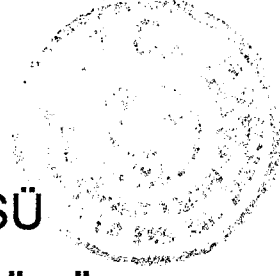


T.C.

GEBZE YÜKSEK TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ
MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



TEK SERBEST DERECELİ SİSTEMLERDE
ENERJİ TALEBİNİN OLASILIKSAL
YÖNTEMLE BULUNMASI

171 324

Ali Nail ÇETİNER

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DEPREM VE YAPI BİLİMLERİ

ANABİLİM DALI

TC. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

TEZ DANIŞMANI

Yrd.Doç.Dr. Bülent AKBAŞ

121324

GEBZE

2002



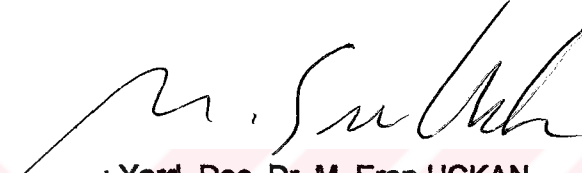
Ali Nail ÇETİNER'in tez çalışması, G.Y.T.E. Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 26/07/2002 tarih ve 2002/25 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından Deprem ve Yapı Bilimleri Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

JÜRI

ÜYE (Tez Danışmanı)


: Yard. Doç. Dr. Bülent AKBAŞ

ÜYE


: Yard. Doç. Dr. M. Eren UÇKAN

ÜYE


: Yard. Doç. Dr. Darçın AKIN

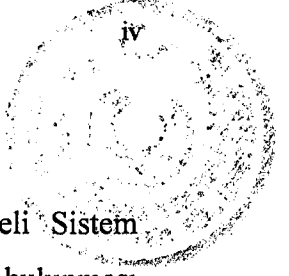
ONAY

GYTE Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 26/07/2002 tarih ve 2002/25 sayılı kararı.

İmza/Mühür


ÖZET

Tezde; Bu çalışmada, Doğrusal Olmayan Tek Serbest Dereceli Sistem (TSD)'lerde histeretik enerji talebinin olasılıksal yöntemle bulunması amaçlanmaktadır. Çalışmada değişik özelliklere sahip 30 farklı deprem kaydı kullanılmıştır. Çalışmada yapısal özellikler ve enerji talebi arasındaki ilişki, yapıya giren enerji, histeretik enerji/toplam enerji oranı, sönüm enerjisi, düktilite talebi, görel kat ötleme talebi farklı dayanım katsayıları kullanılarak hesaplanmıştır. 0,0-3,0 sn aralığındaki yapılar incelenmiştir. Doğrusal olmayan zaman geçmiş analiziyle bulunan yukarıdaki parametrelerin ortalamaları ve standart sapmaları bulunarak normal dağılım grafikleri çizilmiştir. Bu çalışmada ayrıca, bir hasar parametreside incelemiş ve bu parametre yardımıyla histeretik enerji/toplam enerji oranı için bir model sunulmuştur.



SUMMARY

In this study, it is intended to evaluate the hysteretic energy demand in inelestik single-degree-of-freedom systems by probabilistic method. The response analyses are carried out for 30 different EQGM's. The relation between structural properties and energy demand is obtained by using energy input, hysteretic energy to total energy ratio, ductility demand drift ratio for different strength indices. The structures in the period range of 0.1sec-0.3sec are studied. Mean, variance and standart deviation of the above parameters are calculated by non-linear time history analyses.

In this study a damage parameter is also examined a model for hysteretic energy to energy input ratio is proposed.

TEŞEKKÜR

Tez çalışması süresince benden yardımlarını esirgemeyen danışmanım
Yrd.Doç.Dr. Bülent AKBAŞ teşekkürlerimi sunarım.
Saygılarımla



İÇİNDEKİLER DİZİNİ

ÖZET	iv
SUMMARY	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
TABLolar DİZİNİ	x
1. GİRİŞ	1
2. PERFORMANSA DAYALI TASARIMIN TANIMI	3
3. DİZAYN PARAMETRESİ OLARAK ENERJİ	4
4. ANALİTİK ÇALIŞMA	7
4.1 TSD Bir Sistemin Enerji Tepkisi	
5. DOĞRUSAL OLMAYAN DİNAMİK ZAMAN GEÇMİŞ ANALİZİ	8
6. HASAR İNDEKSİ AÇISINDAN ENERJİ TEPKİSİ VE E_H/E_I ORANI	9
7. HİSTERETİK ENERJİ	11
8. GÖRELİ KAT ÖTELEMESİ	12
9. SÜNEKLİK TALEBİ	13
10. HASAR İNDEKSİ	14
11. E_H/E_I ORANI İÇİN ÖNERİLEN MODEL	15
12. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME	16

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler	Açıklama
E_H	Histeretik Enerji
E_I	Yapıya Giren Enerji
E_D	Yapıda Sönüm Yoluyla Dağılan Enerji
TSD	Tek Serbest Dereceli Sistem
ÇSD	Çok Serbest Dereceli Sistem
DDYT	Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı
YHS	Yer Hareketi Spektrumu
DETMS	Düzeltilmiş Elastik Tasarım Mukabele Spektrumu
PDDT	Performansa Dayalı Deprem Dizaynı
DI	Hasar Katsayısı
T	Periyot
DR	Görelî Kat Ötelemesi
N/A	Bilinmiyor

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil

Sayfa

1.	Deprem Kayıt	20
2.	Toplam Enerji	24
3.	Histerik Enerji	30
4.	Histerik Enerji-Toplam Enerji Oranı	36
5.	Görelî Kat Ötelemesi	42
6.	Süneklik	48
7.	Hasar Katsayısı	54
8.	Düzeltilmiş Hasar Katsayısı	60
9.	Düzeltilmiş Histerik Enerji-Toplam Enerji	61
10.	0.3g-Normal Dağılım	63
11.	0.6g Normal Dağılım	66

TABLÖLAR DİZİNİ



Tablo

Sayfa

1.	Deprem Özellikleri	18
2.	Düzeltilmiş Göreli Kat Ötelemesi Düzeltimiş Değerler	19



1. GİRİŞ

Tüm dünyada kabul edilmiş bir depreme dayanıklı yapı tasarımı felsefesi mevcuttur. Bu felsefeyi şunları önlemeyi önermektedir:

1. Sık sık tekrarlanan küçük şiddetli yer sarsıntılarında, yapısal olan ve olmayan elemanlarda hasar oluşumunu
2. Arasına meydana gelen orta şiddetteki yer sarsıntılarında, yapısal elemanlarda hasar oluşumunu, yapısal olmayan elemanlarda hafif hasar oluşumunu
3. Nadir olarak meydana gelen büyük yer sarsıntılarında göçmeyi ve ciddi hasarı

Bu genel felsefe, niteliksel olarak kapsamlı tasarım teorisine dayanmakla beraber, mevcut pratik uygulama amaçlarını realize etmemektedir. Bunun sebebi niceliksel olarak deprem yer hareketlerini veya önlenmesi gereken hasarın derecesini tarif edememesidir. Buna çare olarak Vision 2000 daha kapsamlı ve detaylı bir tanım olan performansa dayalı tasarımı benimsemiştir.

Birkaç on yıl öncesine kadar, deprem yönetmelikleri tasarım depremini deprem bölgesine, zemin büyütme katsayısı ve en büyük zemin ivmesine bağlı olarak tanımlıyordu. Yapılan çalışmalar bu parametrelerle hasar arasında doğrudan bir ilişki olmadığını ortaya koymuştur. Bunun yerine, Etkili En Büyük İvmeye (EEBİ) dayanan Yer Hareketi Spektrumlarını (YHS) ve Düzeltilmiş Elastik Tasarım Mukabele Spektrumlarını (DETMS) kullanan yöntemler tavsiye edilmiştir. Bu kavramsal olarak bir ilerleme olmamasına rağmen, EEBİ ve YHS'nin elde edilmesinde bazı belirsizlikler bulunmaktadır. Bununla beraber, enerji girişi kavramının, E_1 ve enerjiye dayalı parametrelerin kullanımı, doğru tasarım depremlerinin seçimi için ümit verici bir mühendislik parametreleri olarak görülmektedir. Geleneksel olarak, deplasman sünekliliği yapıların depreme dayanıklı tasarımında Elastik Olmayan Tasarım Mukabele Spektrumlarının (EOTMS) tespit edilmesi için bir kriter olarak kullanılmaktadır. Yapının gereken minimum mukavemeti (veya yatay yük kapasitesi) seçilen EOTMS'na göre belirlenmektedir.

Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı(DDYT) yukarıda da belirtildiği gibi; yapıların, düşük şiddetli depremlere hiç hasarsız (yapısal ve yapısal olmayan), orta şiddetli depremlere onarılabılır seviyede yapısal veya yapısal olmayan hasarlarla, yüksek şiddetli depremlere hem yapısal hem de yapısal olmayan elemanlarda tamamen veya kısmen göçmeden direnmesi için tasarlanması gerektiğini ifade eder. Yukarıdaki anlatılanlarda yapılması hedeflenen DDYT felsefesine rağmen, mevcut yönetmelikler açıkça sadece tek seviyeli tasarım felsefesini kullanmaktadır(Can güvenliğinin ve göçmeye karşı güvenlik.). (BERTERO, TERAN-GİLMORE, 1996; HAMBURGER, 1996). Deprem mühendisliği bilgileri depremin oluşumu, zemin hareketleri ve yapısal mukabele karakteristikleri hakkında bilgilerimizin artışı ile son yıllar içerisinde artmaktadır. Yukarıdaki amaçlara, yapıdaki hasarı kontrol altına almayı hedefleyen Performansa Dayalı Deprem Tasarımı (PDDT) kavramının kullanımı ile ulaşılması hedeflenmektedir(BERTERO, FEMA-273, VISION 2000 COMMITTEE, 1995).

