

KAYA-BETON ARAYÜZÜN MEKANİK DAVRANIŞLARI

Mechanical Behaviours of Rock-Concrete Interfaces



VAN YÜZÜNCÜ YIL
ÜNİVERSİTESİ



Levent SELÇUK ve Derya AŞMA

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, jeoloji Mühendisliği Bölümü, Zeve Kampüsü, Tuşba Van



E-mail: lsalcuk@yyu.edu.tr

ÖZET/ABSTRACT

Kaya ve beton ikili malzemelerin mukavemet ve yenilme davranışları üzerine yapılan deneysel gözlemler ve ölçümler beton yapı-kaya temelinin tepkisini doğru bir şekilde anlamak için önemlidir. Bu bağlamda kaya-beton arayüzündeki etkileşimi belirlemek için çok sayıda deneysel araştırma yapılmıştır. Ancak eğimli bir arayüzün dayanım ve kırılma davranışı üzerindeki etkisi yeterli düzeyde çalışmalarla ele alınmamıştır. Bu araştırmanın temel amacı farklı eğim açılarında kaya beton arayüzünün tepkisini deneysel olarak incelemektir. Eğimli arayüzün kaya-beton ikili malzemelerin dayanım ve kırılma davranışına etkisi tek eksenli sıkıştırma, yarma gerilmesi ve nokta yükü altında incelenmiştir.

Experimental observations and measurements on strength and failure behavior of rock-concrete bi materials are important to correctly understand the response of concrete structure-rock foundation. In this context, a large number of experimental investigations have been carried out in order to identify the interaction at rock-concrete interface, but the influence of inclined interface on strength and failure behavior has not been addressed by adequate experimental studies. The main objective of this investigation is to experimentally investigate the response of the rock-concrete interface at different inclination angles. The effect of inclined interface on strength and failure behavior of rock-concrete bi specimens were investigated under uniaxial compression (UCS), splitting tensile (ST) and point loading (PLS).

