiber malzeme türü ve miktarı, karışımın kompozisyonu olarak gözlenmiştir.



Şekil 4. Dolgu kompozisyonlarının makaslama yenilme yükü - bağlayıcı eleman ilişkisi.

Dolgu karışım elemanlarının makaslama yenilme yükü karakteristiğinin detay olarak irdelenmesi amacıyla, laboratuvar deney bulguları, katı malzeme cinslerine göre ayrı veri kümeleri oluşturulmuştur. Bağımlı değişkenler olarak yenilme yükü parametrik değeri ele alınmış ve bağlayıcı eleman kullanım oranı, su/katı oranı ve fiber kullanımı gibi faktörler de bağımsız değişkenler olarak belirlenmiştir. Tanımlanan bağımlı ve bağımsız değişkenler arasında, istatistiksel değerlendirmeler yapılmıştır. Analiz bulguları dikkate alındığında, bağlayıcı eleman olarak kullanılan su/çimento oranı ve katı malzeme türü en kuvvetli değişkenler olduğu gözlenmiştir. Elde edilen yüksek korelasyonlar sebebiyle, karışım parametrelerinin irdelenmesinde çok değişkenli regresyon analiz tekniğinin efektif olarak kullanılabilceği belirlenmiştir. Diğer taraftan, çimento oranı haricindeki diğer bağımsız değişkenler ile performans kriteri arasında da kabul edilebilir korelasyonlar görülmüştür.

Regresyon analiz bulguları neticesinde, fiberli ve fibersiz dolguların makaslama dayanım karakteristiğini sergilemek amacıyla en etkin bağımsız faktörler ile çok değişkenli istatistiksel regresyon analizleri yapılmış ve korelatif değerleri yüksek istatistiksel ilişkiler bulunmuştur:

○ Mermer atık tozu - Fibersiz	$F = 18.393 \cdot 10^{0.012 \text{ KPÇ}}$	R=0.930
○ Mermer atık tozu - Fiberli	$F = 24.324 \cdot 10^{0.032 \text{ KPÇ}}$	R=0.905
○ Kül - Fibersiz	$F = 34.461 \cdot 10^{0.015 \text{ KPÇ}}$	R=0.950
○ Kül - Fiberli	$F = 44.131 \cdot 10^{0.014 \text{ KPÇ}}$	R=0.913
○ Kireç - Fibersiz	$F = 18.055 \cdot 10^{0.017 \text{ KPÇ}}$	R=0.950
○ Kireç - Fiberli	$F = 41.190 \cdot 10^{0.004 \text{ KPÇ}}$	R=0.972

burada:

F : Makaslama yenilme yükü, kg. (\approx daN).
 KPÇ : Katkısız Portland Çimentosu, %.

Bu incelemeden de görüleceği üzere, çimento kullanım oranı ve malzeme türüne bağımlı değişkenler olarak elde edilen korelatif makaslama yenilme yük dayanım değerleri, regresyonel ilişkilerin istatistiksel anlamlılık düzeyleri %90 nun üzerinde olması sebebiyle, pratik olarak, farklı kombinasyonlardaki fiberli dolgulu matriks yapılarının makaslama dayanım karakteristiği efektif olarak tahmin edilebilmektedir. Bu konudaki çalışmalarımız devam etmektedir.

3. KAYNAKLAR

Shao Y., Marikunte S. and Shah S., 1995, " Extruded Fiber-Reinforced Composites", Concrete International, The Magazine of the American Concrete Inst. on Int. Tech. Soc., April, Vol 17, No. 4, A.C.I.

Abdel A.S., 1995, "Durability of Palm Tree-Frond Fiber Reinforcement", Concrete International, The Magazine of the American Concrete Inst. on Int. Tech. Soc., June, Vol 17, No. 6, A.C.I.

Hergert G., (1988), Stresses in Rock, A.A. Balkema, Rotterdam, Brook-Field.