Bu çalışmada deprem hareketlerine bağlı TSD'lerin doğrusal olmayan mukabelelerini incelemeyi amaçlamaktadır. Çalışmada mukabele parametreleri olarak, görelî kat ötelemesi, süneklilik, dayanıklılık indeksi seçilmiştir. Ayrıca yapısal özellikler ve TSD sistemlerin dayanıklılığı açısından enerji terimlerini belirlemek için basit bir ilişki önerilmiştir. (AKBAS, SHEN, CETİNER; 2002).

2. PERFORMANSA DAYALI TASARIMIN TANIMI

Performansa dayalı deprem tasarım uygun sistemlerin seçimlerinden, yapının ve onun yapısal olmayan elemanlarının detaylandırılmasından ibarettir. Yapıda belirli bir yer hareketi ve tanımlanan güvenilirlik seviyelerinde belirlenen limit durumların ötesinde hasar oluşmasını içerir.

Herhangi bir beklenen deprem seviyesinde, yapı bu etkiye özel hasar durumlarıyla yanıt verecektir. Bu hasar durumlarının, hasar almamaktan tümünden göçmeye kadar birçok sıralaması mevcuttur. Performansa dayalı tasarımın amaçları için dört ana limit hasar durumu (performans seviyeleri) tanımlanmıştır. Bu performans seviyelerinin kendileri depremsel işleminden bağımsız olup, spesifik zemin hareketleri kriterleri ile birleştğinde performans tasarım amacı haline gelir. Proje geniş bir deprem tasarım amaçları yelpazesinde tasarlanmalıdır. Bu sıralama, yapıların diğerlerine göre sık meydana gelen yer sarsıntılarında sarsıntılarında hasar almamasından, seyrek görülen aşırı sarsıntılarda göçmeyi önlemeye kadar uzanır. Vision 2000 Komitesi 4 performans seviyesi tanımlamıştır: Tamamen kullanılmaya hazır, kullanılabilir, yaşam emniyeti ve göçmeye yakın durum.

Bütün bu tanımlara dayanarak, depreme dayanıklı tasarımın elverişliliği dikkate alması, mukavemet limit durumlarını ve de kayıp masraflarını içermesi gerekmektedir. Ayrıca depremsel yer hareketlerinin seviyelerini belirtmekteki ve de gerçek mekanik davranışı tahmin etmekteki belirsizlikler, tasarımda olası bir yaklaşım kullanmayı gerektirmektedir. Buna bağlı olarak, bütün bu belirtilen tasarım teorilerinin içinde performansa dayalı tasarım için en ideal olanı kapsamlı tasarım teorisidir.

3. TASARIM PARAMETRESİ OLARAK ENERJİ

Bir yapının mukabele parametreleri, gerilme oranları, şekil değiştirme, yapısal ivmeler, süneklik talep oranları ve hasar indeksleri olabilir. Hasarı tanımlanan bir yolu enerji kavramını ve hasar indekslerini kullanmaktır. Enerji kavramının son yıllarda depreme karşı yapı tasarımında kullanılması büyük ilgi görmüştür, doğrusal olmayan şekil değiştirme hasar içerdiğine göre yapının doğrusal olmayan davranışını hasar tahmininde göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Bir yapının hasar tahmininde en gerçekçi ve güvenilir yol bina bir deprem hareketine maruz kaldığındaki enerji miktarını belirlemektir ki bu toplam enerji girişidir(E_1). Toplam enerjinin bir kısmı histeretik enerji (E_H), diye adlandırılan histeretik davranış içerisinde dağılmıştır. Çünkü yapılardaki hasar yapının dağıttığı histeretik enerji ile ilişkilidir, bu özellikle hasarın belirli limitleri aşmayacağı beklendiği zaman bir tasarım parametresi olarak kullanılabilir. (BERTERO, TERAN-GILMORE, 1994)

Enerjiye dayalı depreme dayanıklı yapı tasarımı ilk kez Hausner tarafından tanıtılmıştır(HOUSNER, 1956). Ondan sonra enerji kavramı üzerine gelişmeler esasen TSD sistemlerde devam etmiştir(AKIYAMA, 1985; FAJFAR P AND VIDIC, 1989; KUVAMURA AND GALAMBOS, 1989; UANG AND BERTERO, 1990). Genel olarak toplam enerji girişi, genellikle zemin hareketlerinin özelliğine bağlıdır ve yapısal özelliklerden (özellikle orta ve uzun periyotlarda) bağımsızdır(AKIYAMA, 1985; FAJFAR AND VIDIC, 1989). Manfredi'nin(MANFREDI, 2001). Eşit sayıda çevrim ve deprem hareketi özellikleri arasındaki ilişkiye dayalı olarak toplam enerji ve histeretik enerjiyi değerlendirecek bir yöntem olarak önermiştir(RIDELL AND GARCIA, 2001). TSD sistemlerin elastoplastik, doğrusal olmayan ve süneklik katsayısını azaltıcı sistemlerde histeretik enerji spektrumları türetmek için bir yöntem geliştirmişlerdir(CRUZ AND LOPEZ, 2000). Histeretik enerjiyi yapısal özelliklerin ve zemin hareket karakteristiğinin fonksiyonu olarak incelemişlerdir. Chou ve Uang'ın (CHOU AND UANG, 2000) yaptıkları diğer bir çalışma Kuzey-Batı Amerika depremleri için azalım, ilişkileri kullanarak, bir doğrusal olmayan TSD'da sistem için enerji talebinin daha yüksek olduğu sonucuna varılmıştır.

Çalışmalar toplamı enerji ve zemin hareketlerinin karakteristiği arasındaki ilişkiler üzerinde önemli bilgiler sağlamakla birlikte, bir takım sebeplerden dolayı deprem mühendisliğinde pratikte uygulanması kısıtlıdır. İlk olarak enerji konusu, doğrusal olmayan bir özelliğe sahiptir. Gerçek bir yapı (genellikle çok dereceli serbest (ÇSD) ve idealleştirilmiş TSD sistemler doğrusal olmayan mukabelede önemli ölçüde farklılıklar gösterir. Eşdeğer TSD sistemler alçak binalardaki anlık direnme çerçevesinde enerji girdisini tahmin için kullanılabilir ancak; bunlar yüksek frekanslı deprem hareketleri için önemli hale gelebilir, daha yüksek modlar yüzünden yüksek binalarda enerji girdisini vermede hatalı olabilirler (BERTERO, TERAN-GILMORE, 1994). İkincisi yapısal elemanların plastik deformasyonları ile doğrudan ilgili ve yapısal unsurlardaki hasarda sorumluluğu olan histeretik enerjidir (E_H). Histeretik enerji E_H , ve onun dağılımı zemin hareketlerine olduğunu kadar yapısal sistemlere de bağlıdır. Shen ve AKBAS doğrusal olmayan zaman geçmiş analizi ile gerçekçi ÇSD sistemlerde tepkiyi araştırmışlardır (SHEN AND AKBAS, 1999). Çalışma, histeretik enerji girişinin TSD ve çelik moment çerçevelerinde dağılımını sunmakta ve TSD ile ÇSD sistemleri arasındaki enerji mukabelesinde önemli farklılıkları ortaya koymaktadır. Fakat, Shen ve Akbaş düzenli çelik çerçevelerde çalışmışlar ve çeşitli tasarım değişimlerini göz önünde bulundurmamışlardır. Bir başka çalışmada (AKBAS, SHEN AND HAO, 2001) histeretik enerji üzerine sismik bir tasarım yöntemi önerilmiştir. Bu çalışmada enerjiye dayalı tasarımın tasarım yöntemi önerilmiştir. Choi ve Shen (CHOI AND SHEN, 2001) de enerji yaklaşımını kullanarak, çelik moment çerçeveleri için performans seviyesi eşiği geliştirmişlerdir.

E_H/E_I oranı aynı zamanda hasar seviyesini tanımlamak içinde kullanılır. Bu oran, genelde, her yapıda kaçınılmaz olan sönüm yüzünden 0.0-0.9 (1.0) arasındadır. E_H/E_I oranı için önerilen birkaç basit ilişki vardır. Akiyama (AKIYAMA, 1985) aşağıdakini ileri sürmüştür.

$$\left(\frac{E_H}{E_I} \right) = \frac{1}{(1 + 3\xi + 1,2\sqrt{\xi})^2} \quad (1)$$

Yukarıdaki formül sönüm oranını E_H/E_I oranının asıl etkili faktörü olarak göz önüne alır ve yapının dayanıklılığını dikkate almaz. Fajfar ve diğerlerince pratik sebeplerden aşağıdaki değerler E_H/E_I için yüksek sınırlar olarak önerilmiştir (FAJFAR, VIDIC AND FISCHINGER, 1992)

$$\left(\frac{E_H}{E_I} \right) = 0,8 (\xi = 5\%) \quad (2a)$$

$$\left(\frac{E_H}{E_I} \right) = 0,9 (\xi = 2\%) \quad (2b)$$

Yukarıdaki E_H/E_I oranının herhangi bir periyot aralığında aynı olduğu ve hiçbir zaman ne zemin hareketini ne de yapısal özellikleri dikkate almadığı görülmektedir.