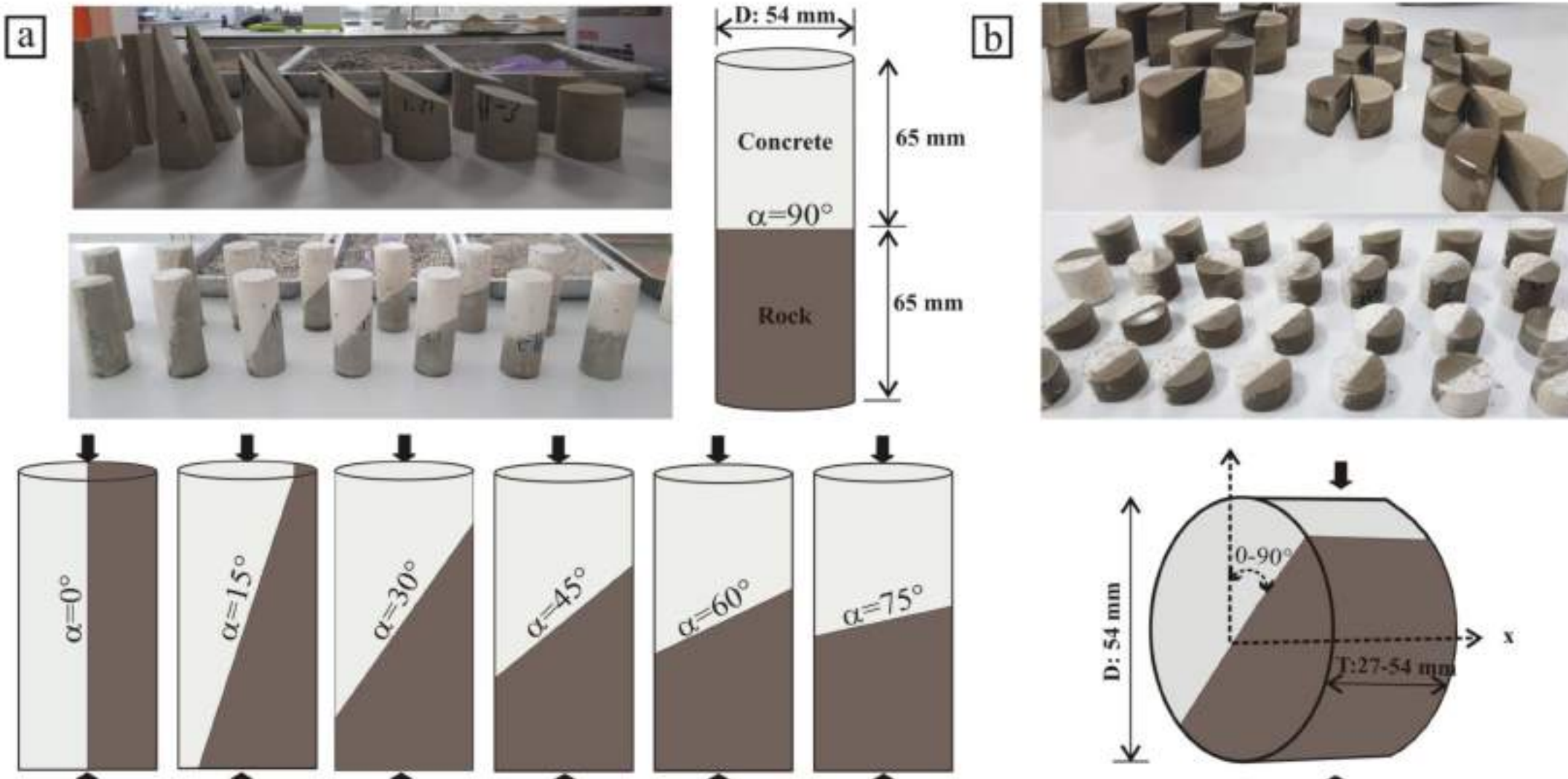
GİRİŞ

Kaya-beton arayüzündeki gerilme durumu ve büyüklüğü, kaya temeli üzerine inşa edilen beton yapıların yenilme ve kırılma davranışında anahtar rol oynar (Fishman, 2008). Geleneksel olarak, beton yapılar için üç ana potansiyel yenilme mekanizması karakterize edilmiştir; baraj gövdesinin çatlamasına neden olan aşırı gerilme, barajdaki çatlak yüzey boyunca veya baraj ile temel arasındaki arayüzde veya temel içindeki herhangi bir zayıflık düzleminde kayma ve akış aşağı yönde dönme ile birlikte kayma yenilmesi (Ghanaat 2004). Kayma yenilmesi ancak temas yüzeyleri çok düşük kayma direncine sahip olduğunda mümkündür, ancak gerçek yapılar ölçeğinde baraj temelının önemli yüzey pürüzlülüğü, gerçek kayma direnci değerlerinin deneysel değerlerden daha büyük olduğunu gösterir. Bu, daha düşük bir kayma yenilmesi olasılığını gösterir.

Kapsamlı literatür taraması, deneysel ve sayısal araştırmaların; kayma davranışı (Johnston ve Lam 1989), arayüz sürtünmesi ve enerji salınım hızı (Sujatha ve Kishen 2003), kırılma tokluğu (Tao vd. 2004), kırılma mekanizması ve özellikler (Dong vd. 2016), kaya-beton arayüzündeki etkileşimi tanımlamak için iyi bir şekilde belgelenmiştir. Hemen hemen tüm bu deneysel çalışmalar, esas olarak, arayüz pürüzlülüğünün kırılma mekanizması üzerindeki rolünü belirtmiştir, ancak arayüzün etkisi ve onun eğimi, kırılma mukavemeti üzerinde göz ardı edilmiş ya da sadece dolaylı test koşulları için incelenmiştir.

Kaya-beton arayüzü hem sıkıştırma hem de kesme gerilmelerinin büyüklüklerinden etkilendir. Standart basınç testlerinde olduğu gibi (yani bir sıkıştırma ve doğrudan kesme testleri), ara yüz yüksek normal gerilmelere maruz kaldığında kesme mukavemeti yüksek olacaktır. Sıkıştırma gelince, kaya-beton arayüzü belli bir açıda (yaklaşık olarak 30 ile 40 derece arasında) ana asal gerilmenin yönüne eğimli olduğunda dayanım değeri önemli ölçüde etkilenecektir. Bu nedenle, kaya-beton arayüzünün dayanım ve kırılma davranışı, hem arayüz eğim açısı hem de uygulanan yüklerin büyüklüğü ile ilişkilidir.

