

T.C.
İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



MEVCUT YAPILAR İÇİN KALICI YER DEĞİŞTİRME ESASLI BİR
HASAR MODELİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Eylem EYYÜPOĞLU

İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı
İnşaat Mühendisliği Programı

EKİM, 2020

T.C.
İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



**MEVCUT YAPILAR İÇİN KALICI YER DEĞİŞTİRME ESASLI BİR
HASAR MODELİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Eylem EYYÜPOĞLU

(Y1713.090039)

İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı
İnşaat Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: PROF. DR. MÜBERRA ESER AYDEMİR

EKİM, 2020

ONAY BELGESİ

YEMİN METNİ

Yüksek Lisans tezi olarak sunduğum “ Mevcut Yapılar İçin Kalıcı Yer Değiştirme Esaslı Bir Hasar Modeli ” adlı çalışmanın, tezin proje safhasından sonuçlanmasına kadarki bütün süreçlerde bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurmaksızın yazıldığını ve yararlandığım eserlerin Kaynakça ‘da gösterilenlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanılmış olduğunu belirtir ve onurumla beyan ederim. (00/00/2020)

Eylem EYYÜPOĞLU

ÖNSÖZ

Bu proje çalışmasında zaman tanım alanında gerçekleştirilen doğrusal olmayan çözümleme sonuçları ile yapısal hasarın tahmini için yeni bir yaklaşım geliştirilmesi amaçlanmıştır.

Tez çalışmamın planlamasında, araştırılmasında ve oluşum aşamasında desteğini esirgemeyen, bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, samimiyetini her zaman hissettiren ve beni doğru yönde yönlendiren tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Müberra ESER AYDEMİR'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Lisans ve Lisansüstü eğitimim boyunca her konuda desteği ve bilgisi ile yanımda olan Sayın Doç. Dr. Cem AYDEMİR'e teşekkürü borç bilirim.

Desteklerini ve yardımlarını esirgemeyen İAU İnşaat Mühendisliği laboratuvarının kıymetli teknik personellerine teşekkürlerimi sunuyorum.

Ayrıca tüm eğitim hayatım boyunca maddi manevi destekleri ile her zaman yanımda olan, bana güvenlerini hiç kaybetmeyen aileme ve dostlarıma teşekkür ederim.

Ekim, 2020

Eylem EYYÜPOĞLU

(İnşaat Mühendisi)

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
YEMİN METNİ	ii
ÖNSÖZ	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ÖZET	vi
ABSTRACT	vii
1. GİRİŞ	1
1.1 Literatür Özeti	3
2. YER HAREKETLERİ VE İNCELENEN YAPISAL DAVRANIŞ PARAMETRELERİ	6
2.1 Hasar İndeksi (DI)	6
2.2 Kalıcı Yerdeğiştirme (U_{res}).....	8
2.3 Kullanılan Malzeme Modelleri.....	9
2.4 Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı (R).....	10
2.5 Kullanılan Deprem Kayıtları ve Özellikleri	17
3. TEK SERBESTLİK DERECELİ SİSTEME AİT ÇÖZÜMLER	21
3.1 Analiz Sonuçları	21
3.1.1 Yakın ve Uzak Fay Etkisi	21
3.1.2 Malzeme Modelinin Etkisi	23
3.1.3 Pekleşmenin Etkisi.....	26
4. HASAR İNDEKSİ TAHMİNİ İÇİN BİR YÖNTEM	40
4.1 Doğrusal Olmayan Regresyon Analizi.....	40
5. SONUÇLAR	48
KAYNAKLAR	50
ÖZGEÇMİŞ	52

KISALTMA LİSTESİ

TBDY	: Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği
DI	: Hasar İndeksi
Ures	: Kalıcı Yer Değiştirme
Umax	: Maksimum Yer Değiştirme
T	: Periyot
R	: Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı
EP	: Elastoplastik
MC	: Modified-Clough
TSD	: Tek Serbestlik Dereceli
PEER	:Pasifik Deprem Mühendisliği Araştırma Merkezi

MEVCUT YAPILAR İÇİN KALICI YER DEĞİŞTİRME ESASLI BİR HASAR MODELİ

ÖZET

Bu çalışmada tek serbestlik dereceli sistemlerde yakın ve uzak deprem hareketleri kullanılarak kalıcı yer değiştirme talepleri ve hasar indeksi incelenmiştir. Malzeme modeli olarak dayanım azalmasının dikkate alındığı (Modified Clough) ve alınmadığı (iki doğrulu elastoplastik) iki ayrı malzeme modeli ele alınmıştır. Analizlerde incelenen yapısal parametreler olarak yapı periyodu (T) 0.1-3 s. arasında, deprem yükü azaltma katsayısı (R) 2-3-4-5-6 olarak, pekleşme oranı (α) %0, %5, %10 olarak alınmış olup, yakın ve uzak fay etkilerini içeren 140 gerçek deprem kaydı kullanılmıştır. Deprem etkisine maruz kalmış bir binanın değerlendirilmesinde bu geçmiş çoğu kere bilinmediğinde, yapının değerlendirilmesinde daha basit ve deprem sonrası ölçülebilen bir parametreye göre hasarın derecelendirilmesi önem taşımaktadır. Bu çalışmada zaman tanım alanında gerçekleştirilen doğrusal olmayan çözümleme sonuçları ile yapısal hasarın tahmini için yeni bir yaklaşım geliştirilmiştir.

AnahtarKelimeler: *Kalıcı yer değiştirme, Hasar İndeksi, Maksimum yer değiştirme*

RESIDUAL DISPLACEMENT BASED DAMAGE MODEL FOR EXISTING STRUCTURES

ABSTRACT

In this study, damage index and residual displacement demands of SDOF systems are investigated for far field and near field ground motions. To this purpose SDOF systems with known lateral strength for a period range between 0.1 and 3.0 sec. are analyzed in time domain. During analyses two structural behaviors such as elastoplastic (non-degrading) and Modified Clough (degrading) models are assumed. Nonlinear dynamic time history analyses are conducted for a number of 140 ground motions representing both far-field and near-field effects. A new damage index is proposed with an equation as a function of residual displacement, spectral displacement, maximum inelastic displacement and lateral strength. The comparison of proposed damage index with the analysis results are also presented.

Keywords: *Residual Displacement, Maximum Displacement, Damage Index*

1. GİRİŞ

Çevrimsel yükler altında zorlanan yapılarda meydana gelen hasarın betimlenmesine yönelik birçok çalışma ile farklı hasar indeksi modelleri geliştirilmiştir. Hasar indeksi modelleri kullanılması, çevrimsel yükler altında yapıya aktarılan yük ve bu yükten oluşan yerdeğiştirme talebinin zaman tanım alanında belirli olması gerekmektedir.

Deprem etkisine maruz kalmış bir binanın değerlendirilmesinde bu geçmiş çoğu kere bilinmediğinde, yapının değerlendirilmesinde daha basit ve deprem sonrası ölçülebilen bir parametreye göre hasarın derecelendirilmesi önem taşımaktadır.

Bu çalışmada zaman tanım alanında gerçekleştirilen doğrusal olmayan çözümleme sonuçları ile yapısal hasarın tahmini için yeni bir yaklaşım geliştirilecektir.

Bu tezin amacı deprem yer hareketine maruz kalan tek serbestlik dereceli sistemlerin kalıcı yer değiştirme taleplerini değerlendirmektir. Bu amaçla, en yüksek elastik yer değiştirme taleplerinin bir fonksiyonu olarak kalıcı yer değiştirme taleplerine bakarak hasar indeksi tahmin edilmesinden oluşan bir yaklaşım geliştirildi.

Kalıcı yer değiştirmeler bir yapının performansının tanımlanmasında önemli bir rol oynar ve çok önemli sonuçları olabilir. Depreme dayanıklı yapı tasarımında yapılar üzerindeki yanal yer değiştirmeleri sınırlandırarak, yapısal elamanlara ve birçok yapısal olmayan elemanların deprem hasarını kontrol etmeyi amaçlamaktadır. Yapılardaki hasarlar genellikle en yüksek yer değiştirme talepleri kullanılarak tahmin edilir. Geçmişteki deprem hareketleri bize göstermiş olduğu üzere yapılardaki kalıcı yer değiştirmeler yapıların kullanımına devam edip edemeyeceğini belirleyen önemli parametrelerdendir.

Bu çalışmada, kalıcı yer değiştirmeye bağlı bir hasar indeksi modelinin geliştirilmesi hedeflenmektedir. Bu amaçla, yakın ve uzak deprem etkisini içerecek şekilde seçilen 140 gerçek deprem kaydı kullanılarak yapılan tek serbestlik dereceli sistemlerin dinamik analizleri gerçekleştirilmiştir.

Mevcut tek serbestlik dereceli sistemlerin basitleştirilmiş bir modeli temsil ediyorsa, ideal olarak bazı temel dinamik ve mekanik özellikler biliniyor ise aldığı hasar

tahmin edilebilir. Bunlar yapısal periyot, dayanım azaltma katsayısı ve yaklaşık kalıcı yerdeğiştirme kullanılarak bulunur.

Tek serbestlik dereceli sistemlerin temel özellikleri yaklaşık olarak biliniyorsa deprem kuvveti sonrası kalıcı hasara bakarak hasar indeksi tahmin edilir ve performans durumu ölçülebilir. Bu durum hasar indeksinin mevcut hasarların performansa dayalı olarak değerlendirilmesi için faydalı olabilir.

Yeni yapılar için, sistemin özellikleri seçilen yapıya göre tasarım süreciyle tahmin edilir. Örneğin, ciddi yer hareketi tehlike seviyesi için can güvenliği performans seviyesini sağlamaktadır. Performans seviyesini ölçmenin uygun bir yolu, karşılık gelen hasar indeksinin değerini kullanmaktır.

Deprem yükleri altındaki yapı sistemleri genellikle doğrusal olmayan davranış göstermektedir. Depreme dayanıklı yapı tasarımında önemli olan doğrusal olmayan davranışları çözmektir. Başka bir çözüm yöntemi ise yer değiştirme esaslı tasarımıdır. Burada ise yapının ve taşıyıcı sistemin aşırı yer değiştirmelerin oluşmasını önlemektir. Yer değiştirme esaslı yöntemler, yapı sistemlerinin doğrusal olmayan analizlerine dayanan yapısal performans değerlendirme yöntemleridir. Performansa dayalı tasarım sisteminde deprem etkisi altındaki yapının belirli parametrelere sığdırmaktır. Bunlar şekil değiştirme, yer değiştirme, süneklik oranı, hasar indeksi gibi büyüklüklerdir. Yapıların doğrusal olmayan davranışlarının analizleri sonucunda elde edilen bu yapısal parametrelerin değerlendirilmesi ile yapısal hasar tanımlanabilmekte ve yapısal hasar tahmin dileyebilmektedir.

Bu çalışmada tek serbestlik dereceli sistemlerde yakın ve uzak deprem hareketleri kullanılarak kalıcı yer değiştirme taleplerinin ve hasar indeksinin incelenmesi amaçlanmıştır. Malzeme modeli olarak dayanım azalmasının dikkate alındığı (Modified Clough) ve alınmadığı (iki doğrusal elastoplastik) iki ayrı malzeme modeli ele alınmıştır. Analizlerde incelenen yapısal parametreler olarak yapı periyodu (T) 0.1-3 s. arasında, deprem yükü azaltma katsayısı (R) 2-3-4-5-6 olarak, pekleşme oranı (α) %0, %5, %10 olarak alınmış olup, yakın ve uzak fay etkilerini içeren 140 gerçek deprem kaydı kullanılmıştır.

1.1 Literatür Özeti

Kalıcı yer değiştirme ile ilgili şimdiye kadar bir çok çalışma konusu olmuştur. D'Ambrisi ve Mezzi tarafından yapılan çalışmada (2015), yapıların doğrusal olmayan statik analizi için enerjiye dayalı bir yaklaşımda bulunulmuştur. Betonarme bir yapının iç çerçevesini temsil eden bir RC düzlem erevesi üzerinde maksimum tepki yer değiştirme ve maksimum tepki kuvvetinden hesaplanan bir enerji miktarını tanımlanmıştır.

Mahin, S.A ve Bertero tarafından yapılan çalışmada (1981), tek serbestlik dereceli sistemlerin elastik olmayan tepkisi üzerindeki etkisi, maksimum yer değiştirme, maksimum ivme ve kalıcı yer değiştirmeler dikkate alınarak ayrıntılı şekilde araştırılmıştır. İdeal elastik olmayan sistemler için elde edilen sonuçlar, bu yöntemlerin yerdeğiştirmelerin sneklilerini belirtilen değerlerle güvenli bir şekilde sınırlamadığını göstermektedir.

MacRae, G.A ve Kawashima k. tarafından yapılan çalışmada (1997), kalıcı yer değiştirmenin olası büyüklüğünü araştırmak için tek serbestlik dereceli sistemlerde 2,4 ve 6 süneklilik talepleriyle çeşitli zemin türlerinden 11 deprem kaydına tabi tutmuştur. Tek serbestlik dereceli sistemlerin osilatör olarak modellenebilen yapılar için yeni bir tasarım rneği vermiştir.

Kawashima, K., Macrae tarafından yapılan çalışmada (1997), tek serbestlik dereceli sistemlerin tasarımı için bir kalıcı yer değiştirme tepki spektrumu sundu ve tasarım uygulamasına gitti. Bu çalışmada belirli süneklilik faktörleri ile, sönümleme oranları belinear faktörler ve yer hareketleri ile bir çok serbestlik dereceli belinear analizler açıklanmaktadır. Bu analizler tek serbestlik dereceli yapıların muhtemel kalıcı yer değiştirmelerini tahmin etmek için yenibir yöntem elde edip geliştirdi.

J. Ruiz-Garcia ve E. Miranda tarafından yapılan çalışmada (2002), tek serbestlik dereceli sistemlerin en yüksek elastik yer değiştirme talebinin bir fonksiyonu olarak kalıcı yer değiştirme taleplerinin tahmin edilmesiyle oluşan bir yaklaşım geliştirdi

Farrow, K.T ve Kurama tarafından yapılan çalışmada (2003), tek serbestlik dereceli sistemlerde belirli yer hareketi ölçekleme yöntemlerinin tahmini sismik taleplerle büyük bir dağılım getirebileceğini göstermiştir. Kalıcı yer değiştirmeyi

normalleştirmek için akma yer değiştirmesini kullanmış ve bu oranı kalıcı yer değiştirme sünekliliği olarak isimlendirmiştir.

Luca ve ark. tarafında yapılan çalışmada (2004), yapılarda kalıcı deplasmanların ortaya çıkmasının, hasarlı yapıların çökmeden güçlü artçı şoklara direnme yeteneğini göstermiştir. Çalışmasında yakın fay hatlarında yapıların kalıcı yer değiştirmelerini tahmini için yeni yöntem geliştirmeyi amaçlayan çalışma özetlenmiştir.

Ufuk Yazgan, Alessandro Dazio (2011) Deprem sonrası kalıcı yer değiştirmelerin ve yapıya verilen hasarın görsel olarak incelenmesinin, yapı tarafından tecrübe edilen maksimum deformasyonların gelişmiş tahminler sağladığı düşünülmüştür. Maksimum deformasyon iyileştirilmiş tahminlerinin yapıya verilen hasarın boyutunun daha iyi gösterilmesi amaçlanmıştır.

George D. Hatzigeorgiou, George A. Papagiannopoulos tarafından yapılan çalışmada (2011), güçlü bir zemin hareketinden kaynaklı hasar sonrası ölçülen değerlerle kalıcı yer değiştirme ve maksimum yer değiştirmeleri değerlendiriyor.

George D. Hatzigeorgiou tarafından yapılan çalışmada (2011), tek serbestlik dereceli sistemlerde yapılar üzerinde yapılan detaylı çalışmalara bakılarak, hem uzak alan yer hareketi hem yakın alan yer hareketleri kullanılarak önerilmiştir. Kuvetli yer hareketlerinden sonra ölçülen kalıcı yer değiştirmelerden, maksimum sismik deformasyonun basit ve etkili bir şekilde belirlenmesi için deneysel denklemler üretilmiştir Kalıcı yer değiştirme ölçüsünün yapıların deprem sonrası performans düzeyini değerlendirmek için etkin bir şekilde kullanılabilmesi bulunmuştur. Tek serbestlik dereceli sistemde yakın ve uzak yer hareketleri kullanarak kalıcı yer değiştirmede maksimum yer değiştirmeleri değerlendirmek için yeni bir yöntem önermiştir.

Müberra Eser Aydemir tarafından yapılan çalışmada (2011), tek serbestlik dereceli ve çok serbestlik dereceli sistemlerin deprem davranışı üzerinde, zemin ve yapı etkileşimi üzerindeki etkileri incelenmiştir. Farklı zemin sınıflarında kaydedilmiş 64 deprem kaydı için periyot aralığı (T) 0,1-3,0s ile dayanım azaltma katsayısı (R) 2,3,4,5 ve 6 olan tek serbestlik dereceli sistemlerin zemin yapı etkileşiminde olduğu ve olmadığı durumlar için doğrusal olmayan zaman tanım alanında çözümler yapılmıştır. Çözümlemeler sonucunda deprem yükü azaltma katsayısı ve elastik olmayan yer değiştirme oranlarının tahmini için yeni bağıntılar türetilmiştir.

Ruiz-Garcia, J. Ve Guerrero tarafından yapılan çalışmada (2017) tek serbestlik dereceli sistemler için maksimum yanıl yer değiştirme, kalıcı yer değiştirme talebini doğrudan tahmin edilmesine olanak sağlamıştır

Changhoi Zhai, Evangelos I. Katsonos tarafın yapılan çalışmada (2018), kalıcı yer değiştirme talebini tepki analizi yoluyla değerlendirmede kullanmıştır. Kalıcı yer değiştirme oranının güvenilir bir şekilde tahmin edilmesini sağlamak için basitleştirilmiş bir denklem önermiştir.

Müberra Eser Aydemir, Cem Aydemir tarafından yapılan çalışmada (2019), tek serbestlik dereceli sistemleri, yakın ve uzak fay etkisinde, periyot, süneklik, spektral deplasman ve dayanım artışı durumlarda, bilinear ve modified-clough malzeme modelleri üzerine zaman tanım alanında analizler yapılmıştır. Bu analizlere dayanarak sistemin kalıcı yer değiştirme talebi için yeni basit bir denklem önermiştir.

2. YER HAREKETLERİ VE İNCELENEN YAPISAL DAVRANIŞ PARAMETRELERİ

Türkiye Bina Deprem yönetmeliğinde deprem kayıtlarının seçiminde bina taşıyıcı sistemlerinin zaman tanım alanının hesabında kullanılacak kayıtların seçimi, fay uzaklıkları, kaynak mekanizmaları ve yerel zemin koşulları dikkate alınarak yapılmaktadır. Yapının bulunduğu bölgede kullanılacak deprem kayıtları öncelikle o bölgede oluşan geçmiş deprem kayıtları kullanılarak yapılacaktır. Yeterli sayıda deprem kaydı mevcut değilse benzeştirilmiş yer hareketi kayıtları kullanılabilir.

2.1 Hasar İndeksi (DI)

Depreme dayanıklı yapı tasarımında amaç, şiddetli depremlerde can güvenliğini tehlikeye atmadan yapının belirli çerçevelerde hasar almasına izin vermesidir. Bu yaklaşımdan ötürü hasar indeksleri yapılardaki hasarı ölçmek ve yapısal hasarın bir ölçüsünü belirtmek için kullanılan bir yöntemdir. Hasar indeksi '0' ile '1' arasında değişen matematiksel bir model olarak tanımlanabilir. Hasar indeksi değeri, yapı elastik sınırlar içinde kaldığında sıfıra, göçme durumuna geldiğinde ise bire eşittir. Sıfır ile bir arasındaki değer aralıkları hasarın derecelendirilmesinde yardımcı olmaktadır.

Bir hasar indeksi (DI), kuvvet, deformasyon ve enerji dağılımı gibi bir çok yapısal davranış parametresine dayalı olarak ifade edilebilir. Hasar indeksinin tanımı ve kaynağı farklı olsa da, hasar seviyesinin tanımı mevcut hasar indekslerinin çoğu için oldukça benzerdir. Sıklıkla kullanılan hasar seviyesi tanımları Çizelge 2.1'de sunulmuştur.

Çizelge 2.1: Hasar seviyesi tanımları

Hasar düzeyi	Hasar gözlemleri
Hiç	Hasarsız
Az	Kılcal çatlaklar
Orta	Belirgin hasar, örtü betonda ezilme
Şiddetli	Sargı betonda ezilme, donatıda burkulma
Göçme	Göçme

Literatürde yer alan hasar indeksi tanımları esas olarak iki sınıflamaya ayrılır.

Bunlar;

- Yerel ya da global hasar indeksi tanımı
- Kümülatif ya da kümülatif olmayan hasar indeksi tanımı

Yerel hasar indeksleri, genellikle tek bir eleman veya bir birleşim noktasının sismik hasarına bağlı olarak hasar seviyesini tanımlarken, global hasar indeksleri, her bir elemanın yerel hasarını dikkate alarak veya tüm yapının belirli bir davranış değerini kullanarak bir yapının genel hasar durumunu tanımlar. Kümülatif olmayan hasar indeksleri genellikle basittir, ancak çevrimsel yüklemenin etkilerini dikkate almadıklarından hasar durumunu doğru şekilde yansıtmayabilirler. Bununla birlikte, kümülatif hasar indeksleri çevrimsel yüklemenin etkilerini de içerdikleri için daha gerçekçi ama aynı zamanda kümülatif olmayan hasar indekslerine kıyasla daha karmaşıktır.

Literatürde yer alan bir çok farklı hasar indeksi mevcuttur. Bunlardan en sıklıkla kullanılan indeks modelleri açıklanmaya çalışılmıştır. Park ve Ang tarafından geliştirilen hasar indeksi modelinin (1985) hasar tahmininde iyi sonuç veren bir model olduğu belirlenmiştir. Bu hasar indeksi maksimum yer değiştirme tepkisi ve histeretik enerji dağılımının bir kombinasyonu olarak önerilmiş olup, bu hasar modeli hem çevrimsel enerjiye hem de maksimum yer değiştirmeye bağlı olarak tanımlanan bir hasar indeksidir. Park Ang hasar indeksi (X) bağıntısında sunulmuştur.

$$DI_{PA} = \frac{U_m}{U_u} + \beta \frac{E_h}{F_y U_u} \quad (1)$$

Park Ang hasar indeksi yaygın olarak kullanılan bir hasar indeksi olmasına rağmen; bağıntısında yer alan şekil değiştirme kapasitesi U_u ve dayanım azaltma parametresi β 'nin belirlenmesi zorluk yaratmaktadır. Bu sebeple, Park Ang hasar indeksinin bazı

olumsuz tarafları vardır. Bunlardan biri elastik tepki için, $E_h=0$ olduğunda hasar indeksinin sıfır olması gerekirken bağıntının sıfırdan büyük bir değer veriyor olmasıdır. İkinci dezavantajlı durum ise sistem tek yönlü yükleme altında olduğunda, bağıntının doğru sonuç vermemesidir.