4. ANALİTİK ÇALIŞMA

4.1 TSD'de Bir Sistemin Enerji Mukabelesi

TSD bir sistemin yer hareketi sonucu oluşan enerji mukabelesi hareketin denkleminden çıkarılabilir ve şöyle ifade edilir (SHEN, HAO AND AKBAS; 2000)

$$E_K(t) + E_D(t) + E_e(t) + E_H(t) = E_I(t) \quad (3)$$

(3). denkleminin sol tarafındaki 4 terim yapının enerji mukabelesi olarak düşünülebilir ki bu temel tasarım denkleminin kapasite tarafı olarak görülebilir. $E_K(t)$ kütlelerin t zamanındaki relatif hızıyla orantılıdır ve kinetik enerji olarak adlandırılır. Kinetik enerji sadece t zamanında yapının ani tepkisi ile ilgilidir. $E_D(t)$, sönüm enerjisi kümülatif bir değerdir hatta titreşim sürecince yükselir. $E_e(t)$ elastik birim şekil değiştirme enerjisi, t anındaki geçerli elastik şekil değiştirme seviyesine bağlıdır. $E_H(t)$ histeretik enerji, tüm titreşim süresince olan plastik deformasyon üzerinde toplam bir niceliktir ve eğer yapı elastik kalırsa 0 dır.

$E_I(t)$, şekil değiştirmiş yapının toplam enerji girdisidir. Yapısal şekil değiştirme üzerinde etkili deprem kuvvetiyle yapılan iş olarak tanımlanır. Ani kinetik enerji ve elastik birim şekil değiştirme enerjisi herhangi bir zamanda sarsıntı süresindeki enerji girişinin küçük bir parçasıdır ve titreşimin geçmesinden sonra gözden kaybolmaktadır. Toplam sönüm enerjisi ve histeretik enerji bu yüzden enerji girişinin tüketilmesinde en önemli iki parametredir.

E_H , yapısal elemanın doğrusal olmayan şekil değiştirmesini ve yapısal birleşimlerin şekil değiştirme kapasitesiyle doğrudan ilişkilidir. Elastik birim deformasyon enerjisi, E_e , E_H ile karşılaştırıldığında E_e kalmaktadır. Bu yüzden E_K ve E_e doğrusal olmayan bir mukabelede önemsizdirler ve denklem de (3) pratik olarak şu şekilde yazılabilir.

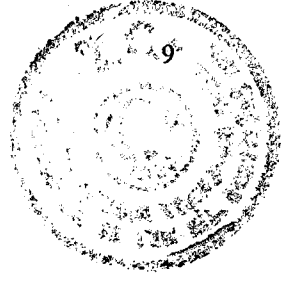
$$E_D(t) + E_H(t) = E_I(t) \quad (4)$$

5. DOĞRUSAL OLMAYAN DİNAMİK ZAMAN GEÇMİŞİ ANALİZİ

Denklem (4)'deki enerji terimlerini belirlemek için TSD sistemlerde doğrusal olmayan dinamik zaman geçmişi analizi DRAIN-2DX adlı genel amaçlı bir doğrusal olmayan dinamik zaman geçmişi analiz programı kullanılmıştır. (21) Pekleşme oranı sıfır olarak kabul edilmektedir. Düzenli bir çevrimsel şekil değiştirme kabul edilmiş ve P- Δ etkisi gözönüne alınmamıştır. Sönüm oranı %2 olarak alınmıştır. Bu çalışmada rijitlik orantılı sönüm kullanılmıştır. Mukabele parametreleri histeretik enerji, enerji girişi, süneklilik oranı, görelî kat ötelemesi oranı ve dayanıklılık indeksi (η) olarak seçilmiştir.

Analizlerde dayanıklılık indisleri (η), 0.1 den 0.5'e kadar seçilmiştir. Periyot değerleri $T= 0.1$ sn.den 3.0 sn'ye kadar 0.1 sn artışla incelenmiştir. Dayanıklılık indeksi (η) yapının akma mukavemetinin yapının sismik ağırlığına (W) oranı olarak tanımlanır. Bu çalışmada enerji mukabele parametreleri ve yapısal tepki arasında ilişki kurulabilmesi amacıyla, 30 değişik deprem kaydı kullanılmıştır. Depremlerin Normalleştirilmiş mukabele spektrumunu ve zaman geçmişleri Şekil 1' de verilmiştir. Seçilmiş depremler farklı zemin tiplerinde kaydedilmiştir ve farklı en büyük yer ivmeleri, frekans içerikleri, kuvvetli yer hareketi süresi, odak mesafesi ve büyüklükleri vardır. (Tablo 1) Seçilmiş depremlerin en büyük yer ivmeleri (a) orta ve şiddetli yoğunluklu depremleri temsil etmesi için 0,3g ve 0,6g'ye ölçeklendirilmiştir.

6. HASAR İNDEKSİ AÇISINDAN ENERJİ MUKABELESİ VE E_H/E_I ORANI



Enerji parametrelerinin bir depremin hasar potansiyelini tanımlamada en güvenilir yolu olduğunu iddia edilmiştir. (Bertero ve Gilmore, 1994) Literatürde bir çok enerjiye dayalı hasar modelleri önerilmiştir. Ancak bu önerilen modellerin hiçbirisi dünyada kabul görmemiştir. (FAJFAR, VIDIC AND FISCHINGER; 1992, PARK ADN ANG; 1985, POWELL AND ALLAHABADI; 1988)

Yeni bir hasar indeksi şöyle tanımlanabilir:

$$DI = (E_H/E_I) / (DR/\mu) \quad (5)$$

E_H histeretik enerji, E_I enerji girişi, görelî kat öteleme oranı DR ve süneklilik talebidir. (DR/μ) , akma yer değıştirmesi yüksekliğe (h) bölerek bulunabilir. Bu yüzden denklem (5) şöyle yeniden yazılabilir:

$$DI = (E_H/E_I) / (u_y/h) \quad (6)$$

Denklem (6) toplam enerji girişinin E_I , E_H ' ye oranını (E_I 'nin hasar veren kısmı) ve akma yer değıştirmesinin yüksekliğe veya TSD sistemlerini eşdeğer yüksekliğine (h) oranını dikkate alır. Verilen bir yapı için (u_y, h) daha yüksek DI değeri daha fazla hasar (daha düşük dayanıklılık) anlamına gelirken daha az bir DI değeri için daha az hasar anlamına gelir.

Farklı dayanıklılık indeksleri için DI grafikleri çizilebilir. O zaman, verilen veya belirtilen (E_H/E_I) nin istenilen performans seviyesine ve eşdeğer yüksekliğe (h), hedef u_y 'ye bağımlı oranı DI kullanılarak kolayca bulunabilir. u_y verildiğinde, eğer yapı hedef görelî kat ötelemesi oranını ve düktilite talebi limitini karşılıyorsa kolaylıkla istenilen performans seviyeleri sağlanabilir ve kontrol edilebilir. E_H/E_I oranı hasar indeksi terimleriyle şöyle ifade edilebilir:

$$\left(\frac{E_H}{E_I} \right) = DI \left\{ \frac{(T/2\pi)^2 g \eta}{h} \right\} \quad (7)$$

T yapının periyodunu, g yerçekimine bağlı ivmesi, DI hasar indeksidir. Denklem (7) E_H/E_I oranını DI cinsinden ifade etmektedir. Eğer DI verilmiş bir periyot (T) için tahmin edilebilirse E_H/E_I oranı bir hedef dayanıklılık indeksi için ve sistemin verilen bir performans seviyesine göre eşit yüksekliği için kolaylıkla bulunabilir.

Seçilmiş tüm depremler için sonuçlar sadece orta ve şiddetli depremlere karşılık gelen $a=0.3g$ ve $a=0.6g$ için sunulmuştur. Aşağıdaki mukabele sünellik ölçüleri kullanılmıştır: enerji girişi, histeretik enerji / enerji girişi, görelî kat ötelemesi oranı, sünellik talebi, farklı dayanıklılık indeksleri ile ilgili periyoda karşı hasar indeksi.

Şekil 2’de birim kütle başına enerji (E_I/m) girişinin $a=0,3g$ ve $a=0,6g$ için T’ye göre değişimini göstermektedir. $a=0,6g$ için (şiddetli deprem), η yükselirken E_I/m kısa periyotlar için ($T > 0,30$ sn) azalmaktadır. Yapılar bu periyot aralığında çok rijittirler ve η yükseldikçe yapılar rijit cisim hareketi yaparlar ve akma dayanımları neredeyse sıfır enerjiye zorlukla ulaşırlar. Bununla birlikte E_I/m , η ’e orta ve uzun periyot aralıklarına ($0.3sn < T < 2.0sn$) seçilmiş depremlerin hakim periyotları bu arada düşmekte olduğu gerçeğine dayanarak, çok duyarlıdır. Bu duyarlılık ve E_I/m yumuşak zeminde kaydedilmiş depremler için daha yüksektir ve göreceli olarak uzun güçlü hareket sürelerine sahiptir. (Şekil 2). Şekil 2 aynı zamanda seçilmiş depremlerin diğer hakim frekanslarının bu periyot aralığındaki hakim frekanslardan daha yüksek olduğunu göstermektedir. (Şekil 1) Çünkü E_I/m büyük periyotlu yapılar ($t < 2.0$ sn) için daha yüksek η için biraz daha fazla büyük bir değerdir. E_I/m sürekli ve büyük periyot aralığında ($T > 2$) yapısal özelliklerden etkilenmemektedir. Bununla birlikte E_I/m istikrarlı görünmekte ve $\eta = 0,1$ için her periyot aralığında sürekli kabul edilebilir.

$a=0.3g$ için (orta seviyeli bir deprem ivme seviyesi), E_I/m yumuşak toprakta kaydedilen depremler için daha kritiktir. (Şekil 2b,c,d).