Bu deneysel araştırmanın temel amacı, farklı arayüz eğim açıları için kaya-beton numunelerinin dayanım ve yenilme davranışını değerlendirmektir. Arayüz eğim açılarının 0 ile 90 derece arasında değiştiği çekirdek ve disk şeklindeki kaya beton numunelerinde doğrudan ve dolaylı testler (yani tek eksenli sıkıştırma (UCS), yarma gerilmesi (ST) ve nokta yük mukavemeti indeksi (PLS)) gerçekleştirilmiştir. Kaya-beton malzemelerin mekanik davranışını anlamak için dayanım değerleri ve yenilme modelleri karşılık gelen arayüz eğim açısı ile birlikte gösterilmiş ve kategorize edilmiştir. Kaya-beton malzemelerin mekanik performanslarını araştırmak için dolaylı yöntemlerin sınırlamaları ve kabiliyetleri de tartışılmıştır.



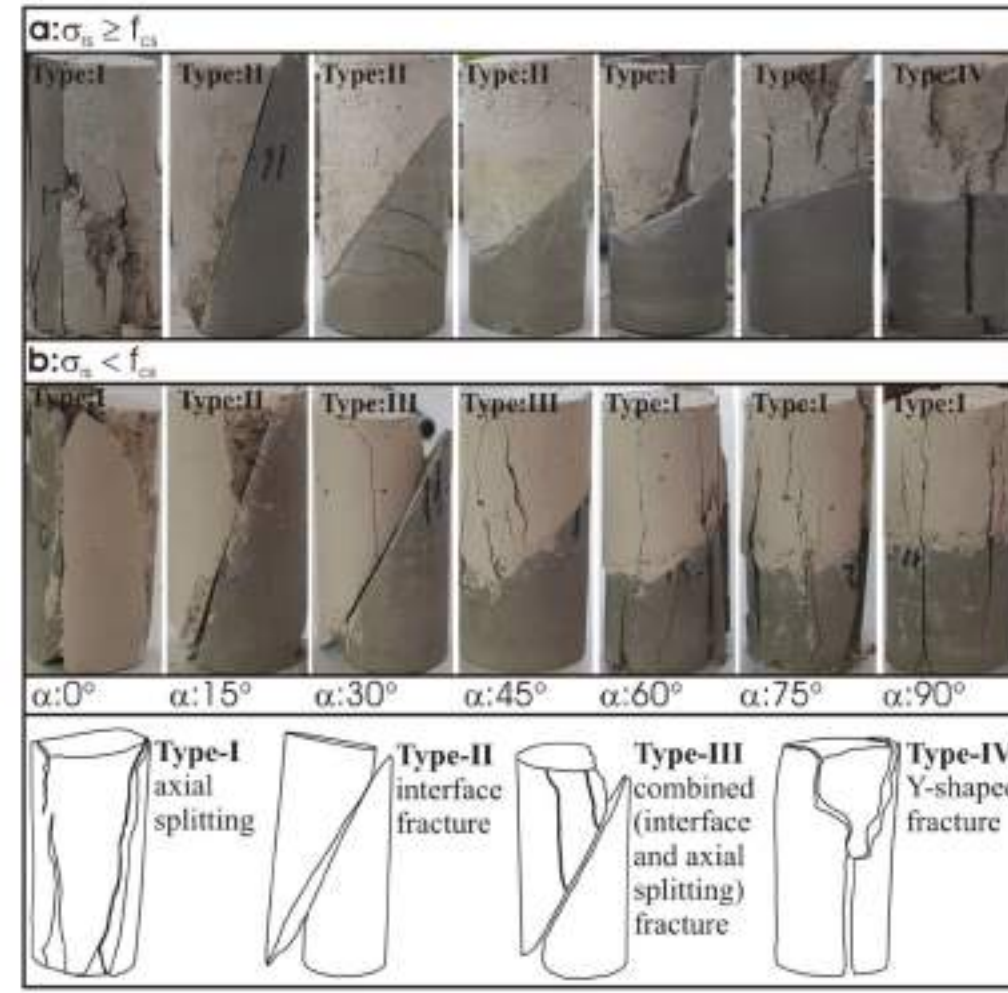
ŞEKİL -1 a) UCS testi için hazırlanmış, 0 ile 90 ° arasında arayüz eğim açılara sahip çekirdek şekilli kaya beton numuneleri, b) ST ve PLS testleri için disk şeklindeki kaya beton numuneleri.

DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Arayüz eğim açısının (α) dayanım ve kırılma üzerindeki etkisi kaya-beton bi numunelerinin davranışı tek eksenli sıkıştırma (UCS), yarımla gerilmesi (ST) ve nokta yük dayanımı indeksi (PLS) test koşulları altında incelenmiştir (Şekil-1). Kaya-beton arayüzünün eğim açılara göre dayanım ve göçme davranışının değişimi genel olarak tüm deneylerde gözlemlendi. Ek olarak, kırılma modelleri ve dayanım veri setleri, her iki beton karışımı serisi için benzer eğilimleri takip

Basınç gerilmesi altında dayanım ve kırılma davranışı

UCS testleri sırasında dört farklı kırılma modeli gözlemlendi; eksenel yarımla (Tip-I), arayüz (Tip-II), birleşik (arayüz ve eksenel yarımla, Tip-III) ve Y-şekilli (Tip-IV) kırıklar (Şekil 2). Beton parçaların değerinin kaya numunesine göre daha düşük olması durumunda, beklendiği gibi çatlaklar çoğunlukla sadece beton kısımda meydana gelmiştir. Bu tipik kırılma modelleri Şekil 2'de şematik olarak temsil edilmektedir. Kesme kaynaklı kırılma türleri (yani tip II ve tip III) çoğunlukla zayıf arayüz boyunca 15 ve 45 derece arasındaki eğim açılarında gözlenmiştir. Arayüz eğim açısı (α) 60 dereceye çıktığında bu kırılma tipleri gözlenmemiş ve numuneler eksenel yarımla ile yenilmeye başlamıştır. Burada 0 ve 90 derece eğim açılara sahip numunelerin her ikisinin de yükleme yönü boyunca oluşan eksenel yarımla çatlakları nedeniyle yenilmiş olduğunu belirtmek gerekir. Bununla birlikte, 90 °'nin aksine, kırıklar ilk olarak 0 °'de arayüz boyunca gelişmeye başlamıştır. Bu deneysel sonuçlar, ara yüz eğim açısının tek eksenli basınç altında kaya-beton bi malzemenin kırılma davranışında önemli bir rol oynadığını göstermiştir (Şekil-3).



Şekil 2 Tek eksenli sıkıştırma testlerinde yenilme sonrası örnekler; a) kaya dayanımının beton dayanımına eşit ve ondan büyük b) beton dayanımından daha düşük, c) kırılmadan sonra kaya beton numunelerinin tipik kırılma modelleri.

Çekme gerilmesi altında dayanım ve kırılma davranışı

ST testleri sırasında üç farklı başarısızlık paterni gözlemlendi; arayüz (Tip-I), birleşik (kesme ve gerilme Tip-II) ve gerilme (Tip-III) kırıkları. Bu tipik kırılma modelleri Şekil 4'de gösterilmektedir. Başarısızlık modellerinin çoğunlukla farklı beton karışımlarından hazırlanan iki numune serisi için benzer olduğu bulunmuştur.

0 veya 15°'ye eşit arayüz eğim açısı durumunda, numuneler arayüz boyunca yenilmiştir. Eğim açısı 30 dereceye eşit olduğunda, birleşik (yani kesme ve çekme) kırılmalar hafifçe gözlenmeye başladı. Kombine kırık tipi ağırlıklı olarak 45 ve 60 derecede gözlenmiştir. Arayüz eğim açısının 75 veya 90 dereceye eşit olması durumunda, numuneler çekme ile eksenel yarımla göstermiştir. Bu sonuçlar, arayüz kırılmalarının en çok düşük arayüz eğim açılarında hakim olduğunu açıkça göstermektedir.