Bozorgnia and Bertero (2001) tarafından tek serbestlik dereceli elastik ötesi davranışa sahip bir sistem için iki yeni hasar indeks modeli geliştirilmiştir olup, bu modeller (XX) bağıntısı ile sunulmuştur.

$$DI_1 = [(1 - \alpha_1)(\mu - \mu_e)/(\mu_{mon} - 1)] + \alpha_1(E_H/E_{Hmon})$$
$$DI_2 = [(1 - \alpha_2)(\mu - \mu_e)/(\mu_{mon} - 1)] + \alpha_2(E_H/E_{Hmon})^{1/2} \quad (2)$$

Burada, $\mu = u_{maks} / u_y =$ yer değiştirme sünekliği, $\mu_e = u_{elastic} / u_y =$ (inelastik davranış için 1'e, elastik davranış için μ 'ye eşittir), μ_{mon} is monotonik yer değiştirme sünekliği, E_H depremin histeretik enerji talebi, E_{Hmon} monotonik artan yatay yer değiştirme için histeretik enerji kapasitesi, α_1 ve α_2 ise 0 ile 1 arasında değişen sabit katsayılardır.

2.2 Kalıcı Yerdeğiştirme (U_{res})

Yapıya etkiyen şiddetli deprem hareketi sırasında yapıda bir yerdeğiştirme talebi meydana gelir. Yeterli dayanıma ve sünekliğe sahip sistemlerde kalıcı yer değiştirmeler meydana gelir. Yapılarda meydana gelen kalıcı yerdeğiştirme değerleri yapının performans seviyesinin belirlenmesi için önemlidir.

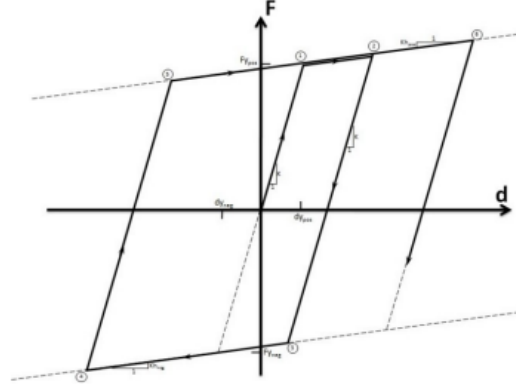
Geçmiş depremler göstermiştir ki, bir sistemde meydana gelen kalıcı yer değiştirme – en büyük yer değiştirme talebine ek olarak- a) yapısal sistemin işlevine devam edip edemeyeceğini, b) sistemin güçlendirilmesi / onarılması gerekip gerekmediğini c) sistemin yıkılarak yeniden inşa edilmesi gerektiğini belirleyen ana parametrelerden biridir. Ayrıca, sismik performans değerlendirmesinde kalıcı yer değiştirmeleri ve dönme değerlerinin dikkate alma gerekliliği, Vision 2000 (1995) ve FEMA356 (2000) kılavuzlarında da ele alınmaktadır. Bu nedenle, yapıların değerlendirilmesi ve rehabilitasyonu için kalıcı yapısal yer değiştirme taleplerinin doğru tahmin edilmesi önemlidir.

2.3 Kullanılan Malzeme Modelleri

Bu çalışmada, rijitlik azalmasının dikkate alındığı ve alınmadığı iki malzeme modeli kullanılmıştır. Bu modeller aşağıda açıklanmıştır.

- **İki Doğrulu Model (Bilinear Model)**

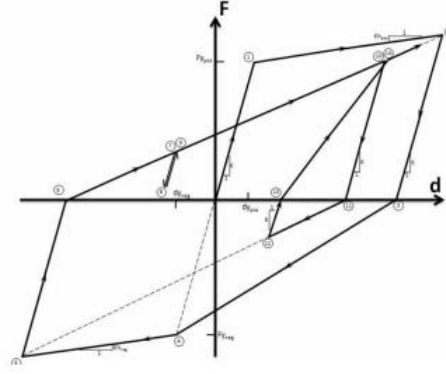
Kullanılan bu modelde sistemin rijitliğinde bir değişim olmadığı kabul edilir. Başlangıç hareketinin orjinden başlayarak düzenli bir döngü ile plastik davranışa devam eder. Resim 2.1’de bu davranış göstermektedir.



Resim 2.1: Bilinear Model

- **Modified-Clough Model**

Betonarme yapıların döngüsel hareketini temsil etmek için en yaygın model Modified-Clough’dur. Bu modelde ilk döngü tamamlandıktan sonra rijitlik kaybı gerçekleşmektedir. Başlangıç hareketinin orjinden başlayarak sürekli yükler altında rijitliğini kaybederek döngüsüne devam etmektedir. Sistem bir noktadan sonra döngüsünü tamamlamaktadır. Resim 2.2’de bu davranış göstermektedir.



Resim 2.2: Modified-Clough Model

2.4 Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı (R)

Bu çalışmada tek serbestlik dereceli sistemlerin çözümleri yapılırken deprem yükü azaltma katsayısını değişken olarak alan bir algoritma kullanılmıştır ($R=2-6$). Deprem yükü azaltma katsayısı, yapıların tasarımında belirli bir süneklik düzeyi ve buna karşılık yapının göstereceği elastik ötesi davranışı göz önüne alarak elastik deprem istemini azaltan bir katsayıdır. Yapısal tasarımda, deprem yükü azaltma katsayısı kullanılmadan yapının tamamen elastik davranacağı bir başka deyişle hiç hasar almayacağı düşünülerek de tasarlanabilir. Ancak böylesi bir tasarım, çok büyük kesit boyutlarına ve dolayısıyla hiç de ekonomik olmayan bir tasarıma yol açar. Bu durumun önüne geçebilmek için, yapıda öngörülebilir şekilde elastik ötesi davranışa ve kalıcı şekil ve yer değiştirmelere izin vererek, sünek ve aynı zamanda ekonomik bir tasarım yapmak mümkündür.

Deprem yükü azaltma katsayıları ile ilgili bilinen ilk çalışmayı 1973 yılında Newmark ve hall yapmıştır. 1940 yılında El Centro depreminin kuzey ve güney bileşeninin elastik ve elastik olmayan tepki spektrumu esas alınarak gerçekleştirilmiş bu çalışmada; R katsayısı değişik periyot aralıkları için aşağıdaki şekilde verilmiştir.

$$0 \leq T \leq \frac{T_1}{10} \quad R_\mu = 1$$

$$\frac{T_1}{10} \leq T \leq \frac{T_1}{4} \quad R_\mu = \sqrt{2\mu - 1} \left[\frac{T_1}{4T} \right]^{2.513 \log \left[\frac{1}{\sqrt{2\mu - 1}} \right]}$$

$$\frac{T_1}{4} \leq T \leq T'_1 \quad R_\mu = \sqrt{2\mu - 1}$$

$$T_1' \leq T \leq T_1 \quad R_\mu = \frac{T\mu}{T_1}$$

$$T_1 \leq T \leq T_2 \quad R_\mu = \mu$$

$$T_1 \leq T \leq 10.0s \quad R_\mu = \mu$$

$$T_1 = 2\pi \frac{\phi_{ev} V}{\phi_{ea} A}, \quad T_1' = T_1 \frac{\mu}{\sqrt{2\mu-1}}, \quad T_2 = 2\pi \frac{\phi_{ed} D}{\phi_{ev} V}$$

Denklemlerdeki; μ , yer değiştirme suneğliği, A en bueyuek yer ivmesini, V en bueyuek yer hızını ve D ise en bueyuek yer değiştirmeyi temsil etmektedir. ϕ_{ea} , ϕ_{ev} , ϕ_{ed} yer bueyueklueklerine uygulanmış bueyuek faktoreudur.

Riddell ve Newmark tarafından yapılan ealışmada (1979), R katsayısı iain yeni bağintılar geliştirmiştir. Newmark diğer ealışmasında olduğu gibi yerdeğiştirme suneğliği ve yapısal periyota bağlı bağıntı geliştirmiştir. Diğer ealışmasında farklı olarak sonucun deprem yueku azaltma katsayısının soneum oranında (β) bağlı olarak verilmiştir.

Nassar ve Krawinkler tarafından yueyuetilen ealışmada (1991), deprem merkezine olan uzaklık ve malzemenin rijitliğindeki azalma ihmal edilebileceği değişkenler olduğu sonuulanmıştır. R_μ değeri;

$$R_\mu = [c(\mu-1) + 1]^{1/c} \quad \text{ve} \quad c(T, \alpha) = \frac{T^a}{1+T^a} + \frac{b}{T}$$

bağintısı ile verilmiştir.

Ordaz ve Perez-Rocha tarafından yapılan ealışmada (1998), elastoplastik sistemlerin R katsayısının bulunmasında yeni bir bağıntı onerilmiştir. Deprem yueku azaltma katsayısı sadece elastik yerdeğiştirme spektrumuna bağlı olduğu kabul edilmiştir.

Genshu ve Yongfeng tarafından yapılan ealışmada (2007), 4 farklı zemin tipi yapısal tepkiye bağlı R katsayısı bulmak iain 370 deprem kaydı kullandı. Modified-Clough, Elastic-perfectly plastic, shear-slipped ve Bilinear elastic olmak uzere 4 farklı histerik model kullanılmıştır. Genshu ve Yongfeng suneğliğin deprem yueku azaltma katsayısında en etkili faktore olduğunu gozlemlemişlerdir.

Yi, Zhang ve Kunnath tarafından yapılan ealışmada (2007), tek serbestlik dereceli sistemlerin talebinin değerlendirilmesiyle ilgili ealışmalar yapmışlardır. Dayanım

azaltma katsayısı yerine normalleştirilmiş dayanım olan bir değer kullanılmıştır. Dayanım azaltma katsayısı için denklem önerilmiştir.

Ülkemizde 2018 yılında yürürlüğe giren Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'ne göre, doğrusal elastik deprem yüklerinin azaltılmasında esas alınacak Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı $R_a(T)$ aşağıdaki şekilde tanımlanmış olup,

$$R_a(T) = \frac{R}{I} \quad T > T_B \quad (4.1a)$$

$$R_a(T) = D + \left(\frac{R}{I} - D\right) \frac{T}{T_B} \quad T \leq T_B$$

Burada R ve D çizelge 4.1'de tanımlanan Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı ile Dayanım Fazlalığı Katsayısını, I ile tanımlanan Bina Önem Katsayısını, T sistemin doğal titreşim periyodunu ve T_B ise tanımlanan spektrum köşe periyodunu göstermektedir. Taşıyıcı sistem davranış katsayısı değerleri şekil 2.2'de verilmiştir.

Şekil 2.2: Bina Taşıyıcı Sistemleri için Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı, Dayanım Fazlalığı Katsayısı ve İzin Verilen Bina Yükseklik Sınıfları

Bina Taşıyıcı Sistemi	Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı <i>R</i>	Dayanım Fazlalığı Katsayısı <i>D</i>	İzin Verilen Bina Yükseklik Sınıfları BYS
A. YERİNDE DÖKME BETONARME BİNA TAŞIYICI SİSTEMLERİ			
A1. Süneklik Düzeyi Yüksek Taşıyıcı Sistemler			
A11. Deprem etkilerinin tamamının moment aktaran <i>süneklik düzeyi yüksek</i> betonarme çerçevelerle karşılandığı binalar	8	3	BYS ≥ 3
A12. Deprem etkilerinin tamamının <i>süneklik düzeyi yüksek</i> bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdelerle karşılandığı binalar	7	2.5	BYS ≥ 2
A13. Deprem etkilerinin tamamının <i>süneklik düzeyi yüksek</i> boşluksuz betonarme perdelerle karşılandığı binalar	6	2.5	BYS ≥ 2
A14. Deprem etkilerinin moment aktaran <i>süneklik düzeyi yüksek</i> betonarme çerçeveler ile <i>süneklik düzeyi yüksek</i> bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar (Bkz.4.3.4.5)	8	2.5	BYS ≥ 2
A15. Deprem etkilerinin moment aktaran <i>süneklik düzeyi yüksek</i> betonarme çerçeveler ile <i>süneklik düzeyi yüksek</i> boşluksuz betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar (Bkz.4.3.4.5)	7	2.5	BYS ≥ 2
A16. Deprem etkilerinin tamamının çatı düzeyindeki bağlantıları mafsallı olan ve yüksekliği 12 m'yi geçmeyen <i>süneklik düzeyi yüksek</i> betonarme kolonlar tarafından karşılandığı tek katlı binalar	3	2	–
A2. Süneklik Düzeyi Karma Taşıyıcı Sistemler (Bkz. 4.3.4.1, 4.3.4.6)			
A21. Deprem etkilerinin moment aktaran <i>süneklik düzeyi sınırlı</i> betonarme çerçeveler ile <i>süneklik düzeyi yüksek</i> bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar (Bkz.4.3.1.2)	6	2.5	BYS ≥ 4
A22. Deprem etkilerinin moment aktaran <i>süneklik düzeyi sınırlı</i> betonarme çerçeveler ile <i>süneklik düzeyi yüksek</i> boşluksuz betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar (Bkz.4.3.1.2)	5	2.5	BYS ≥ 4
A23. Deprem etkilerinin moment aktaran <i>süneklik düzeyi sınırlı</i> <i>dolgulu (asmolen) veya dolgunsuz tek doğrultulu dişli döşemeli</i> betonarme çerçeveler ile <i>süneklik düzeyi yüksek</i> bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar	6	2.5	BYS ≥ 6
A24. Deprem etkilerinin moment aktaran <i>süneklik düzeyi sınırlı</i> <i>dolgulu (asmolen) veya dolgunsuz tek doğrultulu dişli döşemeli</i> betonarme çerçeveler ile <i>süneklik düzeyi yüksek</i> boşluksuz betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar	5	2.5	BYS ≥ 6
A3. Süneklik Düzeyi Sınırlı Taşıyıcı Sistemler (Bkz. 4.3.4.1, 4.3.4.3, 4.3.4.7)			
A31. Deprem etkilerinin tamamının moment aktaran <i>süneklik düzeyi sınırlı</i> betonarme çerçevelerle karşılandığı binalar	4	2.5	BYS ≥ 7
A32. Deprem etkilerinin tamamının <i>süneklik düzeyi sınırlı</i> boşluksuz betonarme perdelerle karşılandığı binalar	4	2	BYS ≥ 6
A33. Deprem etkilerinin moment aktaran <i>süneklik düzeyi sınırlı</i> betonarme çerçeveler ile <i>süneklik düzeyi sınırlı</i> boşluksuz betonarme	4	2	BYS ≥ 6

Şekil 2.2: (devamı)

Bina Taşıyıcı Sistemi	Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı R	Dayanım Fazlalığı Katsayısı D	İzin Verilen Bina Yükseklik Sınıfları BYS
B. ÖNÜRETİMLİ BETONARME BİNA TAŞIYICI SİSTEMLERİ			
B1. Süneklik Düzeyi Yüksek Taşıyıcı Sistemler			
B11. Deprem etkilerinin tamamının bağlantıları moment aktaran <i>süneklik düzeyi yüksek</i> önüretimli çerçevelerle karşılandığı binalar MAB1, MAB2 tipi moment aktaran bağlantılar: MAB3, MAB4 tipi moment aktaran bağlantılar:	7 5	2.5 2.5	$BYS \geq 4$ $BYS \geq 6$
B12. Deprem etkilerinin bağlantıları moment aktaran <i>süneklik düzeyi yüksek</i> önüretimli çerçeveler ile, <i>süneklik düzeyi yüksek</i> yerinde dökme bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar (Bkz.4.3.4.5) MAB1, MAB2 tipi moment aktaran bağlantılar: MAB3, MAB4 tipi moment aktaran bağlantılar:	7 5	2.5 2.5	$BYS \geq 2$ $BYS \geq 6$
B13. Deprem etkilerinin bağlantıları moment aktaran <i>süneklik düzeyi yüksek</i> önüretimli çerçeveler ile, <i>süneklik düzeyi yüksek</i> yerinde dökme boşluksuz betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar (Bkz.4.3.4.5) MAB1, MAB2 tipi moment aktaran bağlantılar: MAB3, MAB4 tipi moment aktaran bağlantılar:	6 5	2.5 2.5	$BYS \geq 2$ $BYS \geq 6$
B14. Düşey yüklerin bağlantıları mafsallı önüretimli ve iki doğrultulu çerçeveler ile, deprem etkilerinin tamamının ise <i>süneklik düzeyi yüksek</i> yerinde dökme boşluksuz ve/veya bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdelerle karşılandığı binalar	4	2	$BYS \geq 7$
B15. Deprem etkilerinin tamamının çatı düzeyindeki bağlantıları mafsallı olan ve yüksekliği 12 m'yi geçmeyen <i>süneklik düzeyi yüksek</i> kolonlar tarafından karşılandığı tek katlı binalar	3	2	-
B2. Süneklik Düzeyi Karma Taşıyıcı Sistemler (Bkz. 4.3.4.1, 4.3.4.6)			
B21. Deprem etkilerinin bağlantıları moment aktaran <i>süneklik düzeyi sınırlı</i> önüretimli çerçeveler ile, <i>süneklik düzeyi yüksek</i> yerinde dökme bağ kirişli (boşluklu) veya boşluksuz betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar MAB1, MAB2 tipi moment aktaran bağlantılar: MAB3, MAB4 tipi moment aktaran bağlantılar:	5 4	2.5 2.5	$BYS \geq 5$ $BYS \geq 6$
B3. Süneklik Düzeyi Sınırlı Taşıyıcı Sistemler (Bkz. 4.3.4.1, 4.3.4.7)			
B31. Deprem etkilerinin tamamının bağlantıları moment aktaran <i>süneklik düzeyi sınırlı</i> önüretimli çerçevelerle karşılandığı binalar	3	2	$BYS = 8$
B32. Deprem etkilerinin bağlantıları moment aktaran <i>süneklik düzeyi sınırlı</i> önüretimli çerçeveler ile, yerinde dökme <i>süneklik düzeyi sınırlı</i> boşluksuz betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar	3	2	$BYS \geq 7$
B33. Deprem yüklerinin tamamının önüretimli betonarme düşey çift cidarlı paneller tarafından karşılandığı <i>süneklik düzeyi sınırlı</i> binalar	4	2	$BYS \geq 6$
B34. Deprem yüklerinin tamamının önüretimli betonarme düşey tek	3	2	$BYS \geq 7$

Şekil 2.2: (devamı)

Bina Taşıyıcı Sistemi	Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı <i>R</i>	Dayanım Fazlalığı Katsayısı <i>D</i>	İzin Verilen Bina Yükseklik Sınıfları <i>BYS</i>
C. ÇELİK BİNA TAŞIYICI SİSTEMLERİ			
C1. Süneklik Düzeyi Yüksek Taşıyıcı Sistemler			
C11. Deprem etkilerinin tamamının moment aktaran <i>süneklik düzeyi yüksek</i> çelik çerçevelerle karşılandığı binalar	8	3	$BYS \geq 3$
C12. Deprem etkilerinin tamamının <i>süneklik düzeyi yüksek</i> dışmerkez veya burkulması önlenmiş merkezi çaprazlı çelik çerçeveler tarafından karşılandığı binalar	8	2.5	$BYS \geq 2$
C13. Deprem etkilerinin tamamının <i>süneklik düzeyi yüksek</i> merkezi çaprazlı çelik çerçeveler tarafından karşılandığı binalar	5	2	$BYS \geq 4$
C14. Deprem etkilerinin moment aktaran <i>süneklik düzeyi yüksek</i> çelik çerçeveler ile <i>süneklik düzeyi yüksek</i> dışmerkez veya burkulması önlenmiş merkezi çaprazlı çelik çerçeveler veya <i>süneklik düzeyi yüksek</i> bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar (Bkz.4.3.4.5)	8	3	$BYS \geq 2$
C15. Deprem etkilerinin moment aktaran <i>süneklik düzeyi yüksek</i> çelik çerçeveler ile <i>süneklik düzeyi yüksek</i> merkezi çaprazlı çelik çerçeveler veya <i>süneklik düzeyi yüksek</i> boşluksuz betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar (Bkz.4.3.4.5)	6	2.5	$BYS \geq 2$
C16. Deprem etkilerinin tamamının çatı düzeyindeki bağlantıları mafsallı olan ve yüksekliği 12 m'yi geçmeyen <i>süneklik düzeyi yüksek</i> çelik kolonlar tarafından karşılandığı tek katlı binalar	4	2	–
C2. Süneklik Düzeyi Karma Taşıyıcı Sistemler (Bkz. 4.3.4.1, 4.3.4.6)			
C21. Deprem etkilerinin moment aktaran <i>süneklik düzeyi sınırlı</i> çelik çerçeveler ile <i>süneklik düzeyi yüksek</i> dışmerkez veya burkulması önlenmiş merkezi çaprazlı çelik çerçeveler veya <i>süneklik düzeyi yüksek</i> bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar (Bkz.4.3.1.2)	6	2.5	$BYS \geq 4$
C22. Deprem etkilerinin moment aktaran <i>süneklik düzeyi sınırlı</i> çelik çerçeveler ile <i>süneklik düzeyi yüksek</i> merkezi çaprazlı çelik çerçeveler veya <i>süneklik düzeyi yüksek</i> boşluksuz betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar (Bkz.4.3.1.2)	5	2	$BYS \geq 4$
C3. Süneklik Düzeyi Sınırlı Taşıyıcı Sistemler (Bkz. 4.3.4.1, 4.3.4.7)			
C31. Deprem etkilerinin tamamının moment aktaran <i>süneklik düzeyi sınırlı</i> çelik çerçevelerle karşılandığı binalar	4	2.5	$BYS \geq 7$
C32. Deprem etkilerinin tamamının <i>süneklik düzeyi sınırlı</i> merkezi çaprazlı çelik çerçevelerle karşılandığı binalar	3	2	$BYS = 8$
C33. Deprem etkilerinin moment aktaran <i>süneklik düzeyi sınırlı</i> çelik çerçeveler ile <i>süneklik düzeyi sınırlı</i> merkezi çaprazlı çelik çerçeveler tarafından birlikte karşılandığı binalar	4	2	$BYS \geq 7$