7. HİSTERETİK ENERJİ

Şekil 3'te değişik periyotlu yapıların kütle başına histeretik enerji değişimlerinin $a=0.3g$ ve $0.6g$ için görülmektedir. $a=0.6 g$ için E_H/m düşük periyotta ($T < 0.3 sn$) η dayanım yükseldikçe azalır. Yapılar en çok bu periyot aralığında rijittirler ve η yükseldikçe yapı nadiren akma dayanımına ulaşır. Yani neredeyse sıfır histeretik enerjiyi talebi vardır. E_H/m ; η 'ye, seçilmiş deprem baskın periyotlarının bu aralığa düşmeleri ve rezonans oluşmasına gerçeğine bağlı olarak orta ve büyük periyot aralığında ($0.3 sn < T < 2.0 sn$) en kritik seviyeye ulaşır. Kritik periyot aralığı için, E_H/m yumuşak toprakta kaydedilen depremler için daha yüksektir çünkü deprem etki süresi uzundur. E_I/m değerlerinden anlaşıldığı gibi (Şekil 3) seçilmiş depremlerin baskın frekanslarının bu periyot aralığındaki baskın frekanslardan daha yüksek olduğunu görülmektedir. Çünkü E_H/m değeri yüksek periyotlu yapıları ($T < 2.0 sn$) (E_I/m de olduğu gibi) için dayanım yükseldikçe artmaktadır. Yüksek periyotlu yapıları için ($T > 2.0 sn$) E_H/m değeri, η yükseldikçe 0 değerine yaklaşmaktadır.

$a = 0.3g$ için yumuşak zeminlerde kaydedilen depremlerde E_I/m için daha yüksek değerler bulunmaktadır (Şekil 3). Aynı zamanda orta ve yüksek periyotlu yapılarda η yükseldikçe histeretik enerjinin azaldığı görülmekte ve $1.2 sn < T < 2.0 sn$ aralığında bir geçiş periyodu (T_{tr}) olduğu varsayılabilir.

Şekil 4'te histeretik enerji (E_H)/ enerji girdisi (E_I) oranının $a=0.3g$ ve $0.6g$ için T 'ye karşı değişimi görülmektedir. $a=0.6g$ için çizilen grafikte, E_H/E_I oranı $\eta=0.1$ için sabit görünmektedir ve yüksek periyotta, η yükselirken önemli şekilde düşer. Düşük periyotlu yapılarda ($T > 0.5$), E_H/E_I , η yükseldikçe yükselir. Bu sonuç E_I/m ve E_H/m değişimlerinden elde edilebilir ki düşük periyotlu yapılarda daha yüksek dayanıklılık için histeretik enerji talebi daha yüksektir. E_H/E_I oranındaki azalış harmonik hareket gibidir.

$a=0.3g$ için her periyot için η arttıkça E_H/E_I oranı azalır. Şekil 4'te aynı zamanda orta periyotlu yapılar için ($0.5 sn < T < 1.0 sn$) E_H/E_I oranının önemli miktarda azaldığı görülmektedir.

8. GÖRELİ KAT ÖTELEMESİ (DR)

Şekil 5'te görelî katötelemesinin T 'ye karşı $a=0.3$ g ve 0.6 g değerleri için değişim oranı görülmektedir. DR'nin düşük, orta ve yüksek periyotlu yapılarda ($T < 2$ sec) η 'in $a=0.6$ değeri için artmasıyla azalması beklense bile, bu η 'deki artış Miyagi-NS ve Olimpia- N04W depremleri için geçerli değildir. DR'nin η arttıkça artması $a=0.3$ g için yaklaşık $T=1.0$ sn olmasıyla başladığı görülmektedir.

9. SÜNEKLİK TALEBİ

Şekil 6 süneklilik talebinin $\mu=1$ in $a=0,3g$ ve $0,6g$ için T 'ye karşı değişimi görülmektedir. Beklendiği gibi μ düşük dayanımlı yapılar için; yapıların bu periyot için çok katı olmaları ve çok az esnek yerdeğiştirmesine sahip olmaları gerçeğine bağlı olarak düşük periyotlar için ($T<0.5$ sn)daha yüksektir. Süneklilik $\mu=1$ çizgisi aynı zamanda grafiklere eklendiği taktirde değişim noktası kolaylıkla görülebilmeye. Düşük, orta ve yüksek periyotlu yapılar için çizilen μ 'nün, η 'nin değişimi ile değiştiği görülmektedir. η yükseldikçe, μ çok yüksek periyotlu yapılar için ($T>2,0$) sabit bir değer olma eğilimine girer ve $\mu=1$ çizgisinin altına düşer. Bu sonuca yani çok yüksek periyotlu yapılarda sünme olmadığına daha öncede ulaşılmıştır.



10. HASAR İNDEKSİ (DI)

ŞEKİL 7’de hasar indeksinin DI’nın (BETERO, TERAN-GILMORE; 1994)denklemdaki verildiği gibi $a=0.3g$ ve $0.6g$ için T ’ye karşı değişimi görülmektedir. Şekil’de de görüleceği gibi, DI için çizilen grafikteki eğrinin yapının özelliklerine (u_y ve h) bağlı ise de zemin hareket özelliklerinden bağımsızdır. Daha önce söylendiği gibi, E_H/E_1 oranı; pratik olarak verilen her periyotta, dayanıklılık indeksinde ve a ’da aynıdır. Ancak DI önemli şekilde dayanma indeksine bağlıdır.

DI’yı modellemek için şekil 7’deki seçilmiş depremlerin ortalama değerleri, şekil 8a ve 8b de görüldüğü gibi hesaplandı. Sonra, üçüncü bir yöntem doğrusal olmayan eğri düşüş katsayısı her dayanıklılık indisinin her eğrisine uyduruldu. $a=0,3g$ ve $0,6g$ için Uygun eğriler DI şekil 8c ve 8d’de verilmiştir ve her eğrinin denklemi tablo 2 de verilmiştir.

11. E_H/E_I ORANI İÇİN ÖNERİLEN MODEL

E_H/E_I oranı, her farklı dayanma indisi ve periyodu için denklem (HOUSNER, 1956) ve tablo 2'den uygun DI değerleri kullanılarak elde edilmiştir. Ayrıca $a=0.3g$ ve $0.6g$ için bu modeller şekil 9'da çizilmiştir. Şekil 9'da görüleceği gibi, E_H/E_I oranı için önerilen model şekil 4'teki E_H/E_I eğrilerine çok benzemektedir. Yüksek ivme seviyelerine sahip ($a=0.6$) için, model E_H/E_I oranı için çok düşük periyotlu yapılarda iyi bir uygunluk veriyor. Orta ve uzun periyot aralığında grafik, η yükselirken E_H/E_I oranı için daha düşük değerler veriyor (şekil 9b). Orta ivme seviyesine sahip depremlerle ilgili ($a=0.3$) için, kısa periyot dağılımında η yükselirken E_H/E_I oranı azalıyor (şekil 9a).

Önerilen model yapıların can güvenliği ve göçme gibi performans seviye eşiklerini bulmakta kullanılabilir. Verilen bir periyot, dayanma indeksi ve belirli bir a ile ilişkili performans seviyesi için, kolaylıkla gerekli E_H/E_I oranını ve performans seviyeleri bulabilir.

12. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Bu çalışma Performansa Dayalı Yapı Tasarımında kullanılacak enerji bağlı parametrelere dayalı yapısal talepleri değerlendirmeyi amaçlamıştır. Verilmiş bir periyot, dayanma indeksi ve belirlenmiş performans seviyesi için E_H/E_I oranı bir TSDS için kolaylıkla elde edilebilir. Bu çalışmadan elde edilen ana sonuç aşağıda özetlenmiştir.

E_I/m sabit bir değer değildir ve dayanma oranına ve zemin hareketi özelliklerine bağlıdır. Denklem (5) teki DI yapısal özelliklerle (u_y ve h) ve E_H ve E_I arasında ki zemin hareket özellikleri arasındaki değişimi göstermektedir. Şekil 9'daki E_H/E_I oranı için önerilen model, Şekil 4'teki E_H/E_I oranı için benzerlik gösteriyor. E_H/E_I oranı zemin hareket özelliklerinden bağımsızdır(depremin ivmesi, süresi, frekansı gibi) fakat dayanıklılık parametrelerine önemli ölçüde bağımlıdır. Daha yüksek bir E_H/E_I oran değeri için daha fazla hasar görülürken, daha düşük bir E_H/E_I oranı için daha az hasar görülür. Enerji girişi ve histeretik enerji harmonik dağılım gösterirler. η yükselirken enerji girişi ve histeretik enerjinin azalmaya başlaması sırasında bir geçiş periyodu vardır(T_{tr}). Çok düşük periyotlu yapılar rijit davranır ve enerji girişi ile histeretik enerji oranı η yükselirken azalmaktadır. η artarken, yüksek periyotlu yapılar elastik davranış gösterdiğinden histeretik enerji talebi çok azdır. Belirlenmiş bir performans seviyesi için hasar kontrolü, performans tabanlı deprem direnme dizaynının en önemli özelliğidir. Değişik fonksiyonlar için, farklı hasar seviyeleri içim çizilebilir. Yapının belirlenmiş performans fonksiyonuna göre, birkaç değişik E_H/E_I seçilebilir ve hedeflenen akma, yerdeğişimi önerilen E_H/E_I oranı modelinden kolayca bulunabilir(Şekil 9). Performans parametrelerinin çoğu, yapılar için TSD sistemleri gibi model olmak için TSD sistemleri üzerine yapılan çalışmalara dayanır. Şekil 9'da aynı zamanda TSD sistemi için çizilmiştir. Aslında çoğu yapı ÇDS'ye sahiptir ve onların davranışı TSD'den daha karmaşıktır. Şekil9'un ÇSD sistemlerinde kullanımı ve limitleri araştırılacaktır.