Nokta yükü altında dayanım ve kırılma davranışı

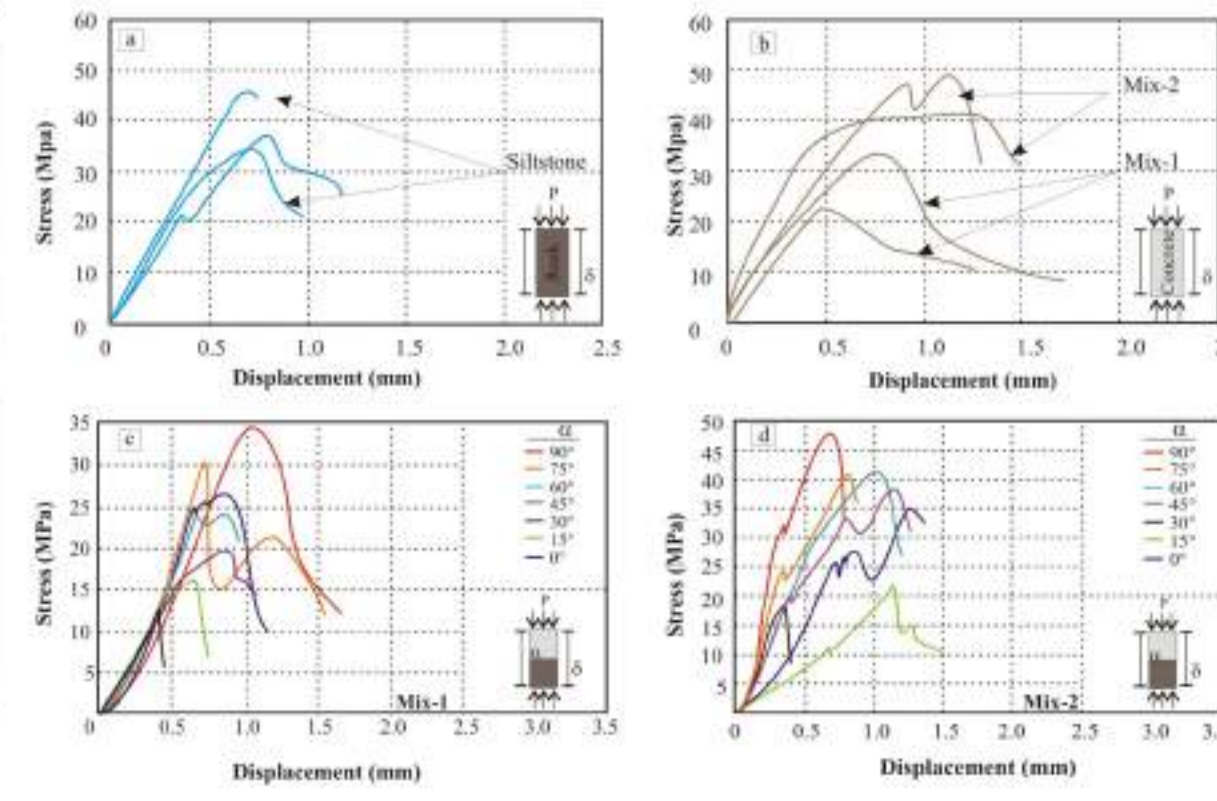
Yenilme davranışları arasındaki ilişkiyi değerlendirmek için farklı arayüz eğim açıları, disk şeklindeki kaya-beton numuneleri PLS'nin çapsal test koşullarında test edilmiştir. Numunelerin kırılma modelleri Şekil 5'de verilmiştir. Şekil 5'de gösterildiği gibi, arayüz kırılma tipi, düşük arayüz eğim açılara (yani α : 0 30). Arayüz eğim açısı 45 dereceye'ye çıktığında, birleşik tip ve yüksek arayüz eğim açıları için baskın göçme tipi (α : 60 90) çekme tipi kırılma davranışdır.