Şekil 2.2: (devamı)

Bina Taşıyıcı Sistemi	Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı R	Dayanım Fazlalığı Katsayısı D	İzin Verilen Bina Yükseklik Sınıfları BYS
D. HAFİF ÇELİK BİNA TAŞIYICI SİSTEMLERİ			
D1. Süneklik Düzeyi Yüksek Taşıyıcı Sistemler			
Deprem etkilerinin tamamının vidalı, bulonlu sac, OSB veya kontrplak (plywood) duvar panelleri ile karşılandığı süneklik düzeyi yüksek hafif çelik binalar	4	2	$BYS = 8$
D2. Süneklik Düzeyi Sınırlı Taşıyıcı Sistemler (Bkz.4.3.4.1)			
Deprem etkilerinin tamamının alçı levhalar içeren kaplamalı veya çaprazlı panellerle karşılandığı süneklik düzeyi sınırlı hafif çelik binalar	3	2	$BYS = 8$
E. YIĞMA BİNA TAŞIYICI SİSTEMLERİ			
E1. Süneklik Düzeyi Yüksek Taşıyıcı Sistemler			
E11. Donatılı yığma binalar	4	2	$BYS \geq 7$
E12. Donatılı gazbeton panel binalar	4	2	$BYS \geq 7$
E2. Süneklik Düzeyi Sınırlı Taşıyıcı Sistemler (Bkz.4.3.4.1)			
E21. Kuşatılmış yığma binalar	3	2	$BYS = 8$
E22. Donatısız yığma binalar	2.5	1.5	$BYS = 8$
F. AHŞAP BİNA TAŞIYICI SİSTEMLERİ			
F1. Süneklik Düzeyi Yüksek Taşıyıcı Sistemler			
Deprem etkilerinin tamamının çivili veya vidalı OSB veya kontrplak (plywood) duvar panelleri ile karşılandığı süneklik düzeyi yüksek ahşap binalar	4	2	$BYS \geq 7$
F2. Süneklik Düzeyi Sınırlı Taşıyıcı Sistemler (Bkz.4.3.4.1)			
Deprem etkilerinin tamamının çivi, vida ve bulon ile birleştirilen tutkalı duvar panelleri ile veya ahşap çaprazlarla karşılandığı süneklik düzeyi sınırlı ahşap binalar	3	2	$BYS = 8$

Bir elemanın, bir kesitin ya da tüm sistemin yük taşıma kapasitesinde ciddi bir azalma olmaksızın, elastik sınır ötesinde yer değiştirme yada şekil değiştirme yapma yeteneği süneklik olarak tanımlanmaktadır. Süneklik ile amaç, depremde oluşan kuvvetin yapıdaki elemanlar ile şekil değiştirerek sönmülmesidir. Şiddetli depremlerde yapıda hiç hasar oluşması istenmiyorsa, enerjinin elastik aşamadayken tüketilmesi gerekmektedir. Bu durum için seçilecek kesit boyutlarının büyük olması gerekir. Bu durum tasarımı ekonomiklikten uzaklaştıracaktır. Yapı maliyetindeki bu artışın önüne geçmek için depremde oluşan kuvvet talebinin, kalıcı şekil değiştirmelerle tüketilmesi amaçlanmalıdır. Yapının sünek davranış gösterecek şekilde tasarlanması, deprem sırasında oluşacak kuvvetlerin çoğunun bu sayede sönmülmesine olanak sağlayacaktır.

Bu çalışmada tek serbestlik dereceli yapıların zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizleri Bispec programı ile yapılmıştır. Bispec, basit bir dinamik sistemin deprem yer hareketi kayıtları altında tek doğrultulu ve iki doğrultulu deprem

etkisinde doğrusal olmayan analizini yapan bir programdır. Bispec programında hasar indeksi sonuçlarını Bertero ve Bozorngia yöntemiyle hesaplamaktadır. Geliştirilen bu ölçü hasar indeksi tahmininde iyi sonuçlar vermektedir.

2.5 Kullanılan Deprem Kayıtları ve Özellikleri

Bu çalışmada 70 adet yakın ve 70 adet uzak fay etkilerini içerecek şekilde seçilen toplam 140 gerçek deprem kaydı kullanılmıştır. Kullanılan deprem kayıtları Pacific Earthquake Engineering Research Center (PEER)'den alınmıştır. Kullanılan deprem kayıtları ve özellikleri çizelge 2.3'de gösterilmiştir.

Çizelge 2.3: Analizlerde kullanılan yakın alan yer hareketleri

Deprem	M	İstasyon	İstasyon No	Uzaklık (km)	Bileşen 1	PGA(g)	PGV (cm/s)	Bileşen 2	PGA(g)	PGV (cm/s)	Site class
Loma Prieta 18/10/89	7.1	Coyote Lake Dam	57217	21.8	CYC195	0.151	16.2	CYC285	0.484	39.7	C
Loma Prieta 18/10/89	7.1	Monterey City Hall	47377	44.8	MCH000	0.073	3.5	MCH090	0.063	5.8	C
Loma Prieta 18/10/89	7.1	SC Pacific Heights	58131	80.5	PHT270	0.061	12.8	PHT360	0.047	9.2	B
Northridge 17/01/94	6.7	Lake Hughes 9	127	28.9	L09000	0.165	8.4	L09090	0.217	10.1	C
Northridge 17/01/94	6.7	Wrightwood - Jackson Flat	23590	68.4	WWJ090	0.056	10	WWJ180	0.037	7	C
Northridge 17/01/94	6.7	Sandberg Bald Mtn	24644	43.4	SAN090	0.091	12.2	SAN180	0.098	8.9	C
Northridge 17/01/94	6.7	MT Wilson-Cit Sta.	24399	36.1	MTW000	0.234	7.4	MTW090	0.134	5.8	C
Loma Prieta 18/10/89	7.1	Anderson Dam Downstream	1652	20	AND250	0.244	20.3	AND340	0.24	18.4	C
Northridge 17/01/94	6.7	Castaic Old Ridge	24278	25.4	ORR090	0.568	52.1	ORR360	0.514	52.2	C
Northridge 17/01/94	6.7	LA Century City North	24389	18.3	CCN090	0.256	21.1	CCN360	0.222	25.2	D
Cape Mendocino 1992	7.0	Rio Dell Overpass	89324	22.7	RIO270	0.39	43.9	RIO360	0.55	42.4	D
Loma Prieta 18/10/89	7.1	Golden Gate Bridge	1678	85.1	GGB270	0.233	38.1	GGB360	0.123	17.8	C
Northridge 17/01/94	6.7	Ucla Grounds	24688	16.8	UCL090	0.278	22	UCL360	0.474	22.2	C
Northridge 17/01/94	6.7	LA Univ. Hospital	24605	34.6	UNI005	0.493	31.1	UNI095	0.214	10.8	D
Landers 28/06/92	7.4	Yermo Fire Station	22074	26.3	YER270	0.245	51.5	YER360	0.152	29.7	D
Friuli, Italy-01, 1976	6.5	Tolmezzo	8012	16	TMZ000	0.35	22	TMZ270	0.31	30.8	C
Loma Prieta 18/10/89	7.1	Foster City - APEEL 1	58375	43.9	A01000	0.26	31.9	A01090	0.28	46.3	E
Loma Prieta 18/10/89	7.1	Hollister - South & Pine	47524	28.8	HSP000	0.371	62.4	HSP090	0.177	29.1	D
Northridge 17/01/94	6.7	Downey-Birchdale	90079	40.7	BIR090	0.165	12.1	BIR180	0.171	8.1	D
Northridge 17/01/94	6.7	LA-Centinela	90054	30.9	CEN155	0.465	19.3	CEN245	0.322	22.9	D
Imperial Valley 15/10/79	6.9	Delta	6605	32.7	DLT262	0.238	26	DLT352	0.351	33	D
Loma Prieta 18/10/89	7.1	APEEL 2- Redwood City	1002	47.9	A02043	0.274	53.6	A02133	0.22	34.3	E
Northridge 17/01/94	6.7	Montebello	90011	86.8	BLF206	0.179	9.4	BLF296	0.128	5.9	D
Superstition Hills	6.6	Salton Sea Wildlife Refuge	5062	27.1	WLF225	0.119	7.9	WLF315	0.167	18.3	D
Loma Prieta 18/10/89	7.1	Treasure Island	58117	82.9	TRI000	0.1	15.6	TRI090	0.159	32.8	E

Çizelge 2.3: Analizlerde kullanılan yakın alan yer hareketleri (devam)

Deprem	M	İstasyon	İstasyon No	Uzaklık (km)	Bileşen 1	PGA (g)	PGV (cm/s)	Bileşen 2	PGA (g)	PGV (cm/s)	Site class
Kocaeli 17/08/99	7.8	Ambarlı	-	78.9	ATS000	0.249	40	ATS090	0.184	33.2	E
Morgan Hill 24/04/84	6.1	Appel 1 Redwood City	58375	54.1	A01040	0.046	3.4	A01310	0.068	3.9	E
Düzce 12/11/99	7.3	Ambarlı	-	193.3	ATS030	0.038	7.4	ATS300	0.025	7.1	E
Kobe 16/01/95	6.9	Kakogawa	0	26.4	KAK000	0.251	18.7	KAK090	0.345	27.6	D
Northridge 17/01/94	6.7	Beverly Hills – Mulhol	522	17.2	MUL009	0.42	58.9	MUL279	0.52	62.7	D
Kobe 16/01/95	6.9	Shin-Osaha	932	19.2	SHI000	0.24	37.8	SHI090	0.21	27.9	D
Loma Prieta 18/10/89	7.1	Capitola	47125	20.1	CAP000	0.53	35	CAP090	0.44	29.2	D
San Fernando 1971	6.6	LA - Hollywood Stor FF	326	22.8	PEL090	0.211	18.9	PEL180	0.171	14.9	D
Chi – Chi Taiwan 1999	7.6	HWA003	--	56.1	HWA003-N	0.14	19.1	HWA003-W	0.05	10.4	A
Chi – Chi Taiwan 1999	7.6	TCU045	1018	26	TCU045-E	0.47	50.05	TCU045-N	0.51	46.4	C

Çizelge 2.3: Analizlerde kullanılan yakın alan yer hareketleri *P: Pulse, NP: No Pulse

Deprem	M	İstasyon	İstasyon No	Uzaklık (km)	Bileşen 1	PGA (g)	PGV (cm/s)	Bileşen 2	PGA (g)	PGV (cm/s)	Site class	Pulse Type*
Imperial Valley 15/10/79	6.9	El Centro Array #6	230	1.35	E06140	0.45	67	E06230	0.45	113.5	D	P
Imperial Valley 15/10/79	6.9	El Centro Array #7	200	0.56	E07140	0.34	51.7	E07230	0.47	113.1	D	P
Irpinia, Italy 1980	6.9	Sturno	935	10.8	STU000	0.23	36.9	STU270	0.32	71.9	C	P
Superstition Hills-02	6.5	Parachute Test Site	5051	0.95	PTS225	0.43	134.3	PTS315	0.38	53.1	D	P
Loma Prieta 18/10/89	7.1	Saratoga Aloha	58065	8.5	STG000	0.51	41.6	STG090	0.33	45.9	C	P
Imperial Valley 15/10/79	6.9	Chihuahua	6621	7.3	CHI012	0.27	24.9	CHI282	0.254	30.1	D	NP
Cape Mendocino 1992	7.0	Petrolia	89156	8.1	PET000	0.59	49.6	PET090	0.66	88.6	C	P
Landers 28/06/92	7.4	Lucerne	260	2.2	LCN260	0.73	133.5	LCN345	0.79	28.2	B	P
Loma Prieta 18/10/89	7.1	Gilroy Array #4	57382	14	G04000	0.417	38.8	G04090	0.212	37.9	D	NP

Çizelge 2.3: Analizlerde kullanılan yakın alan yer hareketleri (devam)

Deprem	M	İstasyon	İstasyon No	Uzaklık (km)	Bileşen 1	PGA (g)	PGV (cm/s)	Bileşen 2	PGA (g)	PGV (cm/s)	Site class	Pulse Type *
Düzce 12/11/99	7.3	Bolu	Bolu	12	BOL000	0.728	56.4	BOL090	0.822	62.1	D	NP
Kocaeli 17/08/99	7.8	Gebze	-	10.9	GBZ000	0.244	50.3	GBZ270	0.137	29.7	B	NP
Düzce 12/11/99	7.3	Lamont 1061	1061	11.4	1061-E	0.107	11.5	1061-N	0.134	13.7	C	NP
Northridge 17/01/94	6.7	Rinaldi Receiving Station	77	6.5	RRS228	0.87	148.08	RRS318	0.47	74.8	D	P
Northridge 17/01/94	6.7	Sylmar Olive View	24514	5.3	SYL090	0.6	77.6	SYL360	0.84	129.6	C	P
Kocaeli 17/08/99	7.8	İzmit	-	7.2	IZT090	0.23	38.28	IZT180	0.17	22.33	B	P
Chi – Chi Taiwan 1999	7.6	TCU065	-	0.57	TCU065-E	0.79	125.3	TCU065-N	0.58	92.1	D	P
Loma Prieta 18/10/89	7.1	Gilroy Array #1	47379	9.64	G01000	0.41	31.6	G01090	0.47	33.9	B	NP
Chi – Chi Taiwan 1999	7.6	TCU102	-	1.49	TCU102-E	0.3	91.67	TCU102-N	0.17	66.4	C	P
Düzce 12/11/99	7.3	Düzce	-	6.58	DZC180	0.4	71.12	DZC270	0.51	84.2	D	P
Gazli, USSR, 1976	6.8	Karakyr	9201	5.46	GAZ000	0.7	66.2	GAZ090	0.86	67.7	D	NP
Imperial Valley 15/10/79	6.9	Bonds Corner	5054	2.66	BCR140	0.6	46.7	BCR230	0.78	44.9	D	NP
Nahanni, Canada, 1985	6.8	Site 1	6097	9.6	S1010	1.11	43.9	S1280	1.2	40.6	C	NP
Nahanni, Canada, 1985	6.8	Site 2	6098	4.93	S2240	0.52	29.6	S2330	0.36	31.9	C	NP
Loma Prieta 18/10/89	7.1	Bran	13	10.72	BRN000	0.46	51.4	BRN090	0.5	44.5	C	NP
Loma Prieta 18/10/89	7.1	Corralitos	57007	3.85	CLS000	0.64	56	CLS090	0.48	47.5	C	NP
Cape Mendocino 1992	7.0	Cape Mendocino	89005	6.96	CPM000	1.49	124.6	CPM090	1.04	42.5	C	NP
Northridge 17/01/94	6.7	Sepulveda VA	637	8.44	SPV270	0.75	77.6	SPV360	0.93	76.3	C	NP
Northridge 17/01/94	6.7	Saticoy	90003	12.09	STC090	0.34	31.47	STC180	0.46	60.1	D	NP
Kocaeli 17/08/99	7.8	Yarımca	-	4.83	YPT060	0.23	69.7	YPT150	0.32	71.9	D	NP
Chi – Chi Taiwan 1999	7.6	TCU067	-	0.62	TCU067-E	0.5	92.02	TCU067-N	0.32	51.3	C	NP
Chi – Chi Taiwan 1999	7.6	TCU084	-	11.48	TCU084-E	1.01	128.8	TCU084-N	0.43	48.1	C	NP
Denali, Alaska, 2002	7.9	TAPS Pump Sta. #10	Ps10	2.74	PS10-047	0.33	115.7	PS10-317	0.3	65.9	D	NP
Northridge 17/01/94	6.7	Pacoima Dam (upper left)	24207	7.01	PUL104	1.58	55.7	PUL194	1.29	104	A	P
Tabas, Iran, 1978	7.35	Tabas	9101	2.05	TAB-T1	0.86	123.5	TAB-L1	0.85	99.1	B	NP
Imperial Valley 15/10/79	6.9	Aeropuerto Mexicali	6616	0.34	AEP045	0.33	42.8	AEP315	0.26	24.8	D	P

3. TEK SERBESTLİK DERECELİ SİSTEME AİT ÇÖZÜMLER

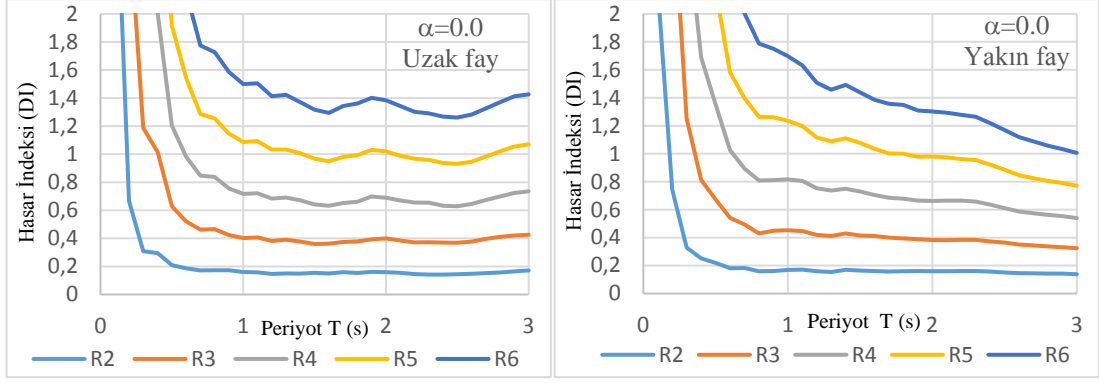
Bu çalışmada periyotları 0.1-3.0 saniye aralığında değişen tek serbestlik dereceli sistemlerin doğrusal olmayan analizi yapılmıştır. Bu analizlerde $R=2-6$ arasında olan ve hem dayanım azalmasına hem de iki doğrulu elastoplastik davranışa sahip sistemler esas alınmıştır.

3.1 Analiz Sonuçları

3.1.1 Yakın ve Uzak Fay Etkisi

Elastoplastik davranış modeline sahip ve pekleşme oranının %0 olduğu durumda meydana gelen hasar indeksi değerlerinin yatay dayanıma göre değişimi, uzak ve yakın fay etkileri için Şekil 3.1’de sunulmuştur. Şekilden görüleceği üzere, yatay dayanım, hasar indeksi üzerinde oldukça önemli bir etkiye sahiptir. Hem yakın fay hem de uzak fay için çizilen grafikler incelendiğinde, yatay dayanım azaldıkça –bir başka deyişle R arttıkça- hasar indeksi de artmaktadır. Tüm R değerleri için belirli bir periyot değerinden sonra hasar indeksi değerleri sabite yakın şekilde değişmektedir. R değerleri arttıkça, hasar indeksi değerinin sabitlendiği periyot değeri de sağa doğru kaymakta yani artış göstermektedir. Örneğin $R=2$ için yaklaşık 0.3 s. bir dönüm periyodu iken, $R=6$ için bu değer 1 s.’ye yaklaşmaktadır.

Deprem yükü azaltma katsayısının 5 ve 6 olduğu durumda, tüm periyot değerleri için 1’in üzerinde hasar indeksi değerleri gözlenmektedir. Seçilen deprem kayıtları için, uzak fay etkisinin yakın fay etkisinden daha etkili olduğu gözlenmiştir. Hasar indeksi değerlerinin 2 ile sınırlandırılması sebebiyle bu durum grafiklerde sınırlı miktarda görülmektedir.

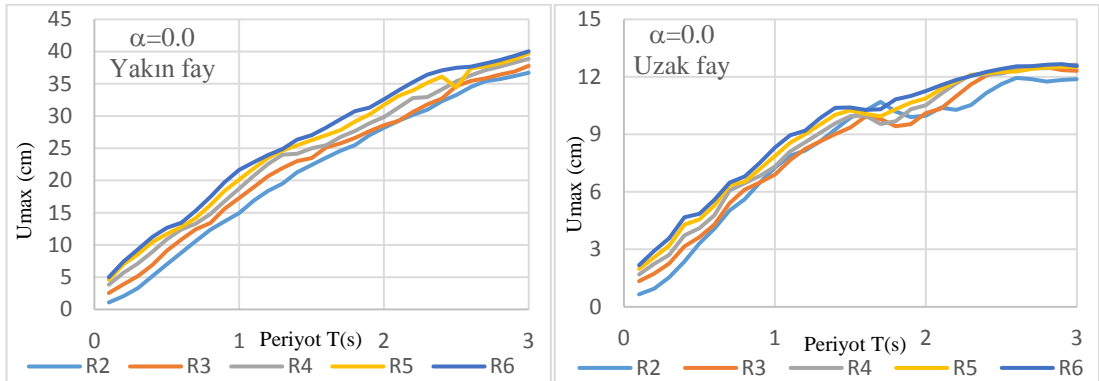


Şekil 3.1: Elastoplastik davranış modeli, uzak ve yakın fay etkileri için hasar indeksinin periyot ile değişimi

Elastoplastik davranış modeline sahip ve pekleşme oranının %0 olduğu durumda meydana gelen maksimum yer değiştirme değerinin yatay dayanıma göre değişimi, uzak ve yakın fay etkileri için şekil 3.2’de sunulmuştur.

Tüm R talepleri için bakıldığında yakın fay etkisinin uzak fay etkisine kıyasla yapmış olduğu şekil değiştirme oranı 3 katı geçmektedir. Maksimum yer değiştirmede yakın fay ve uzak fayın etkileri belirgindir. Tüm R talepleri için bu davranışın aynı eğilime sahip olduğu görülmektedir.

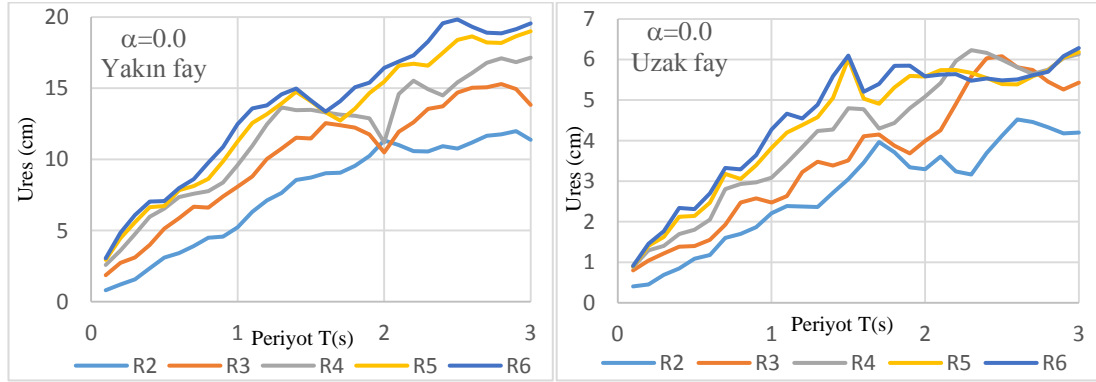
R değeri arttıkça maksimum yer değiştirmenin de arttığı görülmektedir. Periyot artışının da maksimum yer değiştirme üzerinde belirgin etkileri olmaktadır.