E_H için bulunan ortalama ve standart sapma değerleriyle 0.3g için oluşturulan grafikte T periyot büyüdükçe $E_{H/m}$ değerinin küçük periyot değerleri için arttığı görülüyor. Bununla beraber (Şekil10a, 10b, 10c) dayanım arttıkça düşük periyotlu

yapılar için enerji girişi fazla ve standart sapmaları fazla olduğu için grafiğin pik noktasının E_H değeri için periyodu yüksek olanlara göre daha sonra oluştuğu görülmektedir. Buna bağlı olarak benzer durumlara $E_{l/m}$ (Şekil 10d, 10e, 10f) grafiğerli içinde olduğu görölüyor. Yine hasar katsayısı(DI) düşük periyot için Normal dağılım grafiğı (Şekil 10g, 10ı, 10i) düşük periyot için yüksek çıkıyor. Ayrıca E_H/E_I için olan Normal Dağılım dayanım katsayısının artmasıyla ortalaması ve standart sapması büyüyor. Yani Histeretik Enerji miktarı büyüyor. μ 'de 0.3g için dayanım 0.1 iken çok düşük seviyelerde olan ihtiyaç, dayanım arttıkça çok büyük değerlere varıyor. Aynı durum μ içinde geçerlidir(Şekil 10m, 10n, 10o). Düşük periyotlu yapılarda bu durum açıkça görülebiliyor. Göreli Kat Ötelemesi için çizilen Normal dağılım grafiklerinde ise durum diğer grafiklerden farklı değildir(Şekil 10ö, 10p, 10r).

Yukarıda açıklanan grafikler 0.3g içinken, 0.6g için çizilen grafikler daha fazla enerji talebi içerdigi için daha büyük pik noktalar yapmaktadır(Şekil 11a, 11b, 11c, 11d, 11e, 11f, 11g, 11ı, 11i, 11j, 11k, 11l). Fakat aynı durum μ ve DR ler için tam tersidir. Yani dayanım ve periyot arttıkça standart sapma ve ortalama azalmaktadır(Şekil 11m, 11n, 11o, 11ö, 11p, 11r).

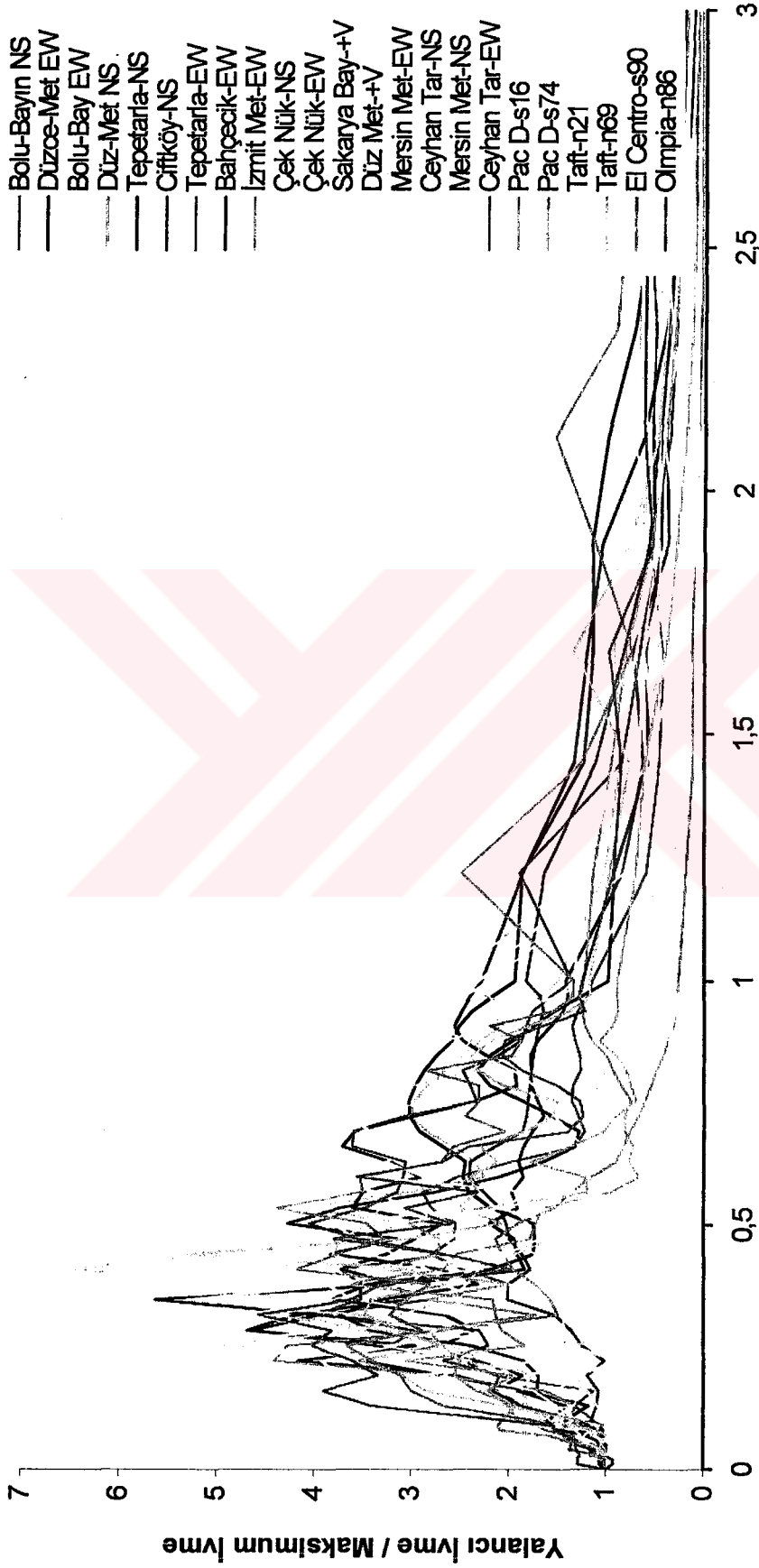
rem No.	Deprem İsmi	Doğrultu	M _L	Odak Derinliği (km)	İstasyonun Merkez Üstüne Uzaklığı (km)	ü _{g0} (g)	T _g (sec)	t ₀ (sec)	Zemin Yapısı	18
1	Bolu-Bay Nov 12, 1999	+L-N	7.2	14	34.4	0.8058	5.98	8.56	Kum ve çakıl	
2	Düz-Met Nov 12, 1999	+L-E	7.2	14	10.0	0.5137	3.42	10.90	70 m Kum, çakıl, and balçık	
3	Bolu-Bay Nov 12, 1999	+T-E	7.2	14	34.4	0.8058	5.82	8.98	Kum ve çakıl	
4	Düz-Met Nov 12, 1999	+T-N	7.2	14	10.0	0.4076	4.78	8.94	Kum ve çakıl	
5	Tepetarla Sept. 13, 1999	+L-N	5.7	N/A	8.0	0.3420	3.42	11.96	N/A	
6	Çiftköy Sept. 13, 1999	NS	5.7	N/A	13.0	0.3812	6.92	8.00	N/A	
7	Tepetarla Sept. 13, 1999	+T-E	5.7	N/A	8.0	0.6120	2.96	11.98	N/A	
8	Bahçecik Sept. 13, 1999	EW	5.7	N/A	13.0	0.3003	7.28	5.4	N/A	
9	İzmit Sept. 13, 1999	+T-E	5.7	N/A	6.0	0.3183	3.84	1.00	Kum, çakıl, balçık	
10	Çek-Nük Aug 17, 1999	+L-N	6.7	18	106.0	0.1180	1.08	9.72	Alüvyon	
11	Çek-Nük Aug 17, 1999	+T-W	6.7	18	106.0	0.0896	1.94	8.24	Alüvyon	
12	Sakarya-Bay Aug 17, 1999	+V-UP	6.7	18	19.0	0.2560	5.1	12.08	Derin alüvyon tabakalı	
13	Düz-Met Aug 17, 1999	+V-UP	6.7	18	68.0	0.4799	5.98	11.36	70 m Kum, çakıl, ve balçık	
14	Mersin-Met Jun 27, 1998	+L-E	5.9	23	77.0	0.1321	3.90	10.48	Kireçtaşı tabakalı	
15	Ceyhan-Tar Jun 27, 1998	+L-S	5.9	23	28.0	0.2232	8.18	12.98	4.5m nehir birikiti	
16	Mersin-Met Jun 27, 1998	+T-N	5.9	23	77.0	0.1192	3.96	11.82	Slope deposits and limestones	
17	Ceyhan-Tar Jun 27, 1998	+T-E	5.9	23	28.0	0.2735	8.7	13.36	4.5m river deposit	
18	El Centro May 18, 1940	S90W	7.0	16	12.0	0.2142	0.97	24.46	30 m sert kil, volkanik kaya	
19	Taft Jul 21, 1952	N21E	7.4	N/A	42.0	0.1556	9.12	19.60	Kaya	
20	Taft Jul 21, 1952	S69E	7.4	N/A	42.0	0.1793	3.72	15.60	Kaya	
21	Olympia April 13, 1949	N86E	7.1	N/A	39	0.2790	1.18	21.64	N/A	
22	Pacoima Dam Feb 9, 1971	S16E	6.6	8	13	1.1702	7.76	33.9	N/A	
23	Pacoima Dam Feb 9, 1971	S74W	6.6	8	13	1.075	8.52	33.6	N/A	
24	El Centro May 18, 1940	S00E	7.0	16	12.0	0.3489	0.97	24.46	30 m sert kil, volkanik kaya	
25	Miyagi June 12, 1978	EW	7.4	30	100	0.2073	1.12	24.78	Alüvyon	
26	Miyagi June 12, 1978	NS	7.4	30	100	0.2636	0.95	17.75	Alüvyon	
27	Northridge Jan. 17, 1994	NEW-360	6.4	19	19.2	0.5963	0.68	5.50	Yer Yüzünü 6m aşağısı Organik kaya	
28	Olympia April 13, 1949	N04W	7.1	N/A	39	0.1661	1.18	21.64	N/A	
29	Parkfield June 27, 1966	N65E	6.1	N/A	7	0.4911	0.68	6.44	Kaya	
30	İzmit August 17, 1999	NS	7.2	18	10	0.17	1.00	34.08	Kum, çakıl and balçık	