SONUÇLAR

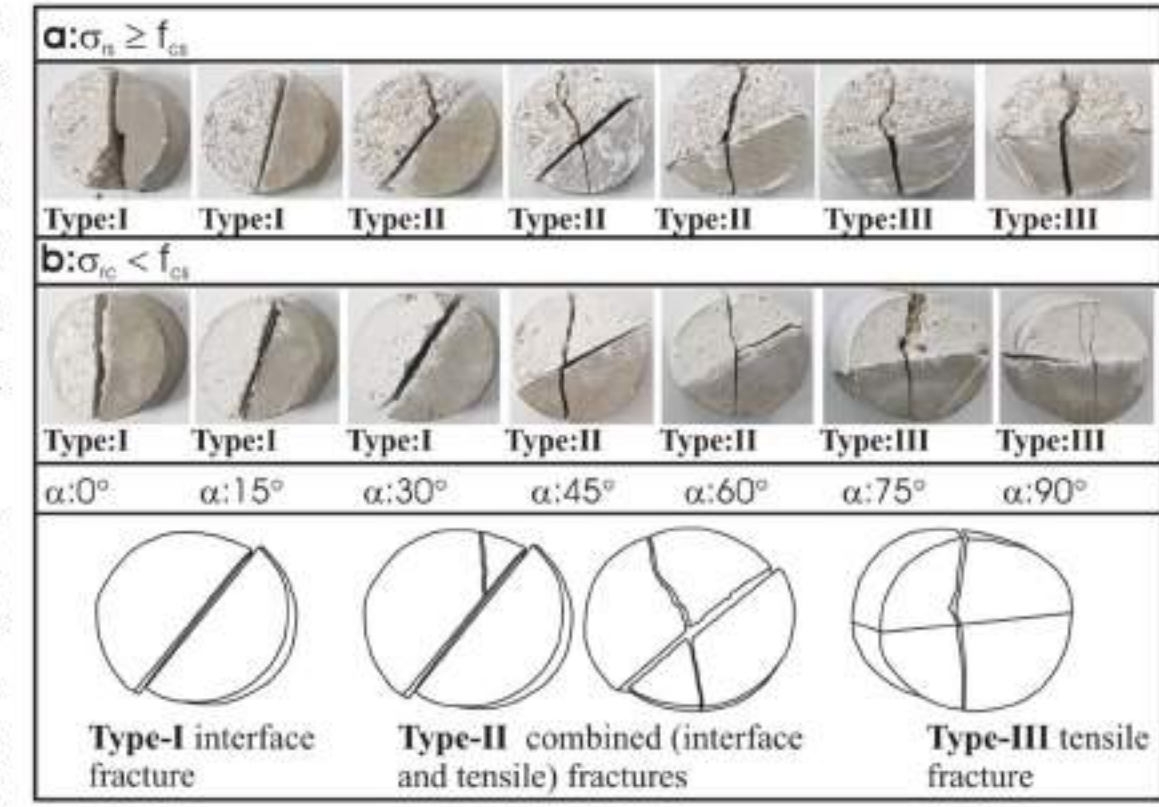
.Kaya-beton numunelerinin yenilme davranışı, 0 ve 45 arasındaki eğim açılarında eksenel yarımla zayıf arayüz boyunca arayüz boyunca kesme yenilmesi davranışına doğru değişir. Arayüz eğim açısı 60 dereceye 'ye çıktığında, numuneler tekrar eksenel yarımla ile başarısız olmaya başlamıştır. "U-şekilli" mukavemet değişim eğrileri, eğim açısı α 'ya karşı numune serilerinin tek eksenli sıkıştırma değerlerinin grafiğinin bir sonucu olarak elde edilmiştir.

ST ve PLS testleri sırasında üç farklı başarısızlık paterni gözlemlendi; arayüz, birleşik ve eksenel yarma (veya gerilme) kırıkları. Düşük eğim açıları (0 15) için arayüz kırılma tipleri baskındır. Arayüz kırılma tipi, dikkate değer yüksek kırılma mukavemeti değerleri ile yaklaşık 30 dereceden sonra birleşik kırık tipine değişir. Örnekler, ST'de kırıklar bölünerek 75 ve 90'de eksenel bölünürken, bu kırık tipi PLS'de çoğunlukla α 60, 75 ve 90'de baskındır. Eğim açısı (α) arttıkça yarımla çekme gerilme dayanımına 1s (50) artmıştır. Kaya beton numunelerinin eğim açılarının bir fonksiyonu olarak nokta yük dayanımı ve göçme davranışı ilk kez araştırılmıştır. 1s (50) ve arayüz eğim açısı arasındaki ilişki, ST'den elde edilen sonuçlarda olduğu kadar dikkat çekici görünmektedir.