Şekil 3.2: Elastoplastik davranış model, yakın fay ve uzak fay etkileri için maksimum yerdeğiştirmenin periyot ile değişimi

Elastoplastik davranış modeline sahip ve pekleşme oranının %0 olduğu durumda meydana gelen kalıcı yer değiştirme değerinin yatay dayanıma göre değişimi, uzak ve yakın fay etkileri için şekil 3.3’de sunulmuştur.

Tüm R talepleri için bakıldığında yakın fay etkisinin uzak fay etkisine kıyasla yapmış olduğu kalıcı yer değiştirme oranı 3 kata yakındır. R'nin kalıcı yer değiştirme üzerindeki etkisi açık görünmektedir. Yatay dayanım azaldıkça (R arttıkça) kalıcı yer değiştirme değerleri de her iki grup deprem kaydı için artmaktadır. Şekilden görüleceği üzere R ve T'nin artışı, kalıcı yer değiştirme üzerinde oldukça önemli bir etkiye sahiptir.

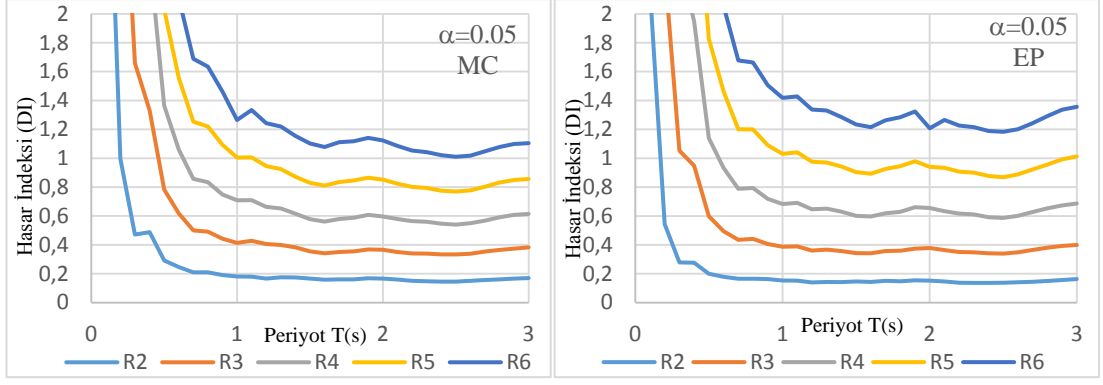


Şekil 3.3: Elastoplastik davranış model, yakın fay ve uzak fayın etkisi için kalıcı yerdeğiştirmenin periyot ile değişimi

3.1.2 Malzeme Modelinin Etkisi

Elastoplastik malzeme modeli ve rijitlik azalmalı modellerine sahip, pekleşme oranının %5 olduğu durumda meydana gelen hasar indeksi değerlerinin yatay dayanıma göre değişimi, uzak fay etkileri için şekil 3.4'de sunulmuştur. Düşük periyoda sahip yapılar daha yüksek hasar indeksi değerine sahipken, periyot değeri arttıkça hasar indeksi değeri azalmaktadır. Tüm R değerleri için belirli bir periyot değerinden sonra hasar indeksi değerleri sabite yakın şekilde devam etmektedir.

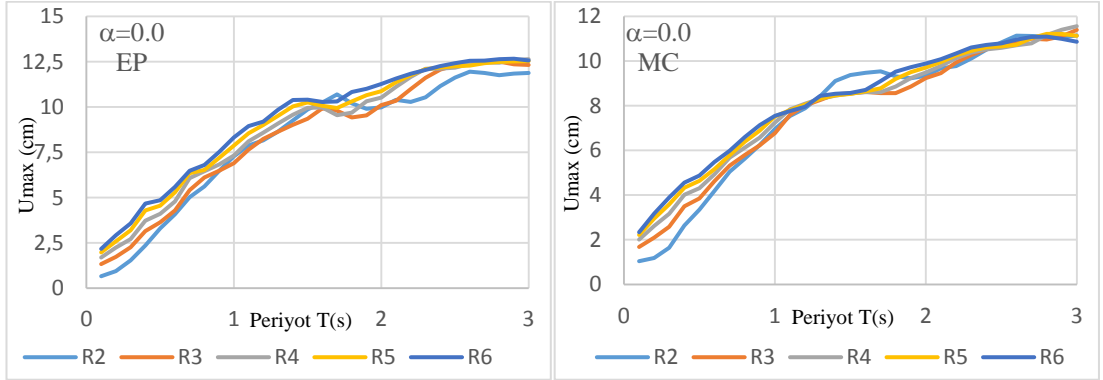
Her iki malzeme modelinde de deprem yükü azaltma katsayısının 5 ve 6 olduğu durumda, tüm periyot değerleri için 1'in üzerinde hasar indeksi değerleri gözlenmektedir. R değeri arttıkça, hasar indeksi değerinin sabitlendiği periyot değerinin ise artışı görülmektedir. Seçilen malzeme modelleri için, rijitlik azalmalı modelin etkisi elastoplastik malzeme modelinin etkisinden daha etkili olduğu gözlemlenmiştir. Hasar indeksi değerlerinin 2 ile sınırlandırılması sebebiyle bu durum grafiklerde sınırlı miktarda görülmektedir.



Şekil 3.4: Modified-Clough ve Elastoplastik davranış modelinin, uzak fay etkisi için hasar indeksinin periyot ile değişimi

Elastoplastik malzeme modeli ve rijitlik azalmalı modellerine sahip, pakleşme oranının %0 olduğu durumda meydana gelen maksimum yer değiştirme değerlerinin yatay dayanıma göre değişimi, uzak fay etkileri için şekil 3.5’de sunulmuştur. Elastoplastik malzeme modelinin rijitlik azalmalı modeline göre daha fazla hasar aldığı görülmektedir.

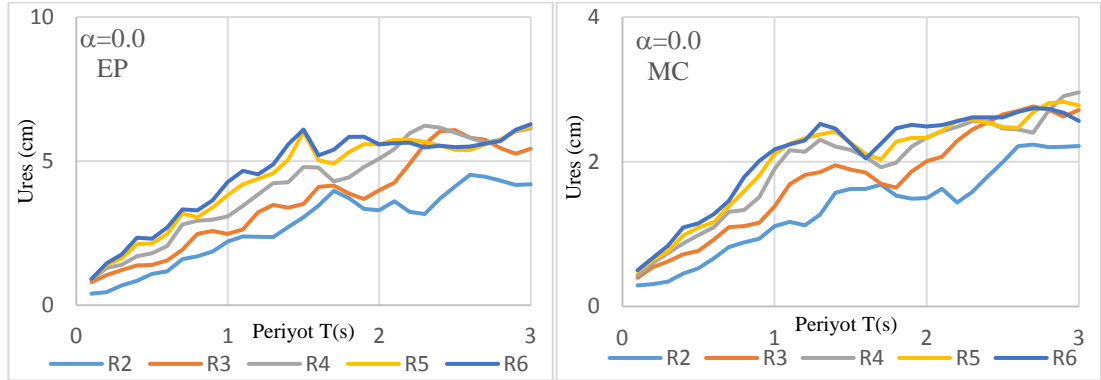
Maksimum yer değiştirmede R talebinin etkisi ihmal edilebilir düzeydedir. T’nin artışı maksimum yer değiştirme üzerinde belirgin etkileri olmaktadır. Periyodun 0.1s-1.5s arasındaki artışı keskin bir şekilde olurken devamındaki artış okadar keskin değildir.



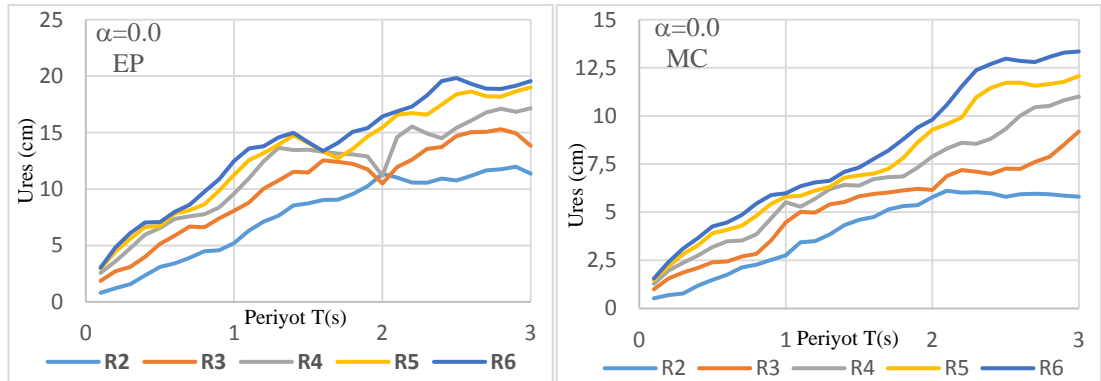
Şekil 3.5: Elastoplastik ve Modified-Clough davranış modelinin, uzak fay etkisi için maksimum yerdeğiştirmenin periyot ile değişimi

Elastoplastik malzeme modeli ve rijitlik azalmalı modellerine sahip, pakleşme oranının %0 olduğu durumda meydana gelen kalıcı yer değiştirme değerlerinin yatay dayanıma göre değişimi, uzak fay etkileri için şekil 3.6’de sunulmuştur.

Tüm R talepleri için bakıldığında elastoplastik modelinin rijitlik azalmalı modeline kıyasla yapmış olduğu kalıcı yer değiştirme oranı 2 katı geçmektedir. R'nin kalıcı yer değiştirme üzerindeki etkisi açık görünmektedir. Seçilen deprem kayıtları için, yakın fay etkisinin uzak fay etkisinden daha etkili olduğu gözlenmiştir. Şekil 3.6 ve şekil 3.6a'da görüleceği üzere R ve T'nin artışı, kalıcı yer değiştirme üzerinde oldukça önemli bir etkisi olduğu göstermektedir.



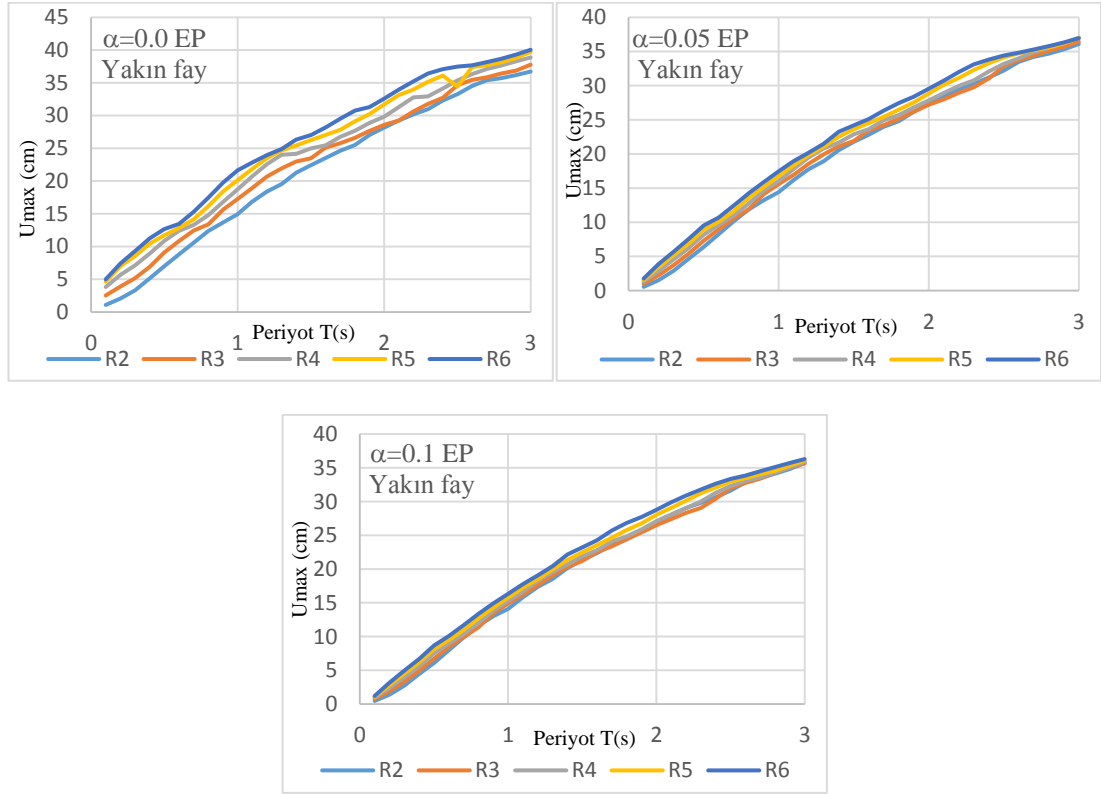
Şekil 3.6: Elastoplastik davranış ve Modified-Clough modelinin, uzak fay etkisi için kalıcı yerdeğiştirmenin periyot ile değişimi



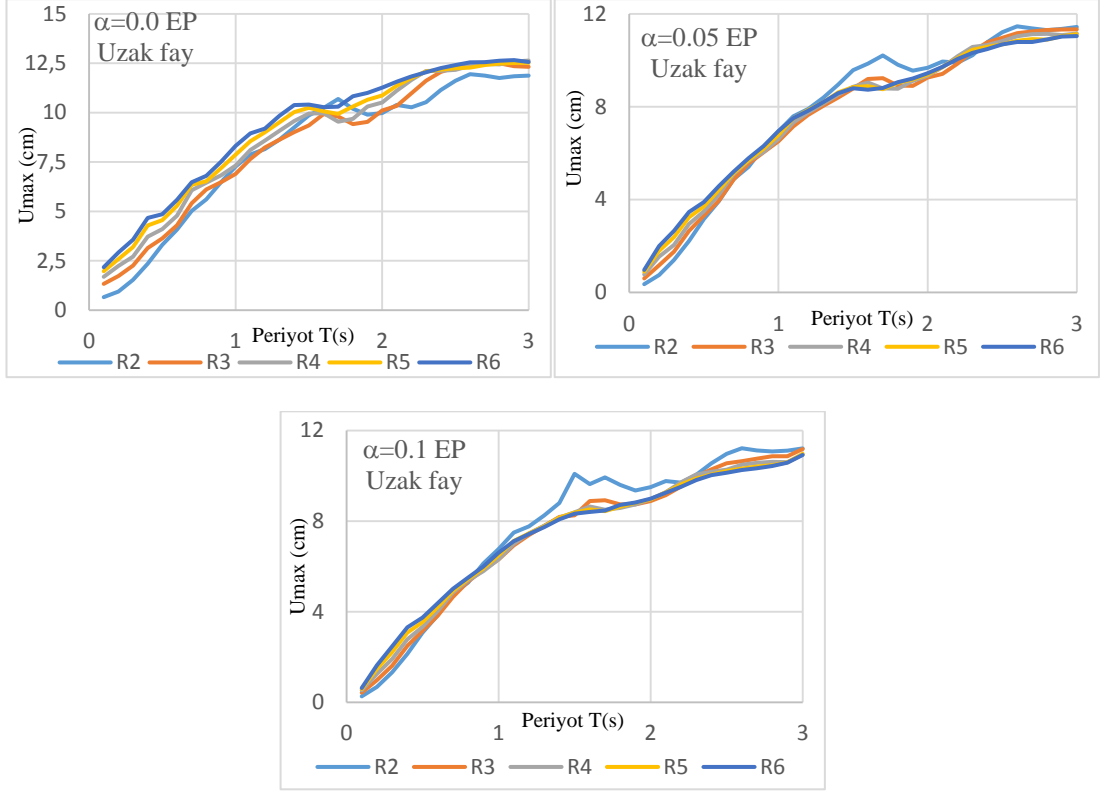
Şekil 3.6a: Elastoplastik davranış ve Modified-Clough modelinin, yakın fay etkisi için kalıcı yerdeğiştirmenin periyot ile değişimi

3.1.3 Pekleşmenin Etkisi

Elastoplastik davranış modeline sahip ve pekleşme oranının %0, %5 ve %10 olduğu durumlarda meydana gelen maksimum yer değiştirme değerinin yatay dayanıma göre değişimi, uzak fay ve yakın fay etkileri için şekil 3.7 ve şekil 3.7a'da sunulmuştur. Elastoplastik malzeme modelinde tüm pekleşme durumları için yakın fayın etkisi uzak fayın etkisine göre yaklaşık iki kat daha fazladır. Bununla birlikte, pekleşme etkisinin maksimum yer değiştirme üzerinde ihmak edilebilir bir etkiye sahip olduğu görülmektedir.

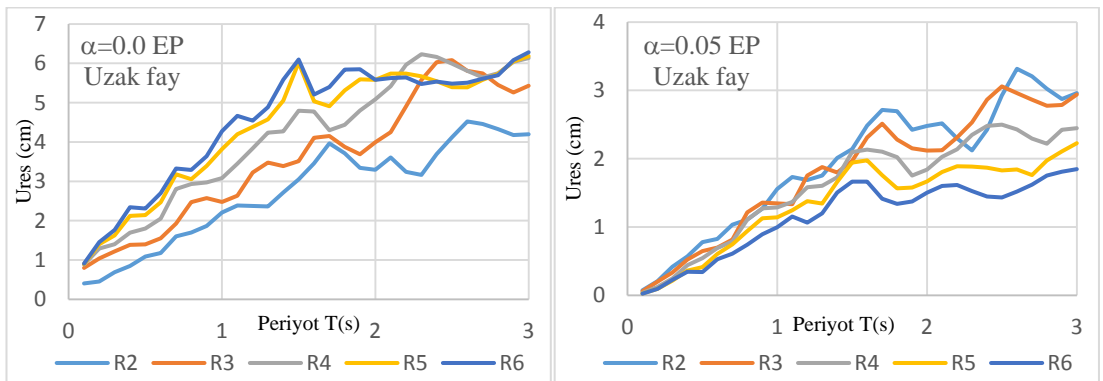


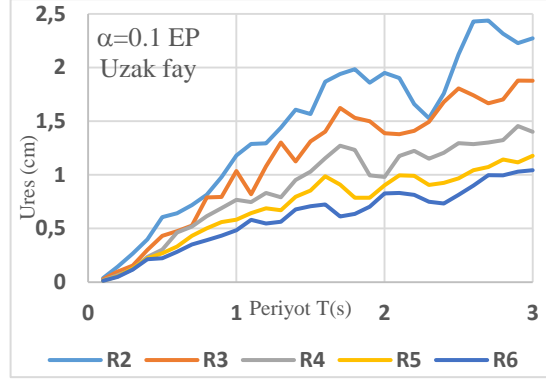
Şekil 3.7: Elastoplastik davranış model, yakın fay etkisi için maksimum yerdeğiştirmenin periyot ile değişimi



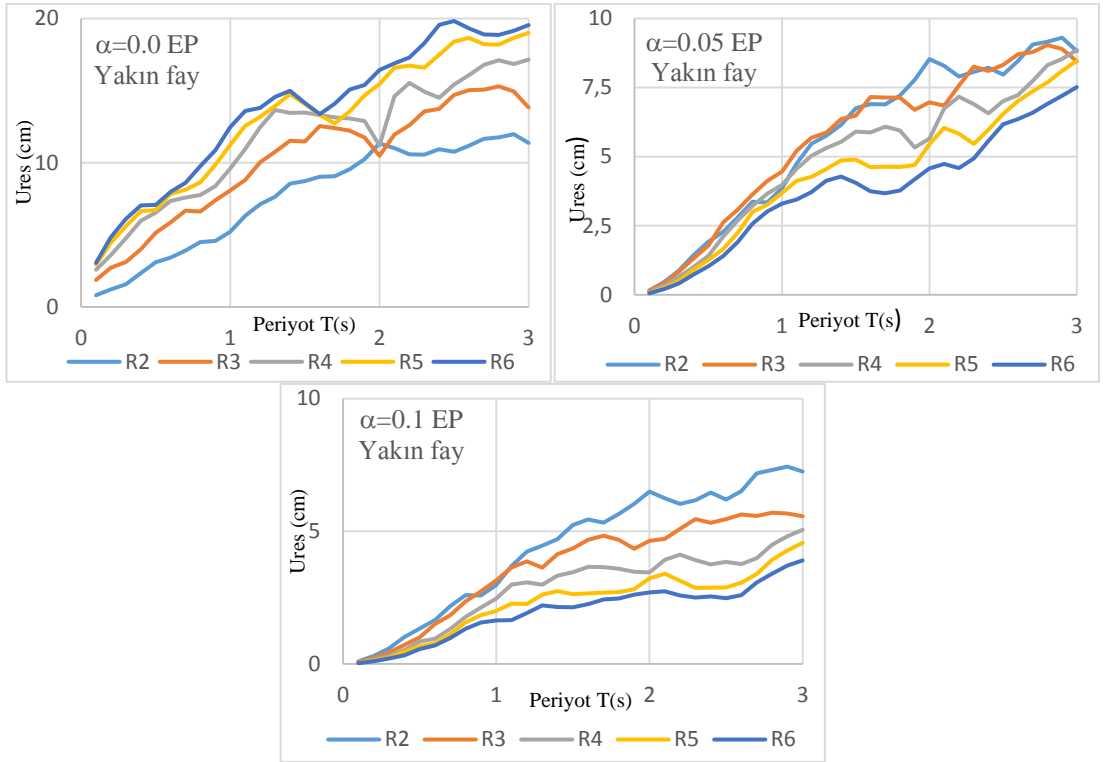
Şekil 3.7a: Elastoplastik davranış model, uzak fay etkisi için maksimum yerdeğiştirmenin periyot ile değişimi

Elastoplastik davranış modeline sahip ve pekleşme oranının %0, %5 ve %10 olduğu durumlarda meydana gelen kalıcı yer değiştirme değerinin yatay dayanıma göre değişimi, uzak fay ve yakın fay etkileri için şekil 3.8 ve şekil 3.8a'da sunulmuştur. Peklşme etkisinin uzak fay ve yakın fay üzerindeki etkisi neredeyse aynıdır. Peklşme yüzdesi arttıkça kalıcı yer değiştirmenin belirgin bir düşüş sergilediği görülmektedir. Yapı periyodunun kalıcı yer değiştirme üzerindeki etkisi önemli düzeydedir. Rijitlik azalmalı model için bakıldığında pekleşme oranı arttıkça kalıcı yer değiştirmenin azaldığı görülmektedir.