Tablo1

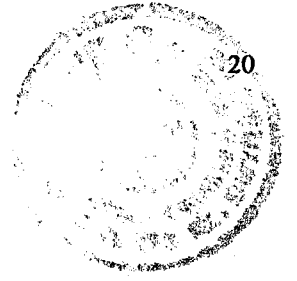
Düzeltilmiş DI grafiğinin fonksiyon denklemleri

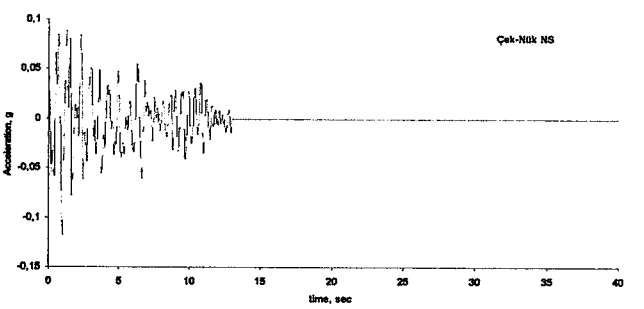
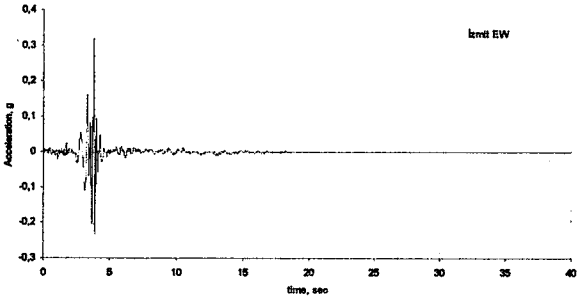
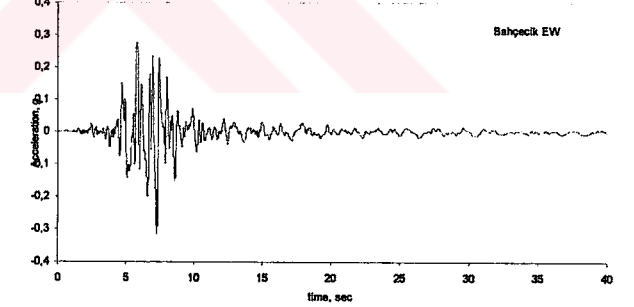
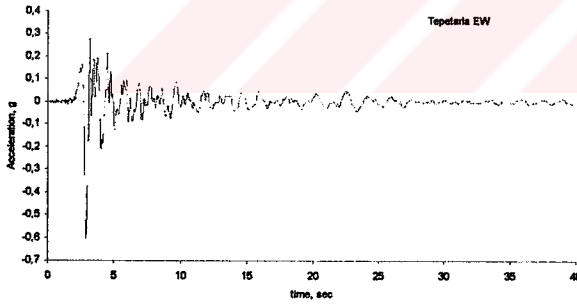
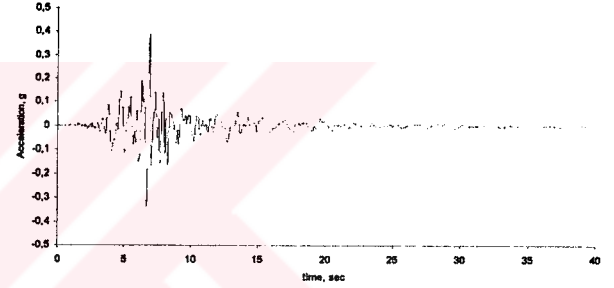
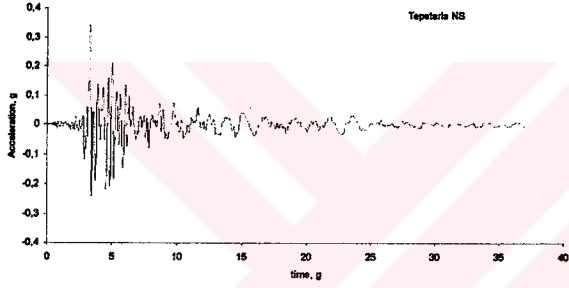
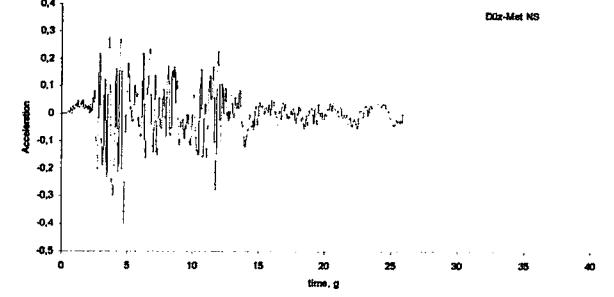
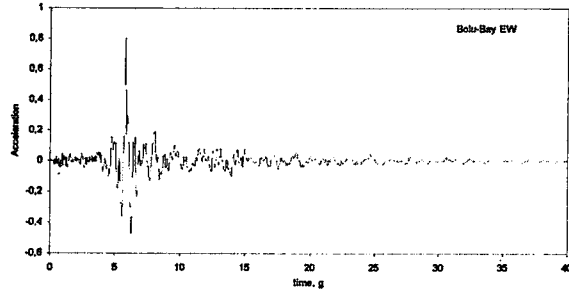
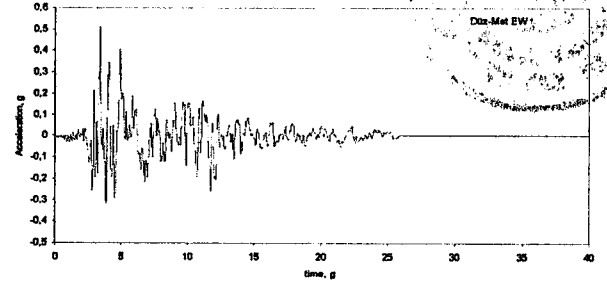
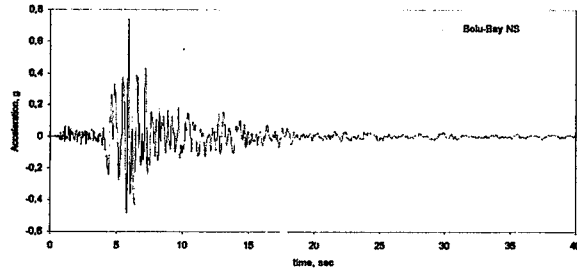
Dayanım Katsayısı (η)	$a=0,3g$		$0,6g$	
	Eşitlik	Korelasyon Katsayısı (R^2)	Eşitlik	Korelasyon Katsayısı (R^2)
0.1	$4577,31e^{(-T/0,15822)} +$ $38274,18e^{(-T/0,04826)} +$ $413,32e^{(-T/0,64586)}$	1	$737,438e^{(-T/0,47101)} +$ $63936,45e^{(-T/0,0407)} +$ $7908,1e^{(-T/0,12374)}$	1
0.3	$22226,9e^{(-T/0,03909)} +$ $3315,779e^{(-T/0,0016)} +$ $364,76e^{(-T/0,0,37352)}$	1	$119022,7e^{(-T/0,02054)} +$ $3557,72e^{(-T/0,08512)} +$ $533,67e^{(-T/0,27468)}$	1
0.5	$1913,99e^{(-T/0,0962)} +$ $24429,74e^{(-T/0,03072)} +$ $282,96e^{(-T/0,30424)}$	1	$290,338e^{(-T/0,21177)} +$ $540,57e^{(-T/0,08506)} +$ $-2412,67e^{(-T/0,03439)}$	1