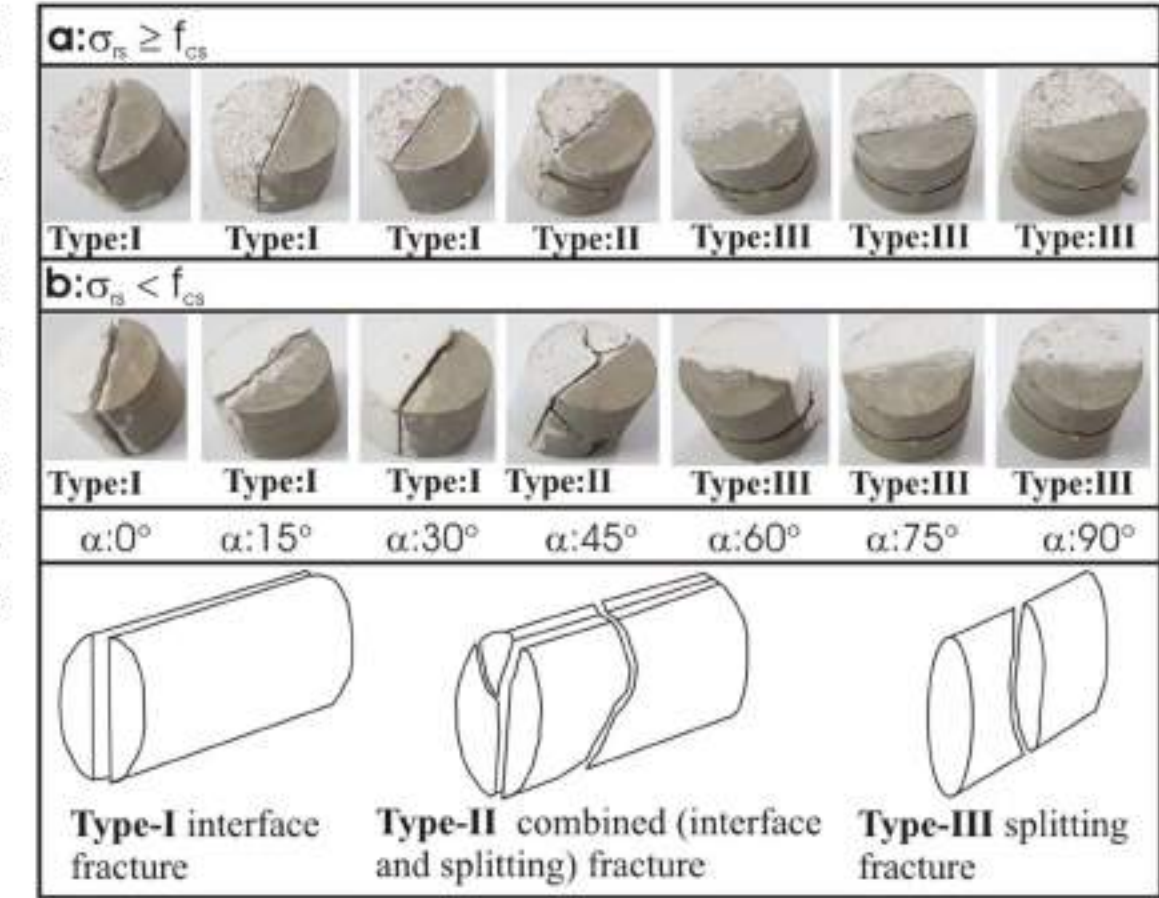
Bu çalışmanın en dikkat çekici yönlerinden biri de indirekt yöntemlerin zayıf arayüz eğim açısı yükleme eksenine paralel olmaya başladığında numunelerin arayüz dayanımının belirlenmesinde yetersiz sonuçlar vermesidir.