Şekil 3.8: Elastoplastik davranış model, uzak fay etkisi için kalıcı yerdeğiştirmenin periyot ile değişimi

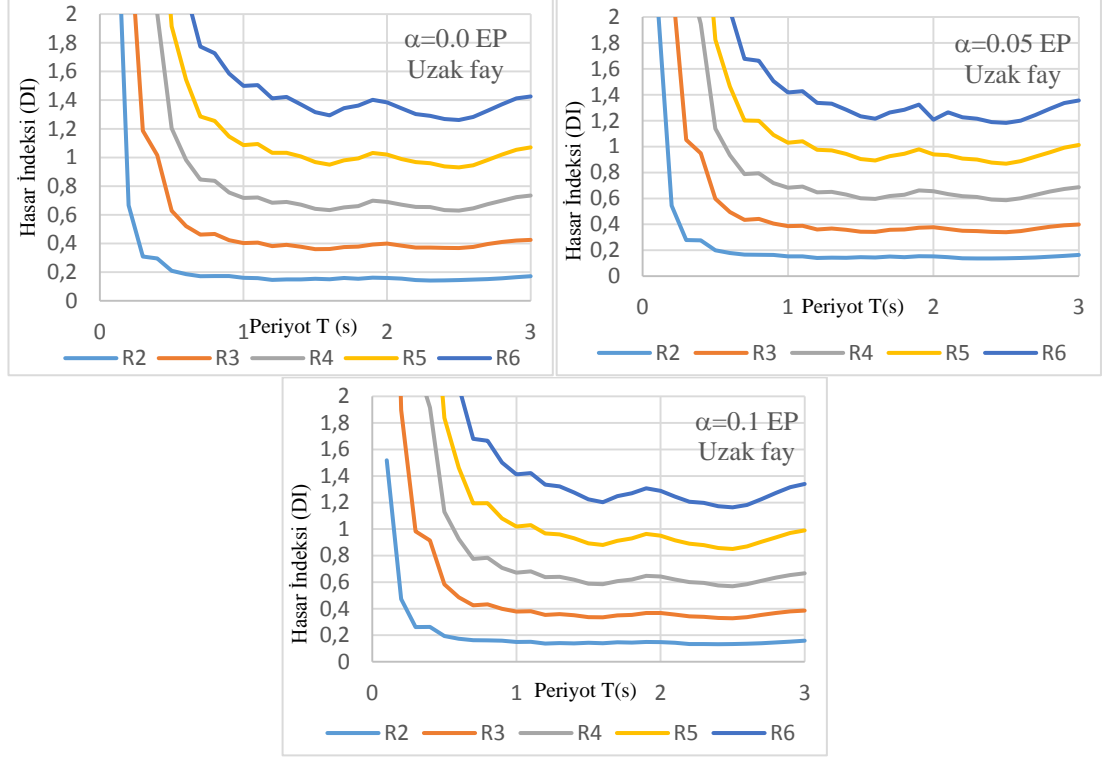


Şekil 3.8a: Elastoplastik davranış model, yakın fay etkisi için kalıcı yerdeğiştirmenin periyot ile değişimi

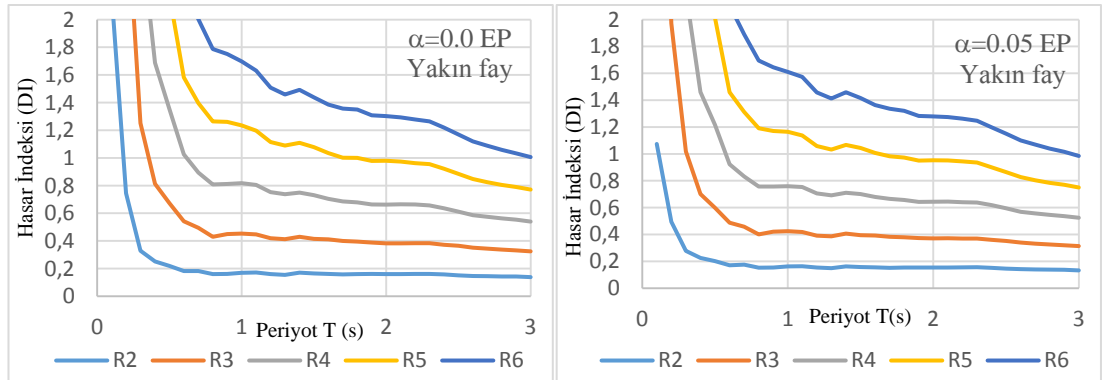
Elastoplastik malzeme modeli ve rijitlik azalmalı modellerine sahip, pekleşme oranının %0, %5 ve %10 olduğu durumlarda meydana gelen hasar indeksi değerinin yatay dayanıma göre değişimi, uzak fay ve yakın fay etkileri için şekil 3.9, şekil 3.9b, şekil 3.9c ve şekil 3.9d'de sunulmuştur. Peklşme etkisinin uzak fay ve yakın fay üzerindeki etkisi neredeyse aynıdır. Düşük periyoda sahip yapılar daha yüksek hasar indeksi oranına sahipken, periyot değeri arttıkça hasar indeksi oranı azalmaktadır. Tüm R değerleri için belirli bir periyot değerinden sonra hasar indeksi değerleri

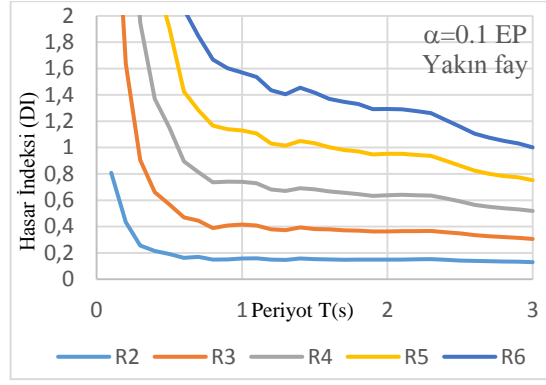
sabite yakın şekilde devam etmektedir. Pekleşme oranının artması hasarı olumlu yönde etkileyip düşüşüne sebep olmaktadır.

Yakın fay etkisinin uzak fay etkisine göre daha az hasar aldığı görülmektedir. Tüm şekillerde görüldüğü üzere rijitlik azalmalı modelinin elastoplastik malzeme modeline göre daha az hasar aldığı göze çarpmaktadır.

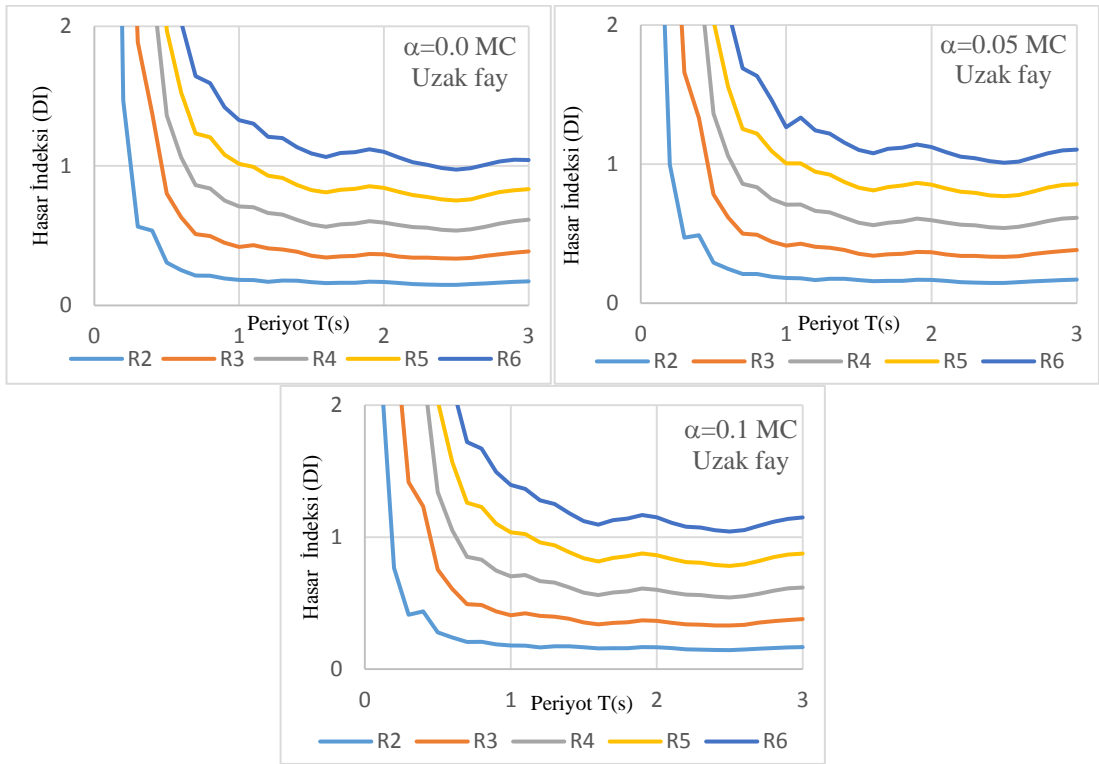


Şekil 3.9: Elastoplastik davranış model, uzak fay etkisi için hasar indeksinin periyot ile değişimi

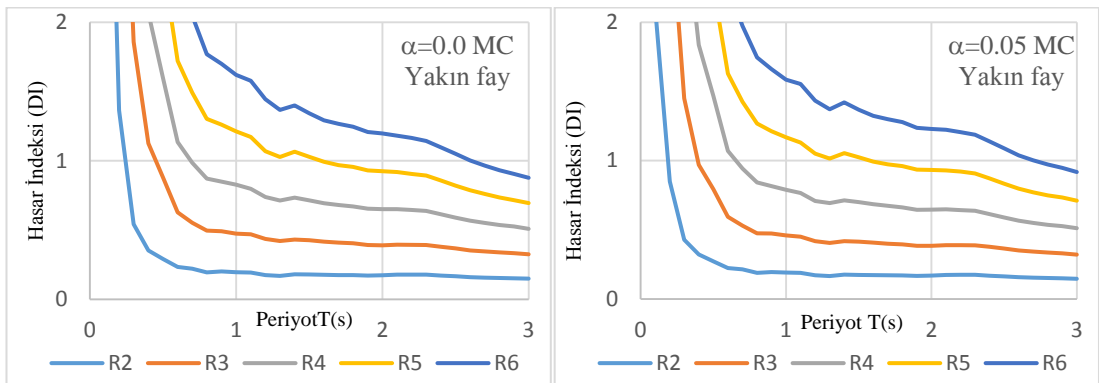


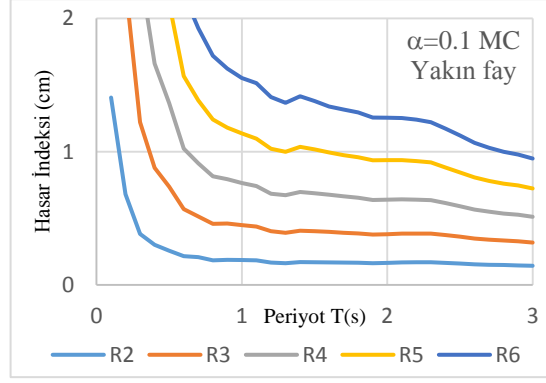


Şekil 3.9b: Elastoplastik davranış model, yakın fay etkisi için hasar indeksinin periyot ile değişimi



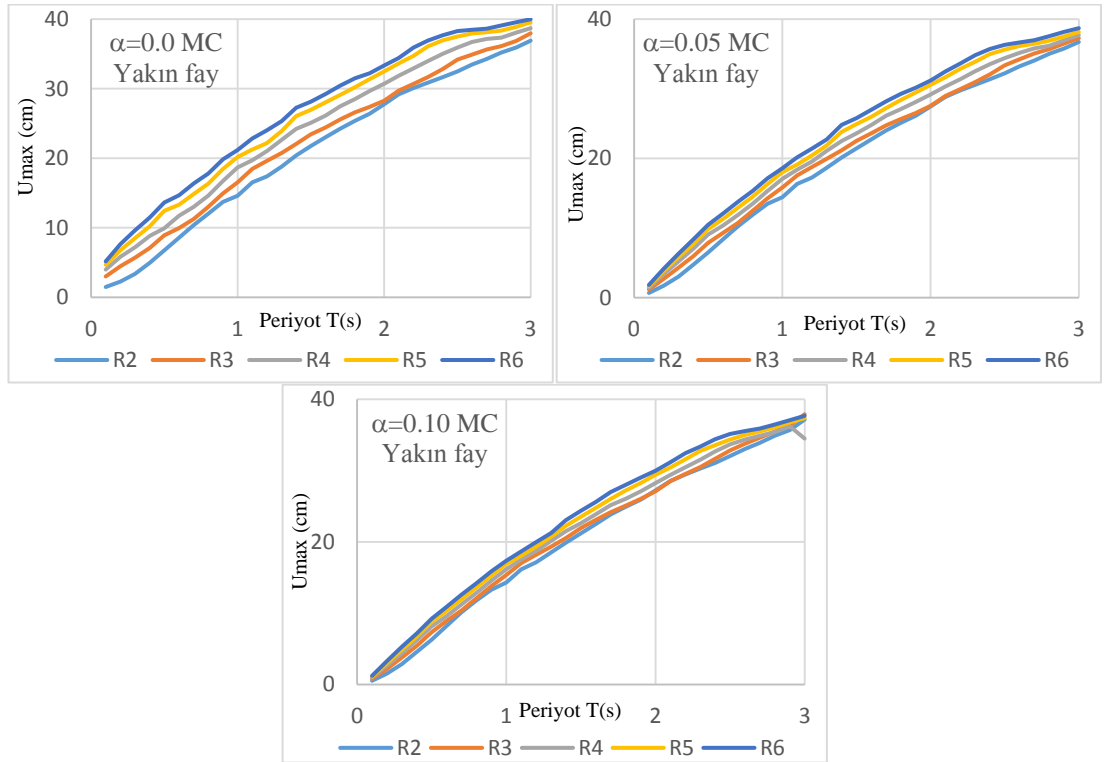
Şekil 3.9c: Modified-Clough davranış model, uzak fay etkisi için hasar indeksinin periyot ile değişimi



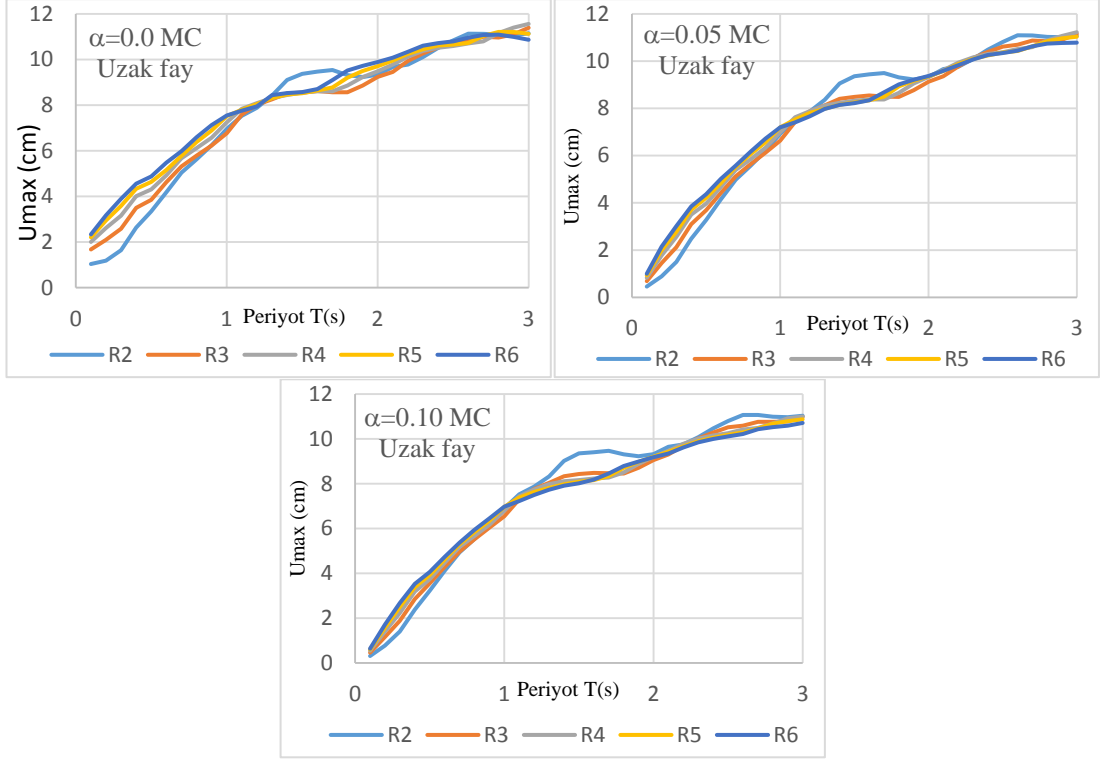


Şekil 3.9d: Modified-Clough davranış model, yakın fay etkisi için hasar indeksinin periyot ile değişimi

Rijitlik azalmalı modele sahip ve pekleşme oranının %0, %5 ve %10 olduğu durumlarda meydana gelen maksimum yer değiştirme değerinin yatay dayanıma göre değişimi, uzak fay ve yakın fay etkileri için şekil 3.10a ve şekil 3.10b'da sunulmuştur. rijitlik azalmalı modelinde tüm pekleşme durumları için yakın fayın etkisi uzak fayın etkisine göre 3 kat fazladır. Yapı periyodunun maksimum yer değiştirme üzerindeki etkisi belirgin düzeydedir. R talebinin etkisi ihmal edilebilir düzeydedir. Peklşme etkisinin maksimum yer değiştirme üzerinde ihmal edilebilir bir etkiye sahip olduğu görülmektedir.

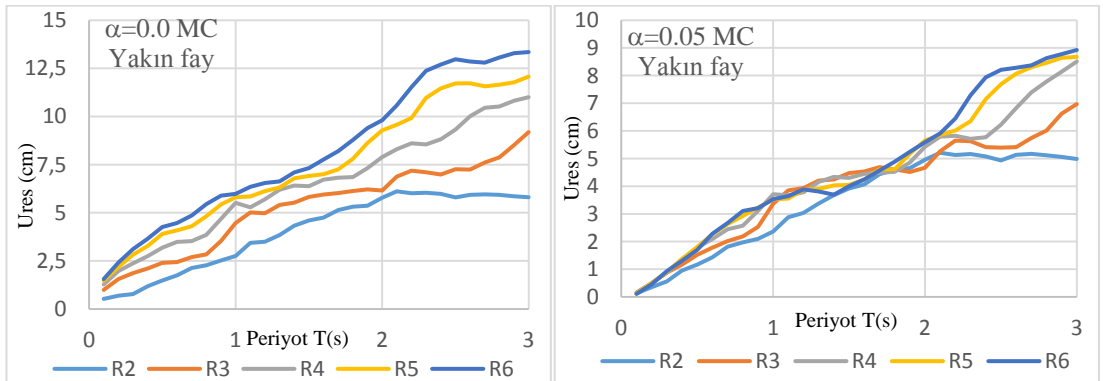


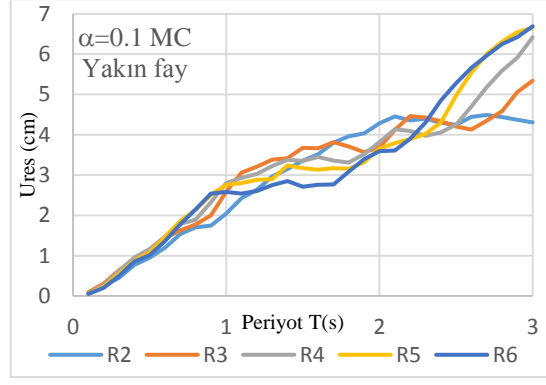
Şekil 3.10a: Modified-Clough davranış model, yakın fay etkisi için maksimum yerdeğiştirme periyot ile değişimi



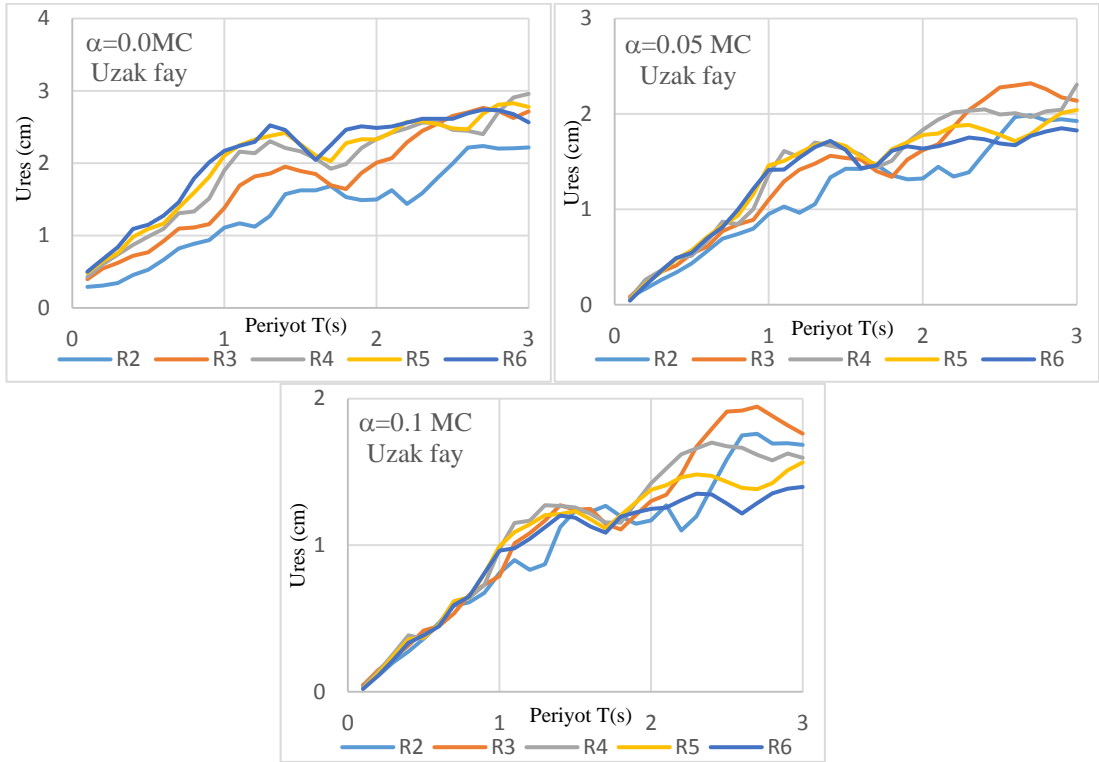
Şekil 3.10b: Modified-Clough davranış model, uzak fay etkisi için maksimum yerdeğiştirme periyot ile değişimi

Rijitlik azalmalı modeline sahip ve pekleşme oranının %0, %5 ve %10 olduğu durumlarda meydana gelen kalıcı yer değiştirme değerinin yatay dayanıma göre değişimi, uzak fay ve yakın fay etkileri için şekil 3.11a ve şekil 3.11b'da sunulmuştur. Peklşme etkisinin uzak fay ve yakın fay üzerindeki etkisi neredeyse aynıdır. Peklşme yüzdesi arttıkça yer değiştirmenin belirgin bir düşüş sergilediği görülmektedir. Yapı periyodunun kalıcı yer değiştirme üzerindeki etkisi önemli düzeydedir. R talebinde fay etkisine baktığımızda zaman, yakın fay etkisinin uzak fay etkisine göre daha belirgin olduğu görülmektedir.