Tablo 2

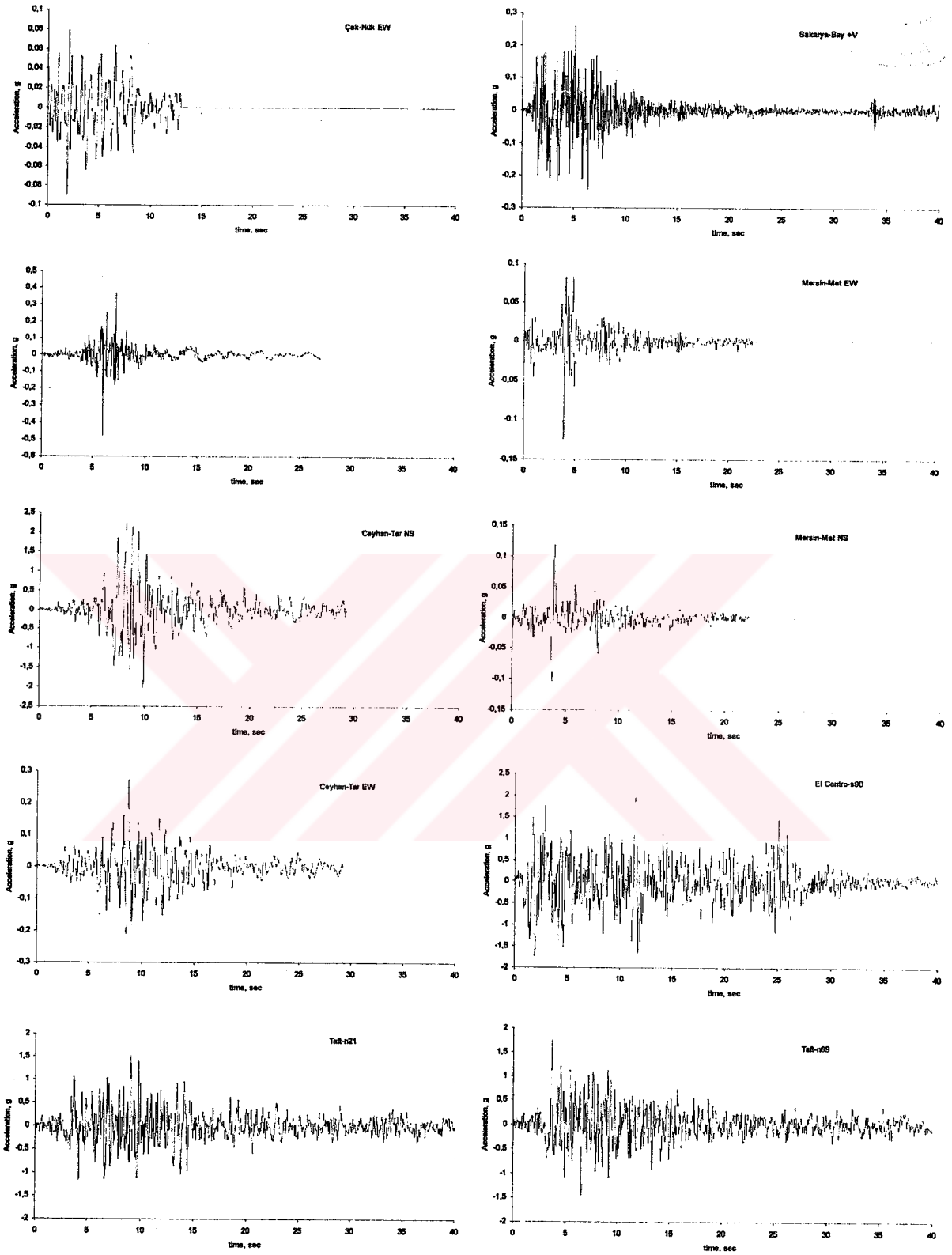


Şekil 1

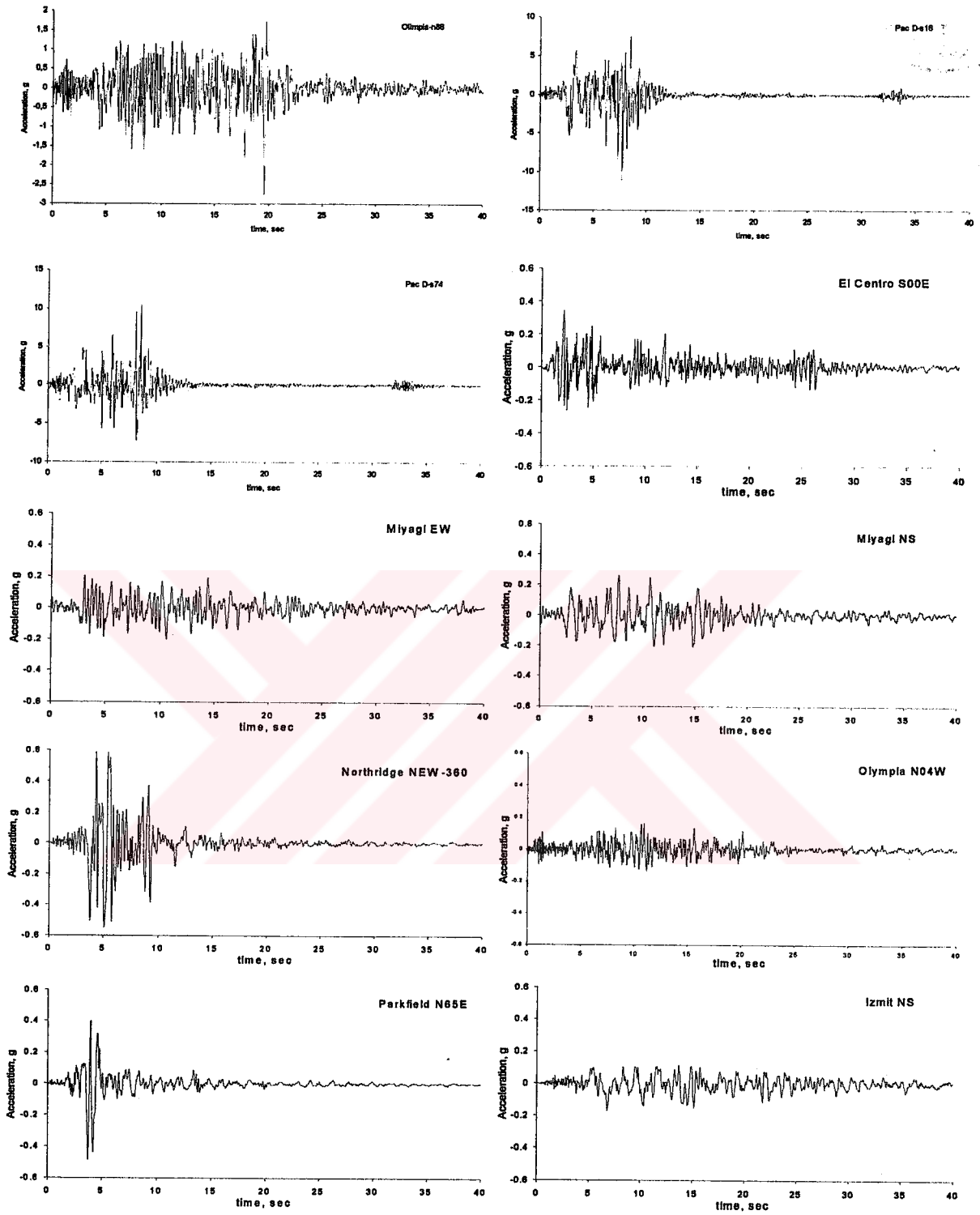




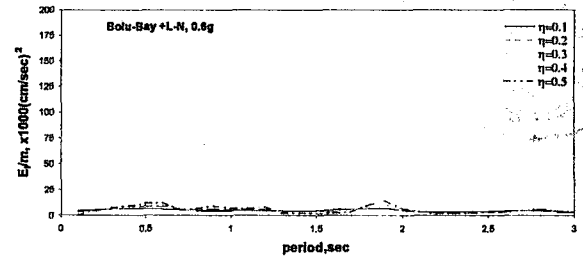
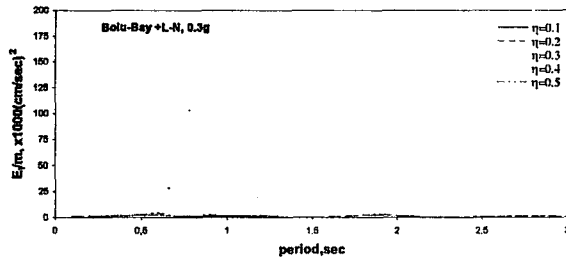
Şekil1-Devamı



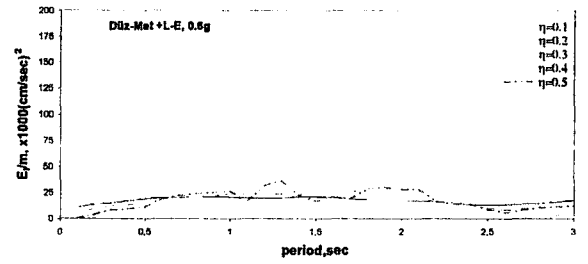
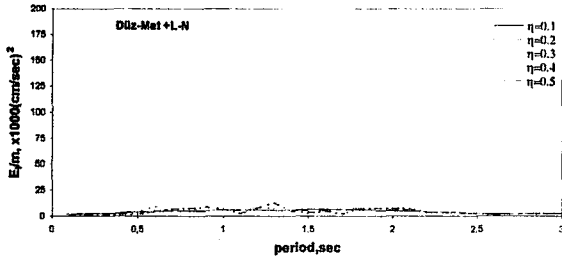
Şekil1-Devamı



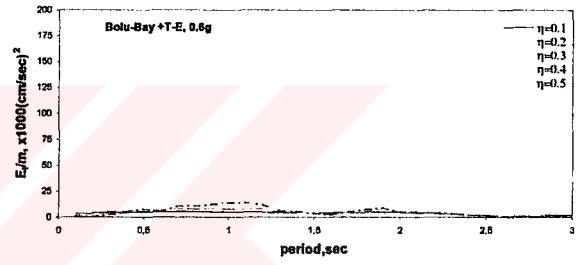
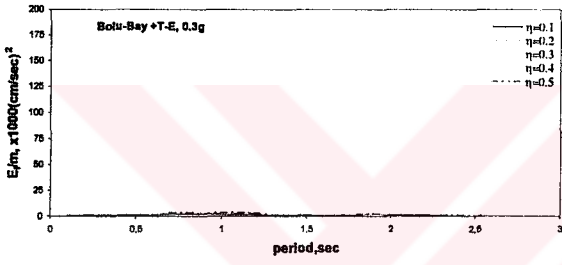
Şekil1-Devamı