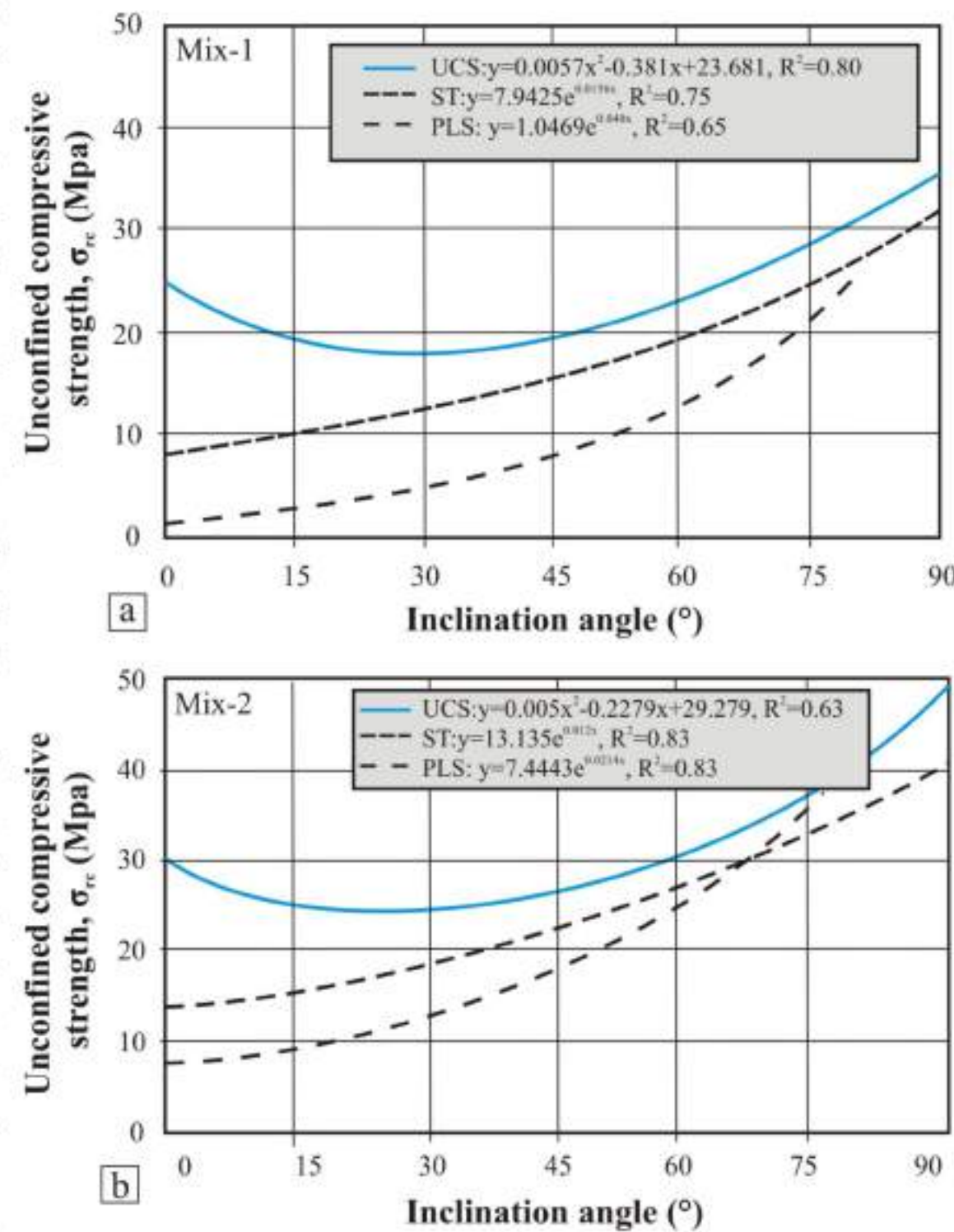
Şekil-3 A) kaya numunelerinin, b) beton karışımlarının, c) karışım-1 ve d) karışım-2'den hazırlanan kaya-beton numunelerinin tipik gerilme-yer değişime eğrileri.



Şekil 4 Yarma-çekme testlerinde yenilme sonrası örnekler; a) kaya dayanımının beton dayanımına eşit ve ondan büyük b) beton dayanımından daha düşük, c) kırılmadan sonra kaya beton numunelerinin tipik kırılma modelleri.



Şekil 5 Nokta yükü testlerinde yenilme sonrası örnekler; a) kaya dayanımının beton dayanımına eşit ve ondan büyük b) beton dayanımından daha düşük, c) kırılmadan sonra kaya beton numunelerinin tipik kırılma modelleri.



Şekil 6 Gözlemlenen UCS ile ST ve PLS testlerinden öngörülen UCS arasındaki karşılaştırma.