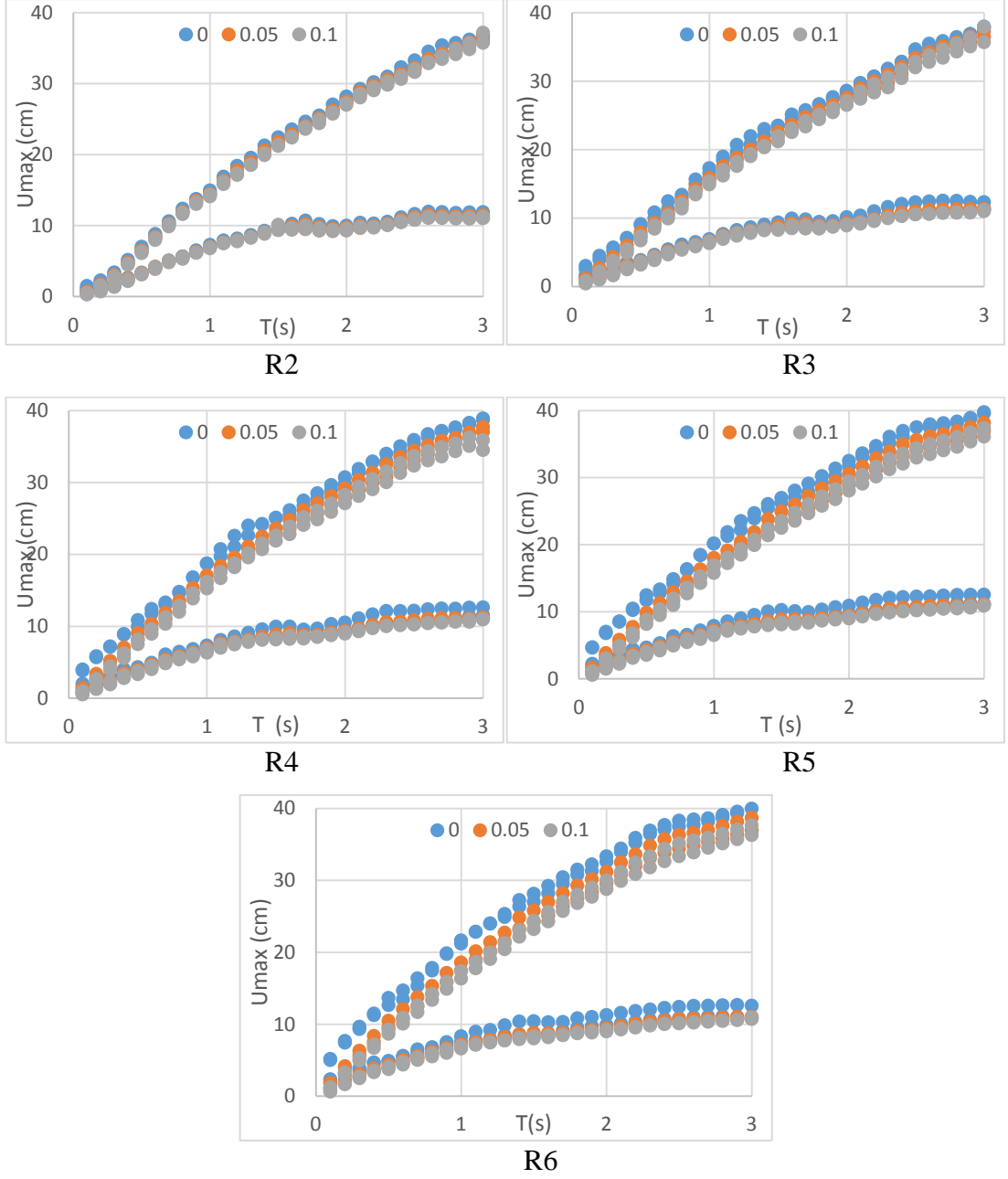


Şekil 3.11a: Modified-Clough davranış model, yakın fay etkisi için kalıcı yerdeğiştirmenin periyot ile değişimi



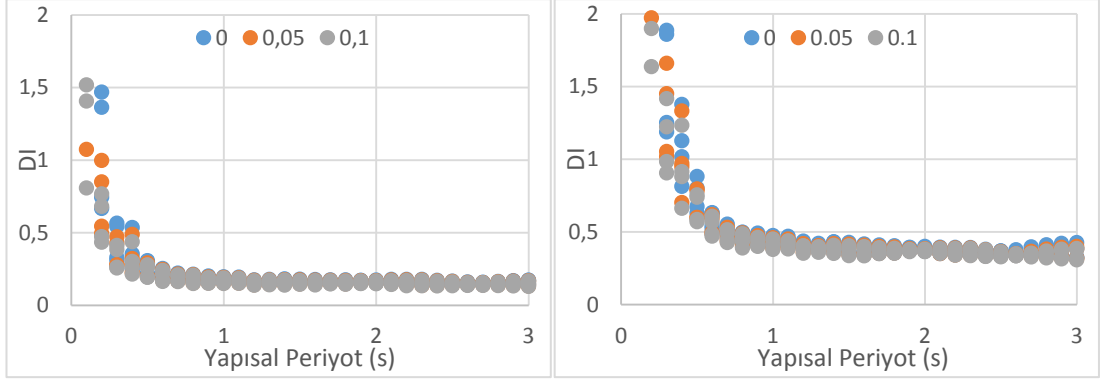
Şekil 3.11b: Modified-Clough davranış model, uzak fay etkisi için kalıcı yerdeğiştirmenin periyot ile değişimi

Pekleşme oranının %0, %5 ve %10 olduğu durumlarda meydana gelen maksimum yer değiştirme değerinin yatay dayanıma göre değişimi, Şekil 3.12’de sunulmuştur. Yapı periyodunun maksimum yer değiştirme üzerindeki etkisi belirgin düzeydedir. Pekleşmedeki %0, %5 ve %10 oranları etkileri tüm R talepleri için ayrı grafiklerde gösterilmiştir. Pekleşmenin, maksimum yer değiştirme üzerinde ihmal edilebilir bir etkiye sahip olduğu görülmektedir.



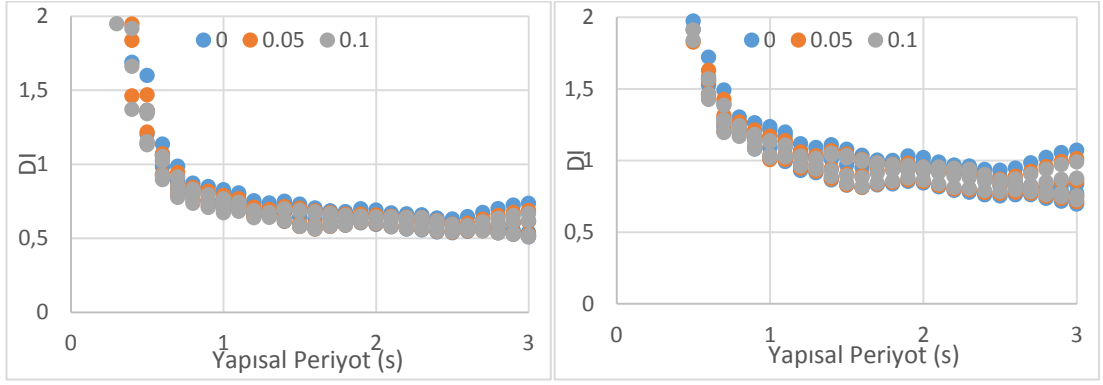
Şekil 3.12

Pekleşme oranının %0, %5 ve %10 olduğu durumlarda meydana gelen hasar indeksi değerinin yatay dayanıma göre değişimi, şekil 3.13'de sunulmuştur. Yapı periyodunun maksimum yer değiştirme üzerindeki etkisi belirgin düzeydedir. Pekleşmedeki %0, %5 ve %10 oranları etkileri tüm R talepleri için ayrı grafiklerde gösterilmiştir. Pekleşmenin etkisi hasar indeksi üzerinde ihmal edilebilir bir etkiye sahip olduğu görülmektedir. R talebi arttıkça hasar indeksi değeri belirgin artış göstermektedir.



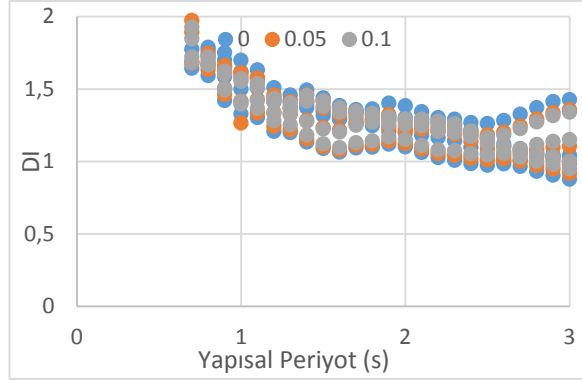
R2 için

R3 için



R4 için

R5 için



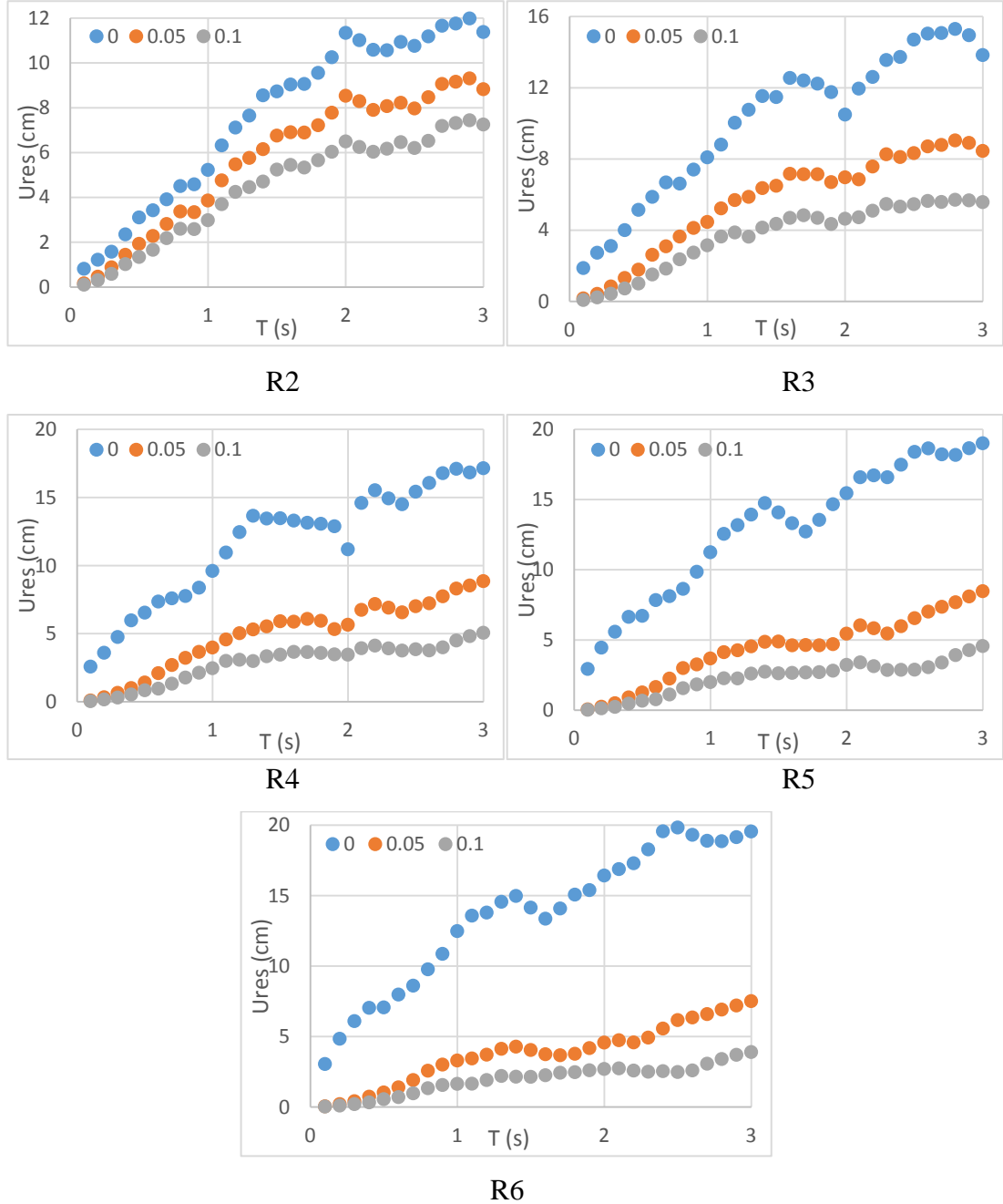
R6 için

Şekil 3.13

Pekleşme oranının %0, %5 ve %10 olduğu durumlarda meydana gelen kalıcı yer değiştirme değerinin yatay dayanıma göre değişimi, şekil 3.14’de sunulmuştur. Yapı periyodunun kalıcı yer değiştirme üzerindeki etkisi belirgin düzeydedir. Pekleşmedeki %0, %5 ve %10 oranları etkileri tüm R talepleri için ayrı grafiklerde gösterilmiştir R talebinin etkisi ihmal edilemeyecek düzeydedir. R talebi arttıkça hasar indeksi değeri belirgin artış göstermektedir. Pekleşmenin etkisi kalıcı yer değiştirme üzerinde ihmal edilemeyecek bir etkiye sahip olduğu görülmektedir. (Pekleşmenin %10 olduğu

durumda R talebi arttıkça Ures de azalma görülmektedir. R=2 ile R=6 arasında 2 kat fark olduğu görülmektedir.)

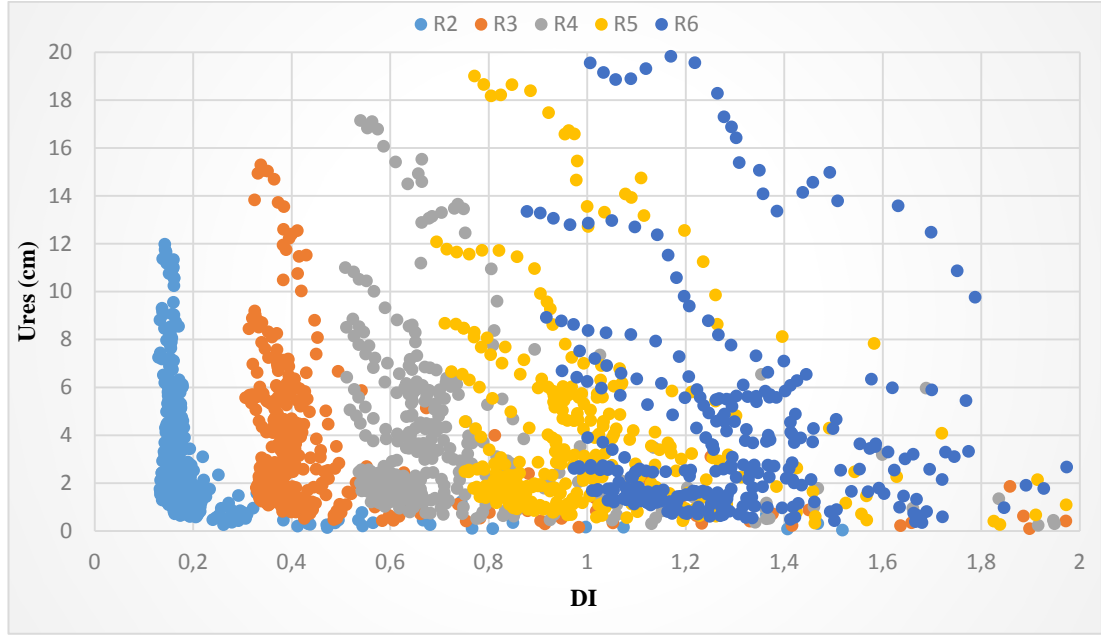
Pekleşme yüzdesi arttıkça kalıcı yer değiştirmenin belirgin bir düşüş sergilediği görülmektedir. Yapı periyodunun kalıcı yer değiştirme üzerindeki etkisi önemli düzeydedir. R talebi arttıkça pekleşme oranlarının farklı daha belirgin olmaktadır.



Şekil 3.14

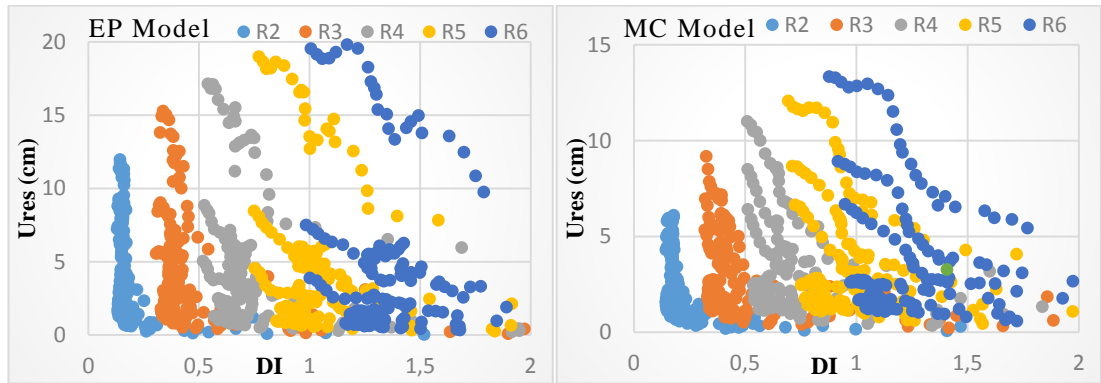
Çeşitli yanal dayanımlar için hasar indeksi ve kalıcı yer değiştirme değerleri arasındaki ilişki şekil 3.15 'de sunulmaktadır. Şekilde R katsayısı arttıkça hasar

indeksi değerinin de arttığı görülmektedir. R katsayısının 2,3 ve 4 olduğu durumda, hasar indeksinin 1 den küçük olduğu görülmektedir. R katsayısının 5 ve 6 olduğu durumda hasar indeksi 1'in üzerindedir.



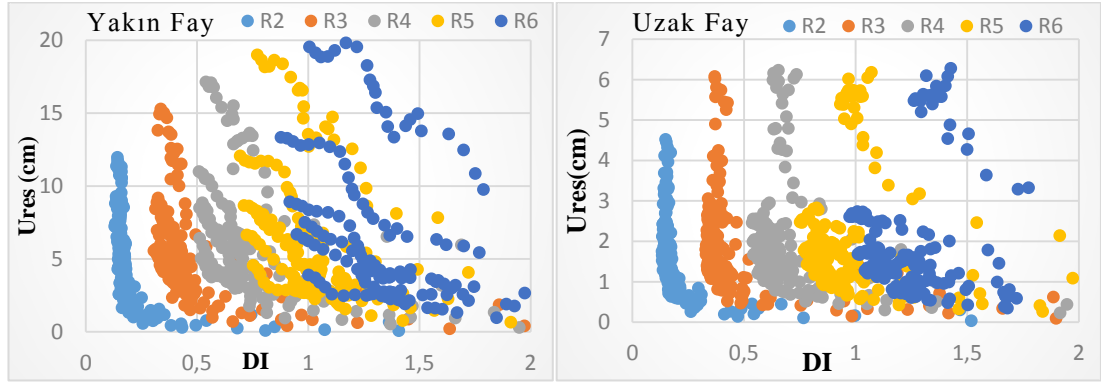
Şekil 3.15: Kalıcı yer değiştirme ve Hasar indeksi ilişkisi

Çeşitli yanal dayanımlarda elastoplastik malzeme modeli ve rijitlik azalmalı model için hasar indeksi ve kalıcı yer değiştirme değerleri arasındaki ilişki şekil 3.15a 'da sunulmaktadır. Şekilde R katsayısı arttıkça hasar indeksi değerinin de arttığı görülmektedir. Elastoplastik modelde kalıcı yer değiştirmenin daha fazla olduğu görülmektedir. R katsayısının 2,3 ve 4 olduğu durumda, hasar indeksinin 1 den küçük olduğu görülmektedir. R katsayısının 6 olduğu durumda hasar indeksi 1'in üzerindedir.



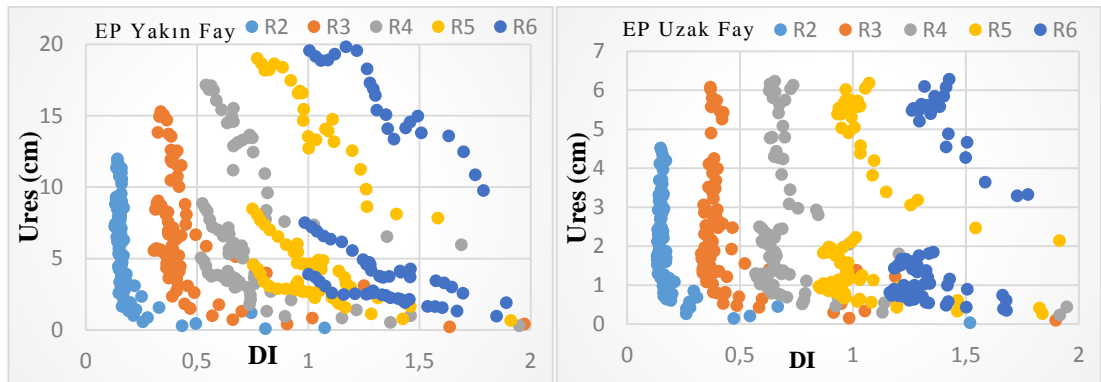
Şekil 3.15a : Elastoplastik ve Modified-Clough model için, Kalıcı yer değiştirme ve Hasar indeksi ilişkisi

Çeşitli yanal dayanımlarda yakın fay ve uzak fayın etkisi için hasar indeksi ve kalıcı yer değiştirme değerleri arasındaki ilişki şekil 3.15b'de sunulmaktadır. Şekilde R katsayısı arttıkça hasar indeksi değerinin de arttığı görülmektedir. Yakın fay etkisinde kalıcı yer değiştirmenin daha fazla olduğu görülmektedir. R katsayısının 2,3 ve 4 olduğu durumda, hasar indeksinin 1 den küçük olduğu görülmektedir. R katsayısının 6 olduğu durumda hasar indeksi 1'in üzerindedir.



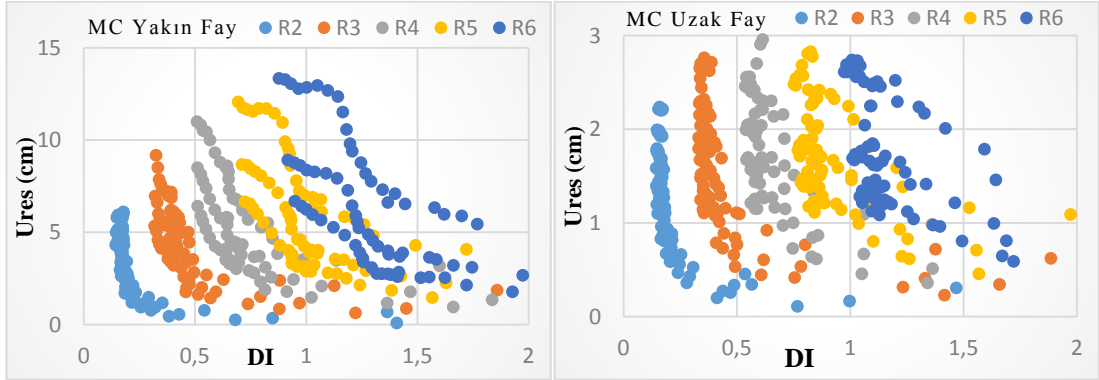
Şekil 3.15b: Yakın ve Uzak fay için, Kalıcı yer değiştirme ve Hasar indeksi ilişkisi

Çeşitli yanal dayanımlarda elastoplastik malzeme modeli için yakın fay ve uzak fay etkisi için hasar indeksi ve kalıcı yer değiştirme değerleri arasındaki ilişki şekil 3.15c 'de sunulmaktadır. Şekilde R katsayısı arttıkça hasar indeksi değerinin de arttığı görülmektedir. Yakın fay etkisinin uzak fay etkisine oranla 2 kata yakın kalıcı yer değiştirme yaptığı görülmektedir. R katsayısının 2,3 ve 4 olduğu durumda, hasar indeksinin 1 den küçük olduğu görülmektedir. R katsayısının 6 olduğu durumda hasar indeksi 1'in üzerindedir.



Şekil 3.15c: Yakın fay ve Uzak fay için, Kalıcı yer değiştirme ve Hasar indeksi ilişkisi

Çeşitli yanal dayanımlarda rijitlik azalmalı modeli için yakın fay ve uzak fay etkisi için hasar indeksi ve kalıcı yer değiştirme değerleri arasındaki ilişki şekil 3.15d 'de sunulmaktadır. Şekilde R katsayısı arttıkça hasar indeksi değerinin de arttığı görülmektedir. Yakın fay etkisinin uzak fay etkisine oranla 3 kate yakın kalıcı yer değiştirme yaptığı görülmektedir. R katsayısının 2,3 ve 4 olduğu durumda, hasar indeksinin 1 den küçük olduğu görülmektedir. R katsayısının 6 olduğu durumda hasar indeksi 1'in üzerindedir.



Şekil 3.15d: Yakın fay ve Uzak fay, Kalıcı yer değiştirme ve Hasar indeksi ilişkisi

4. HASAR İNDEKSİ TAHMİNİ İÇİN BİR YÖNTEM

4.1 Doğrusal Olmayan Regresyon Analizi

Bu çalışma kapsamında, hasar indeksinin tahmini amacıyla, deprem yükü azaltma katsayısı, kalıcı yer değiştirme / spektral yer değiştirme oranı ve en büyük yerdeğiştirme / spektral yer değiştirme oranlarına göre doğrusal olmayan regresyon analizi yapılmıştır. STATISTICA [24] programından alınan yardımla hasar indeksinin tahmini için aşağıdaki bağıntı türetilmiştir.

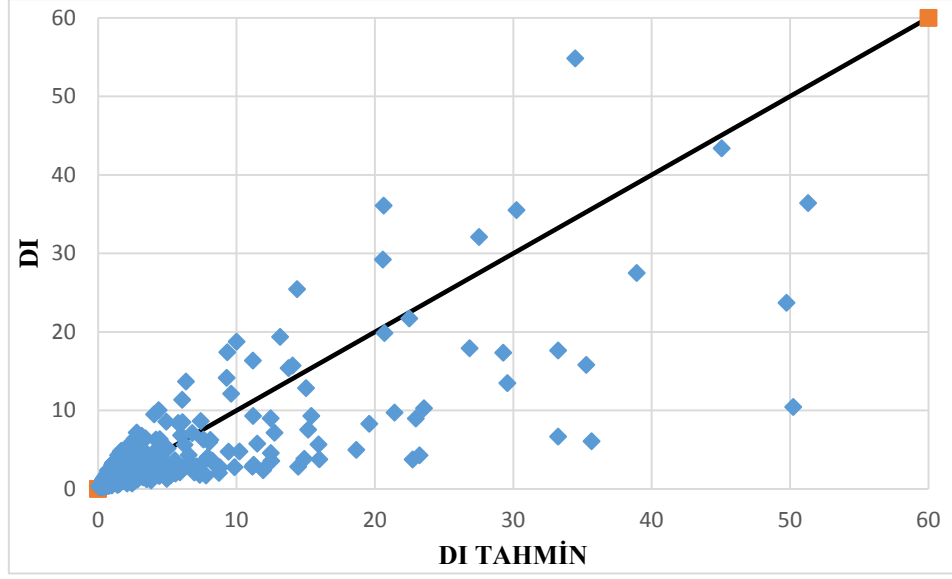
$$DI_{Tahmin} = (R - 1) \cdot \left[a \left(\frac{U_{res}}{S_d} \right) + b \left(\frac{U_{max}}{U_{res}} \right)^2 \right] \quad (4.1.1)$$

Burada R deprem yükü azaltma katsayısını, U_{res} kalıcı yer değiştirmeyi, S_d spektral yer değiştirmeyi ve U_{max} en büyük yer değiştirmeyi göstermektedir. Çizelge 4.1’de a ve b katsayılarının değerleri ile bağıntıya ait korelasyon katsayısı verilmiştir.

Çizelge 4.1: (4.1.1) bağıntısındaki katsayılar

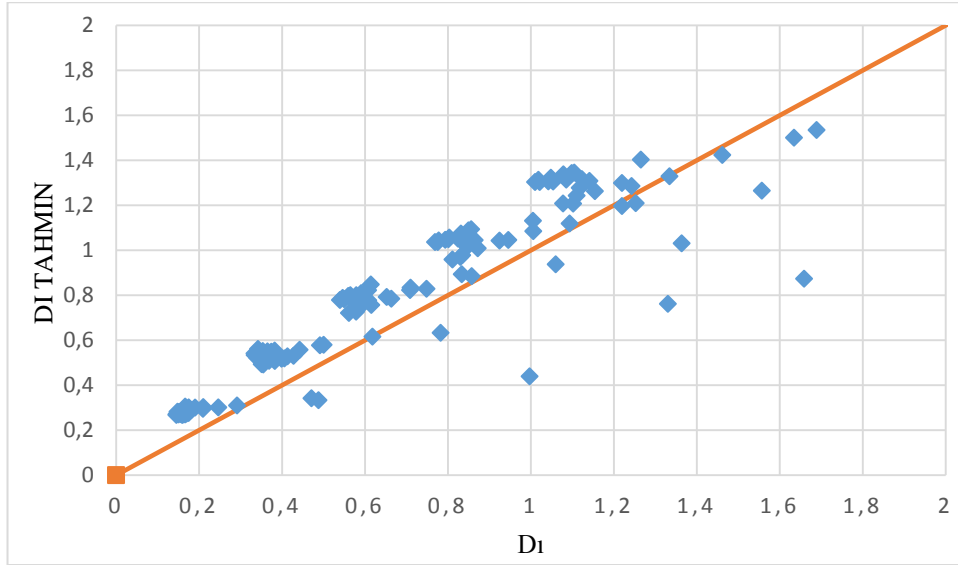
a	b	Correlation coefficient
1.113	0.0028	0.949

Şekil 4.1’de dikkate alınan tüm parametreler için hasar indeksinin fonksiyonun uygunluğunu göstermektedir. Düşey eksen analize bulunan hasar indeksini, yatay eksen ise önerilen bağıntı ile bulunan hasar indeksini göstermektedir.



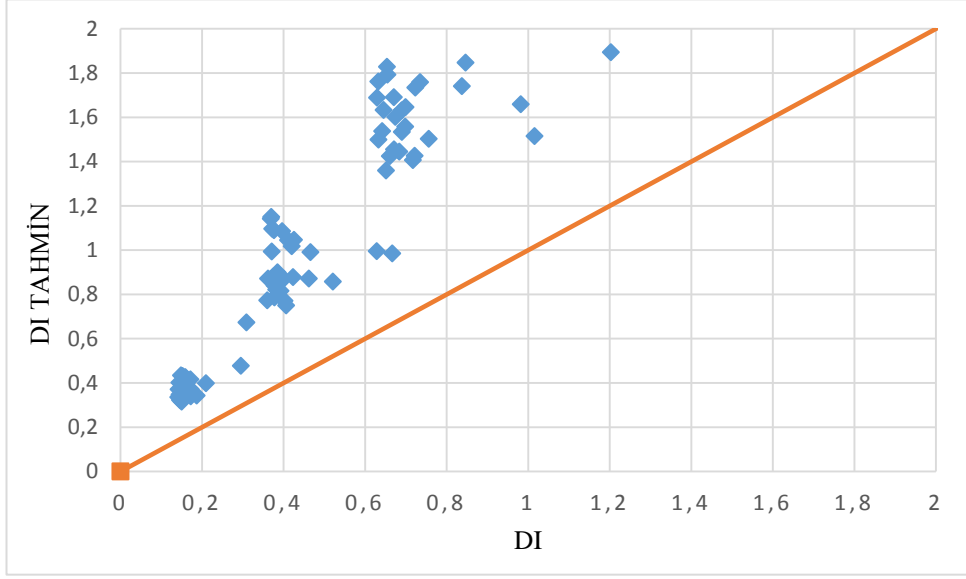
Şekil 4.1: Analiz sonucu Hasar İndeksi ve Tahmini Hasar İndeksi

Şekil 4.2’de Rijitlik azalmalı modeli kullanılmıştır. Tüm R talepleri için pekleşmenin %5 olduğu durum ve uzak alan yer hareketinin kıyaslaması yapılmıştır. Analiz sonucu bulunun DI ve bağıntı sonucu bulunan DI tahmin sonuçları karşılaştırılmıştır.



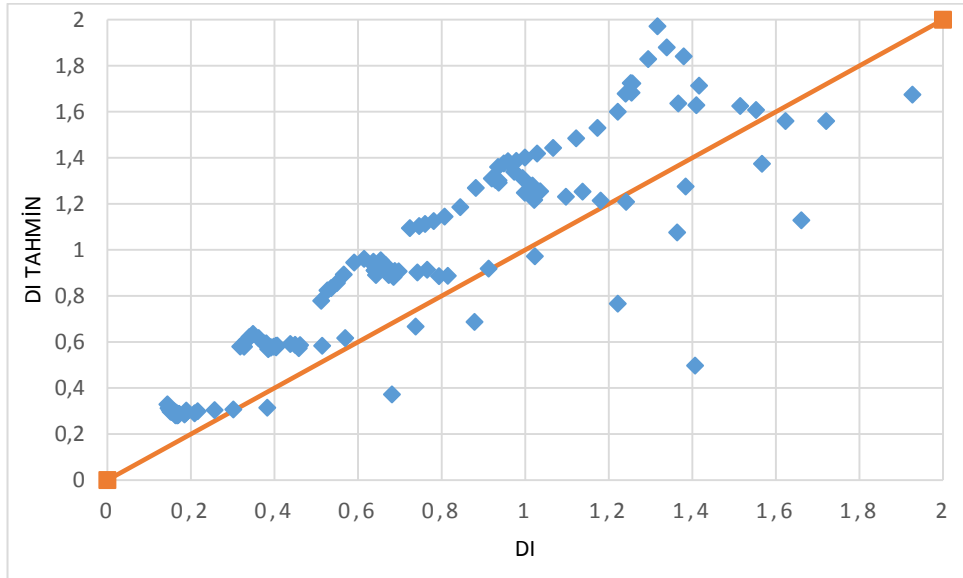
Şekil 4.2: Modified-Clough davranış model, uzak fay etkisi için analiz sonucu hasar indeksi ve tahmini hasar indeksi karşılaştırması

Şekil 4.3’de Elastoplastik modelin kullanılmıştır. Tüm R talepleri için pekleşmenin %0 olduğu durum ve uzak alan yer hareketinin kıyaslaması yapılmıştır. Analiz sonucu bulunun DI ve bağıntı sonucu bulunan DI tahmin sonuçları karşılaştırılmıştır.



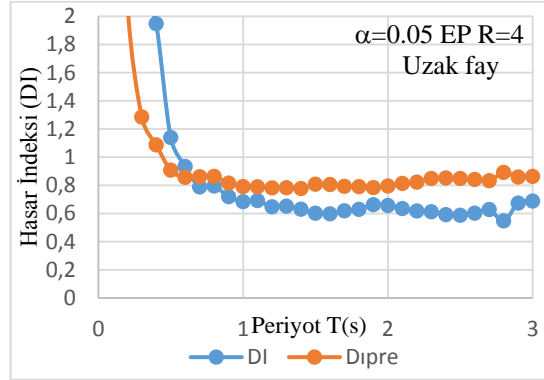
Şekil 4.3: Elastoplastik davranış model, uzak fay etkisi için analiz sonucu hasar indeksi ve tahmini hasar indeksi karşılaştırması

Şekil 4.4’de Rijitlik azalmalı model kullanılmıştır. Tüm R talepleri için pekleşmenin %10 olduğu durum ve yakın alan yer hareketinin kıyaslaması yapılmıştır. Analiz sonucu bulunun DI ve bağıntı sonucu bulunan DI tahmin sonuçları karşılaştırılmıştır



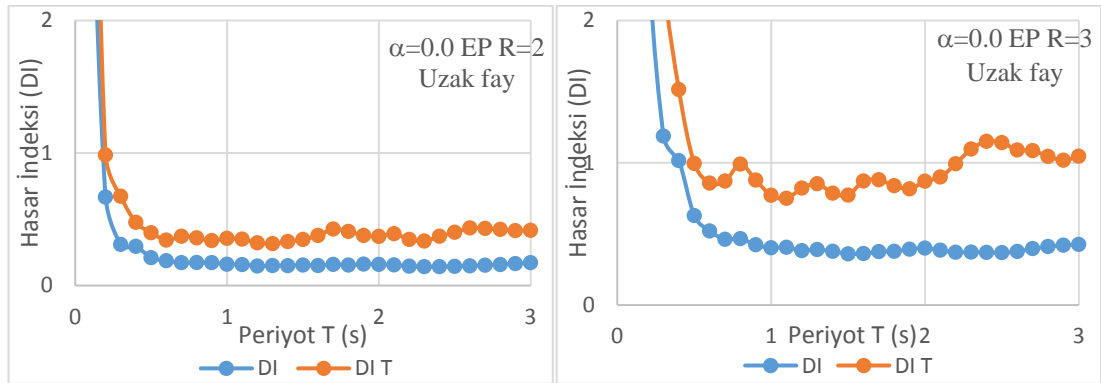
Şekil 4.4: Modified-Clough davranış model, yakın fay etkisi için analiz sonucu hasar indeksi ve tahmini hasar indeksi karşılaştırması

Elastoplastik davranış modeline sahip R talebinin 4 alındığı ve pekleşmenin %0 olduğu durumda meydana gelen hasar indeksi değerinin yatay dayanıma göre değişimi, uzak fay etkisi için şekil 4.5’de sunulmuştur. Şekilde görülmekte olan mavi çizgi analiz sonucu bulunan hasar indeksini, turuncu çizgi ise bağıntı sonucu bulunan tahmini hasar indeksini göstermektedir. Dikkate alınan tüm parametreler ile kıyaslama yapıldığında, tahmin sonucu bulunan hasar indeksinin uygunluğu şekilde de görülmektedir.



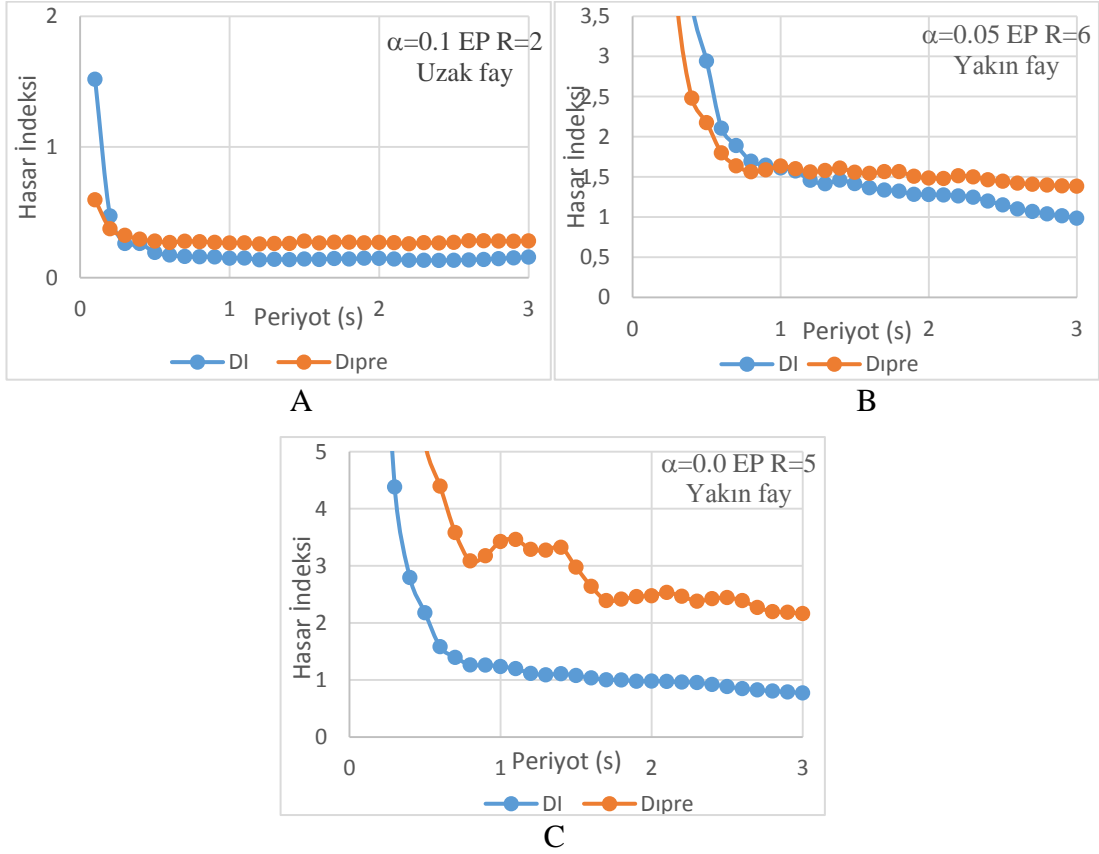
Şekil 4.5: Elastoplastik davranış model, uzak fay etkisi için hasar indeksi ve hasar indeksi tahmin sonucunun periyot ile değişimi

Elastoplastik davranış modeline sahip R talebinin 2 ve 3 alındığı ve pekleşmenin %0 olduğu durumda meydana gelen hasar indeksi değerinin yatay dayanıma göre değişimi, uzak fay etkisi için şekil 4.6’da sunulmuştur. Şekilde görülmekte olan mavi çizgi analiz sonucu bulunan hasar indeksini, turuncu çizgi ise bağıntı sonucu bulunan tahmini hasar indeksini göstermektedir. Dikkate alınan tüm parametreler ile kıyaslama yapıldığında, tahmin sonucu bulunan hasar indeksinin uygunluğu şekilde de görülmektedir.



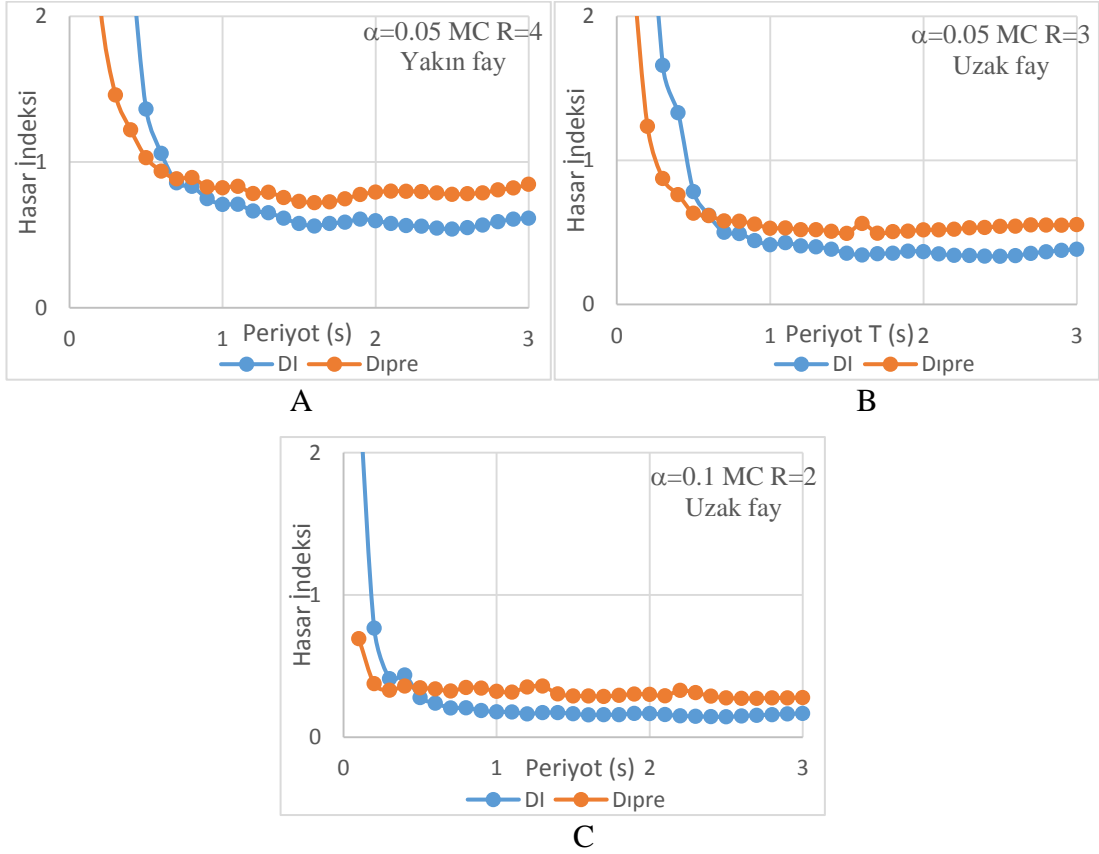
Şekil 4.6: Elastoplastik davranış model, uzak fay etkisi için hasar indeksi ve hasar indeksi tahmin sonucunun periyot ile değişimi

Elastoplastik davranış modeline sahip R talebinin 2, 5, 6 alındığı ve pekleşmenin %0, %5, %10 olduğu durumda meydana gelen hasar indeksi değerinin yatay dayanıma göre değişimi, yakın fay etkisi ve uzak fay etkisi için şekil 4.7’de sunulmuştur. Şekilde görülmekte olan mavi çizgi analiz sonucu bulunan hasar indeksini, turuncu çizgi ise bağıntı sonucu bulunan tahmini hasar indeksini göstermektedir. Dikkate alınan tüm parametreler ile kıyaslama yapıldığında, tahmin sonucu bulunan hasar indeksinin uygunluğu şekilde de görülmektedir.



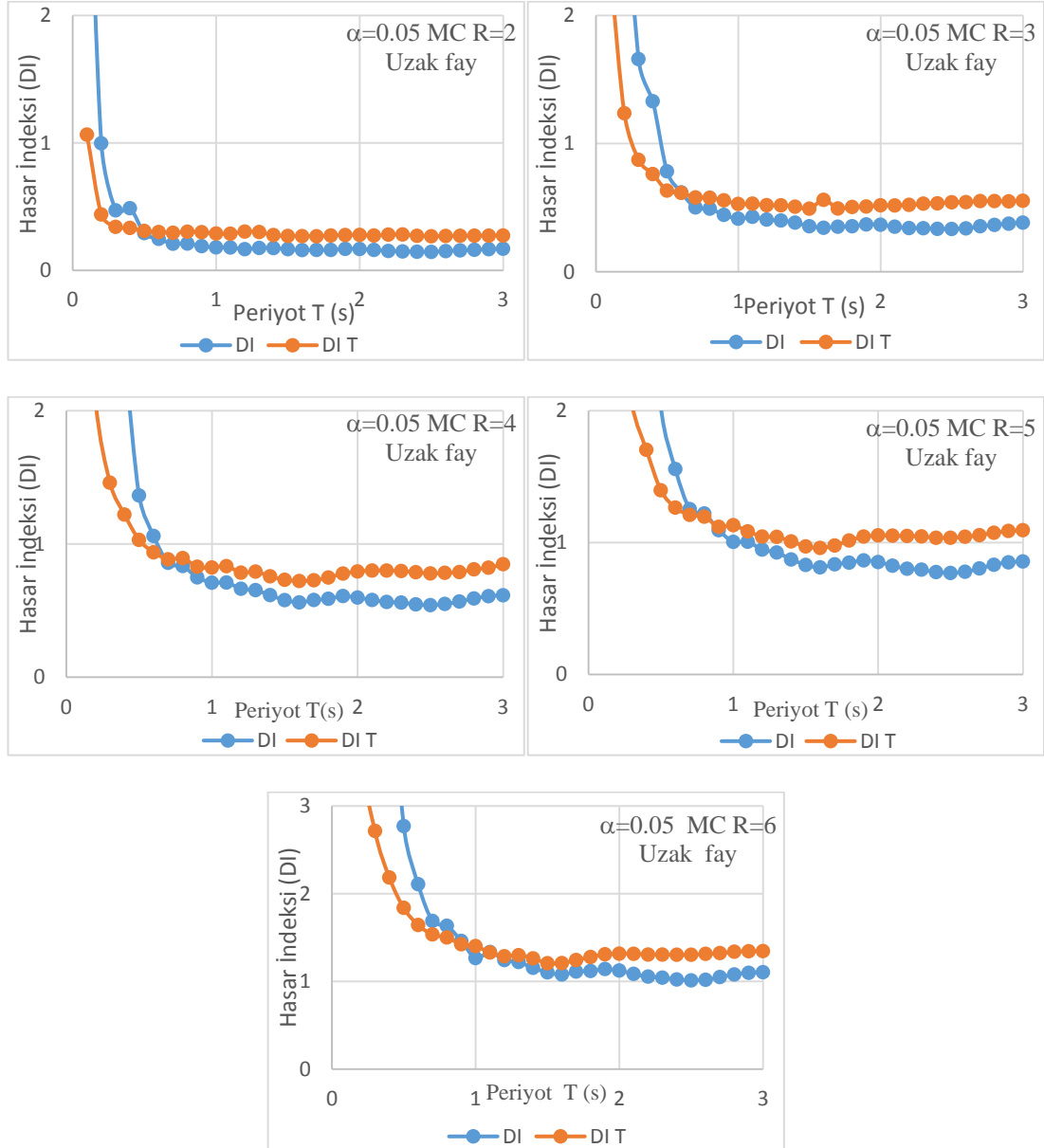
Şekil 4.7: Elastoplastik davranış model, uzak fay ve yakın etkisi için hasar indeksi ve hasar indeksi tahmin sonucunun periyot ile değişimi

Rijitlik azalmalı modeline sahip R talebinin 2,3,4 alındığı ve pekleşmenin %5, %10 olduğu durumda meydana gelen hasar indeksi değerinin yatay dayanıma göre değişimi, yakın fay etkisi ve uzak fay etkisi için şekil 4.8’de sunulmuştur. Şekilde görülmekte olan mavi çizgi analiz sonucu bulunan hasar indeksini, turuncu çizgi ise bağıntı sonucu bulunan tahmini hasar indeksini göstermektedir. Dikkate alınan tüm parametreler ile kıyaslama yapıldığında, tahmin sonucu bulunan hasar indeksinin uygunluğu şekilde de görülmektedir.



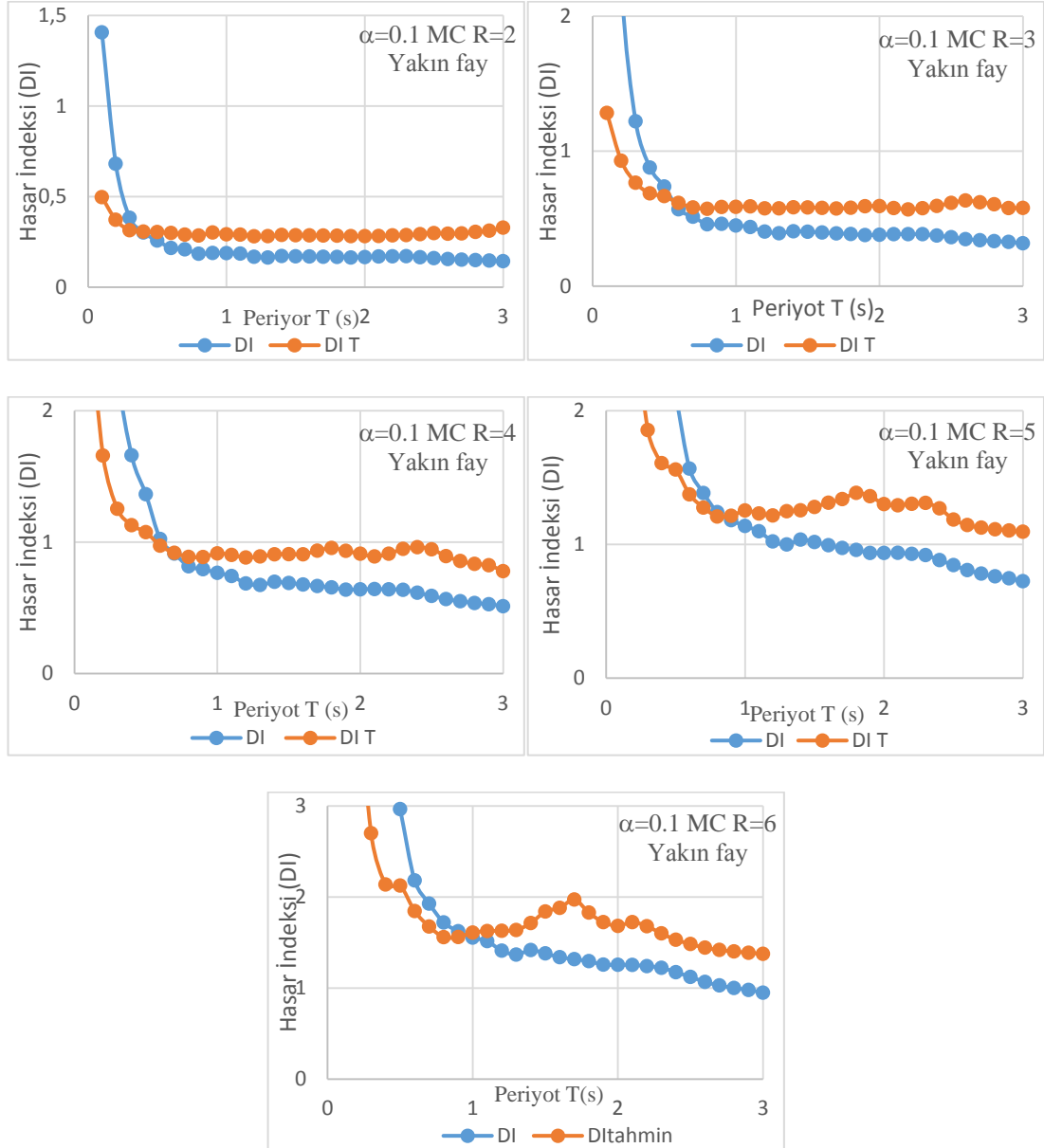
Şekil 4.8: Modified-Clough davranış model, uzak fay ve yakın etkisi için hasar indeksi ve hasar indeksi tahmin sonucunun periyot ile değişimi

Rijitlik azalmalı modeline sahip R talebinin 2,3,4,5,6 alındığı ve pekleşmenin %5 olduğu durumda meydana gelen hasar indeksi değerinin yatay dayanıma göre değişimi, uzak fay etkisi için şekil 4.9’da sunulmuştur. Şekilde görülmekte olan mavi çizgi analiz sonucu bulunan hasar indeksini, turuncu çizgi ise bağıntı sonucu bulunan tahmini hasar indeksini göstermektedir. Dikkate alınan tüm parametreler ile kıyaslama yapıldığında, tahmin sonucu bulunan hasar indeksinin uygunluğu şekilde de görülmektedir.



Şekil 4.9 : Modified- Clough davranış model, uzak fay etkisi için hasar indeksi ve hasar indeksi tahmin sonucunun periyot ile değişimi

Rijitlik azalmalı modeline sahip R talebinin 2,3,4,5,6 alındığı ve pekleşmenin %10 olduğu durumda meydana gelen hasar indeksi değerinin yatay dayanıma göre değişimi, yakın fay etkisi için şekil 4.11’de sunulmuştur. Şekilde görülmekte olan mavi çizgi analiz sonucu bulunan hasar indeksini, turuncu çizgi ise bağıntı sonucu bulunan tahmini hasar indeksini göstermektedir. Dikkate alınan tüm parametreler ile kıyaslama yapıldığında, tahmin sonucu bulunan hasar indeksinin uygunluğu şekilde de görülmektedir.



Şekil 4.11: Modified- Clough davranış model, yakın fay etkisi için hasar indeksi ve hasar indeksi tahmin sonucunun periyot ile değişimi

5. SONUÇLAR

Bu çalışmada tek serbestlik dereceli sistemlerde yakın ve uzak deprem hareketleri kullanılarak kalıcı yer değiştirme talepleri ve hasar indeksinin incelenmesi amaçlanmıştır. Malzeme modeli olarak dayanım azalmasının dikkate alındığı (Modified Clough) ve alınmadığı (iki doğrulu elastoplastik) iki ayrı malzeme modeli ele alınmıştır. Analizlerde incelenen yapısal parametreler olarak yapı periyodu (T) 0.1-3 s. arasında, deprem yükü azaltma katsayısı (R) 2-3-4-5-6 olarak, pekleşme oranı (α) %0, %5, %10 olarak alınmış olup, yakın ve uzak fay etkilerini içeren 140 gerçek deprem kaydı kullanılmıştır. Çalışmada elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmeye çalışılmıştır.

Tüm R talepleri için bakıldığında Elastoplastik malzeme modelinin, Rijitlik azalmalı modeline göre yapmış olduğu kalıcı yer değiştirme oranı 2 katı geçmektedir. Yakın fay etkisinin uzak fay etkisine kıyasla yapmış olduğu kalıcı yer değiştirme oranı 3 katı geçmektedir. Pekleşme yüzdesi arttıkça iki malzeme modelinde aldığı yer değiştirme hasarının azaldığı görülmüştür. Bu azalma oranı Elastoplastik sistemler için daha belirgin olduğu gözlenmiştir. R talebinin kalıcı yer değiştirme üzerindeki etkisi belirgin bir etkisi olduğu gözlenmiştir.

Düşük periyotlu yapılar daha yüksek hasar indeksi oranına sahipken, periyot değeri arttıkça hasar indeksi oranı azalmaktadır. Tüm R değerleri için belirli bir periyot değerinden sonra hasar indeksi değeri sabite yakın şekilde devam ettiği görülmektedir. Bu durum yakın fay ve uzak fay etkilerinde oldukça benzerdir. Deprem yükü azaltma katsayısının hasar indeksi üzerinde belirgin bir etkisi olduğu gözlemlenmiştir.

Tüm R talepleri için bakıldığında yakın fay etkisinin uzak fay etkisine göre yapmış olduğu maksimum yer değiştirme oranı 3 katı geçmektedir. Elastoplastik malzeme modelinin Rijitlik azalmalı modeline göre daha fazla hasar aldığı görülmüştür. Deprem yükü azaltma katsayısının ve periyod'un maksimum yer değiştirme üzerinde belirgin bir etkisi olduğu gözlemlenmiştir.

Pekleşme etkisinin maksimum yerdeğiştirme ve hasar indeksi üzerinde ihmal edilebilir bir etkiye sahip olduğu gözlenmektedir. Kalıcı yer değiştirme üzerindeki etkisi belirgin şekilde görülmüştür. Deprem yükü azaltma katsayısının seçimi kalıcı yer değiştirmeyi iki üç kat oranında etkilediği görülmüştür. Bu artış durumu elastoplastik sistemler için rijitlik azalmalı model sitemine göre daha fazla olduğu görülmüştür. Pekleşme oranı pozitiften negatife değiştiginde kalıcı yer değiştirme değişimi, değişen R talebine göre ters bir davranış sergilemiştir.

Kalıcı yer değiştirme değerlerinde yakın fay etkisinin etkisi uzak fay etkisinden çok daha büyük olduğu bulunmuştur. Bu koşul neredeyse her zaman geçerlidir.

Az ve orta katlı yapılarda deprem yükü azaltma katsayısının hasar indeksi üzerinde etkisi belirgin şekilde gözükmetedir.

Hasar indeksi tahmini için önerilen bu basitleştirilmiş denklem, elastoplastik ve Rijitlik azalmalı modeline sahip TSD sistemlerin tahmininde iyi bir yaklaşım sağlar. Bu basit denklem ile herhangi bir deprem için yapının aldığı kalıcı yer değiştirme ölçüldüğünde, depreme ait bazı özellikler, yapısal periyot ve deprem yükü azaltma katsayısı değerine bağlı olarak olası hasar indeksi talebini elde etmek mümkündür.

KAYNAKLAR

- [1] **TBDY**, 2018. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Resmi Gazete, Sayı: 30364 (Mükerrer), 18 Mart 2018.
- [2] **ATC 40**, Applied Technology Council (1996). The Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings. 2 volumes. Redwood City, California.
- [3] **ATC 63**, Applied Technology Council (2007). Recommended Methodology for Quantification of Building System Performance and Response Parameters - 75% Interim Draft Report, Redwood City, California.
- [4] **Ayoub A, Chenouda M** (2009). Response spectra of degrading structural systems. *Engineering Structures*, 31, 1393-1402.
- [5] **Bates DM, Watts DG** (1988). regression analysis and its applications. Wiley: New York.
- [6] **Borzi B, Calvi GM, Elnashai AS, Faccioli E, Bommer JJ** (2011). Inelastic spectra for displacement-based seismic design. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 21(1), 47–61.
- [7] **Christidis AA, Dimitroudi EG, Hatzigeorgiou GD, Beskos DE** (2013). Maximum seismic displacements evaluation of steel frames from their post-earthquake residual deformation. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 11(6) : 2233–2248.
- [8] **Clough RW, Johnston SB** (1966). Effect of stiffness degradation on earthquake ductility requirements. In: Proc of the Japan Earthquake Engineering Symposium, Tokyo, Japan, 227–232.
- [9] **D'Ambrisi A, Mezzi M** (2015). Design value estimate of the residuals of the seismic response parameters of RC frames. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 13(5), 1491-1511.
- [10] **Farrow KT, Kurama YT** (2003). **SDOF** demand index relationships for performance-based design. *Earthquake Spectra*, 19(4):799–838.
- [11] Federal Emergency Management Agency (2000). **NEHRP** guidelines for the seismic rehabilitation of buildings. Report **FEMA356**: Washington, DC.
- [12] **Genshu, T. ve Yongfeng, Z.**, (2007). "Seismic Force Modification Factors for Modified-Clough Hysteretic Model", *Engineering Structures*, 10:1016.
- [13] **Hatzigeorgiou GD, Papagiannopoulos GA, Beskos DE** (2011). Evaluation of maximum seismic displacements of **SDOF** systems from their residual deformation. *Engineering Structures*, 33 : 3422–3431.
- [14] **MacRae GA, Kawashima K** (1997). Post-earthquake residual displacements of bilinear oscillators. *Earthquake Engineering & Structural Dynamics*, 26(7):701–716.

- [15] **Mahin SA, Bertero VV** (1981). An evaluation of inelastic seismic design spectra. *Journal of The Structural Division, ASCE*, 107(9):1777–1795.
- [16] **Miranda E, Ruiz-Garcia J** (2002). Influence of stiffness degradation on strength demands of structures built on soft soil sites, *Engineering Structures*, 24:(10), 1271-1281.
- [17] **Nassar, A. ve Krawinkler, H.,** (1991). "Seismic Demands for **SDOF** and **MDOF** Systems", Report 95. John A. Blume Earthquake Engineering Center, Department of Civil Engineering, Stanford University, Stanford (CA).
- [18] **Ordaz, M. ve Perez-Rocha, L.E.,** (1998). "Estimation of Strength-Reduction Factors for Elastoplastic Systems: A New Approach", *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 27:889-901.
- [19] Pacific Earthquake Engineering Research Center. **PEER** Strong motion database. <http://peer.berkeley.edu/smcat>. Last access: 2015/05/15
- [20] **Riddell R, Newmark NM** (1979). Statistical analysis of the response of nonlinear systems subjected to earthquakes. Research Report 468. Un. of Illinois at Urbana-Champaign, Urbana, ILL, 291pp.
- [21] **Riddell R, Newmark NM** (1979). Force-deformation models for nonlinear analysis. *Journal of Structural Division, ASCE*, 105(12):2773–2778.
- [22] **Ruiz-Garcia J, Guerrero H** (2017). Estimation of residual displacement ratios for simple structures built on soft soil sites. *Soil Dynamics & Earthquake Engineering*, 100: 555-558.
- [23] **SEAOC** (1995). Vision 2000: Performance based seismic engineering of buildings, Volume I. Technical report, Structural Engineers Association of California, Sacramento, California.
- [24] StatSoft Inc. **STATISTICA V.6.0** for Windows. Tulsa, OK, USA;1995.
- [25] **Yazgan U, Dazio A** (2011). Simulating Maximum and Residual Displacements of RC Structures: II. Sensitivity. *Earthquake Spectra*, 27(4): 1203–1218.
- [26] **Yi, WJ., Zhang, HY. ve Kunnath, S.K.,** (2007). "Probabilistic Constant-Strength Ductility Demand Spectra", *Journal of Structural Engineering*, 133:567-575.

ÖZGEÇMİŞ

EYLEM EYYÜPOĞLU

KİŞİSEL BİLGİLER

Cinsiyet : Bay Doğum Tarihi : 01.04.1991
Medeni Durum : Bekar Uyruk : T.C.
Sürücü Belgesi : B Askerlik Durumu : Yapıldı (2019)

İLETİŞİM BİLGİLERİ

Adres Bilgileri : Fetih Caddesi 5.sokak No: 10 /9 Şirinevler –
Bahçelievler / İSTANBUL

Cep Tel. : (537) 503 44 99

E-Mail : eylemeyyupoglu1@gmail.com

İŞ TECRÜBESİ

-İGATEK Mühendislik Müşavirlik A.Ş. (Ekim-2019 / Mart2020)

Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası Türkiye Genel Merkez İnşaatı

- Rönesans Medikal İnşaat Taahhüt A.Ş. (Kasım-2017/ Ocak-2019)

İkitelli Entegre Sağlık Kampüsü inşaatı

- TİMA Mühendislik Müşavirlik Proje ve Yönetim A.Ş. (Temmuz-2016/ Eylül-2016) Göztepe Eğitim ve Araştırma Hastanesi Yeniden Yapım İnşaat Projesi

-OBS Proje Mühendislik Müşavirlik Ltd. Şti. (Şubat-2016/ Mayıs2016)

EĞİTİM BİLGİLERİ

Okul Adı	Alan	Bölüm	Not	Not Sistemi	
İstanbul Aydın Üniversitesi	Mühendislik Fakültesi	İnşaat Müh.	3.33	4	Lisans
İstanbul Aydın Üniversitesi	Fen Bilimleri Enstitü	İnşaat Müh.	3.20	4	Yüksek Lisans
Kastamonu Üniversitesi	Fen Bilimleri Enstitü	İş Sağlığı ve Güvenliği	3.05	4	Yüksek Lisans