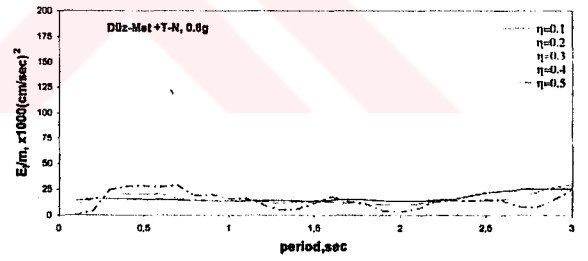
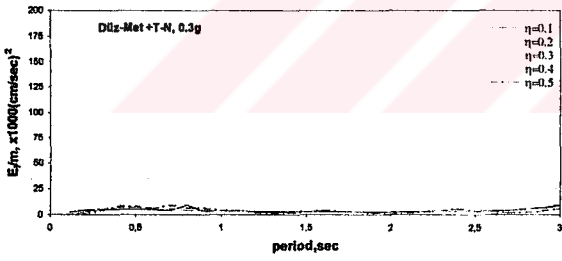
(1)



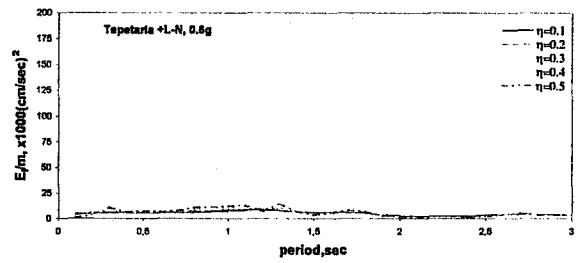
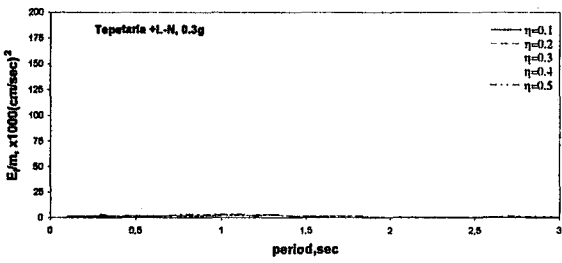
(2)



(3)

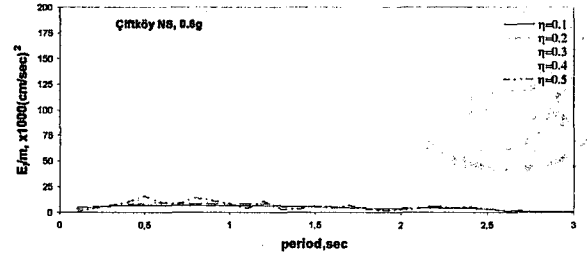
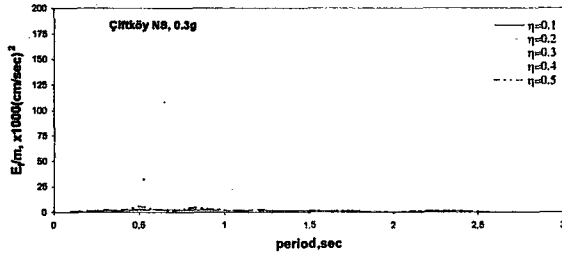


(4)

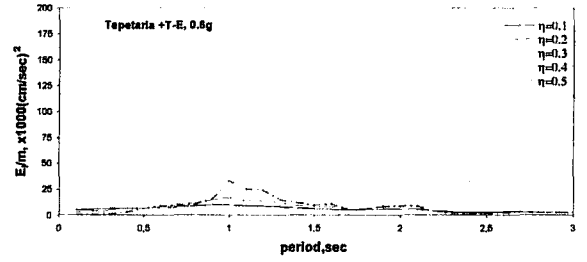
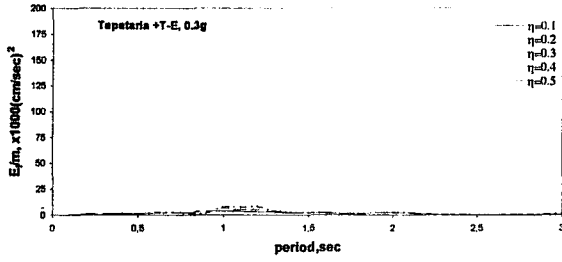


(5)

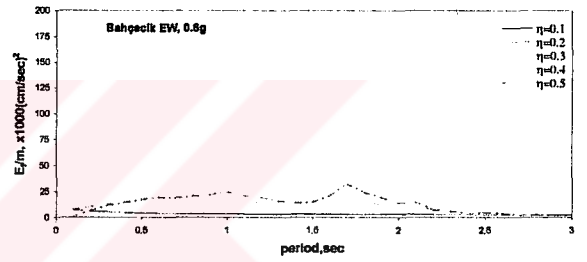
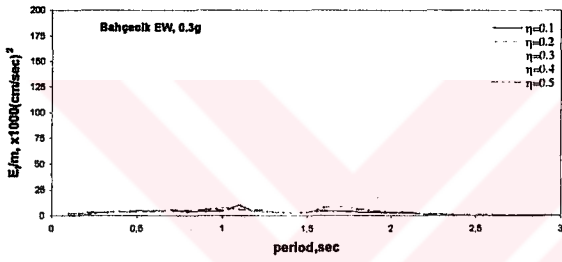
Şekil2



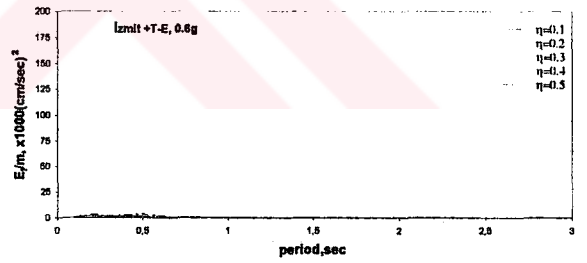
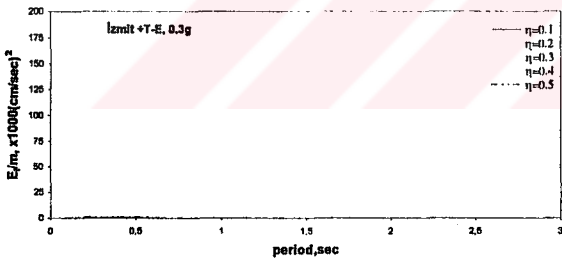
(6)



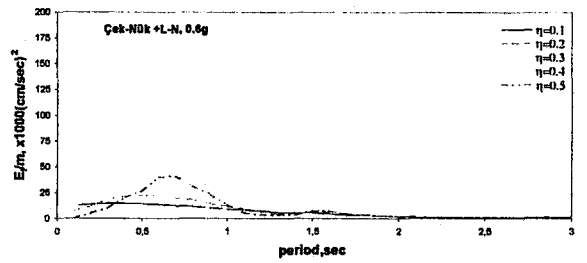
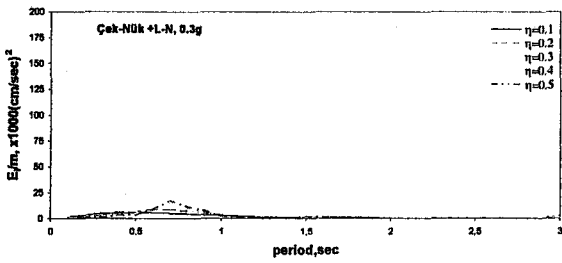
(7)



(8)

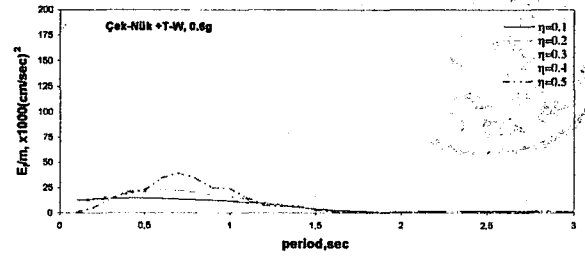
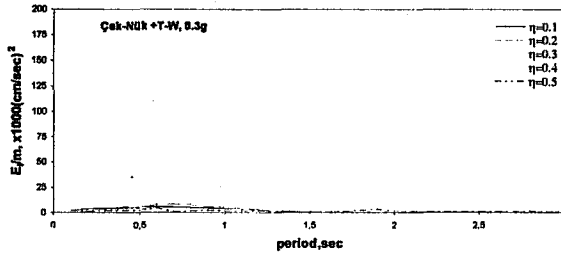


(9)

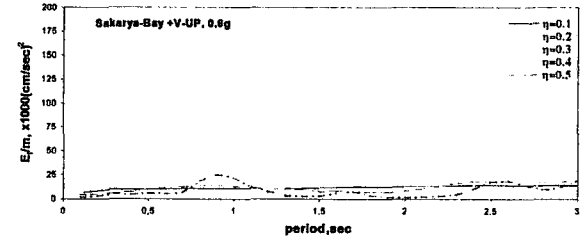
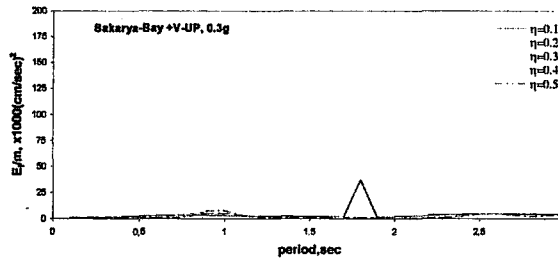


(10)

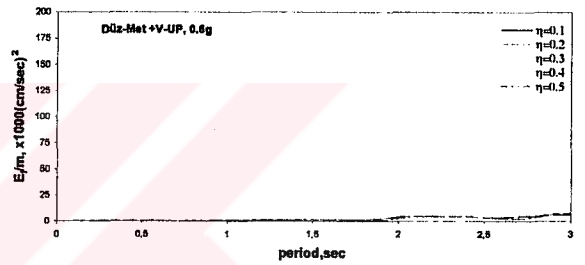
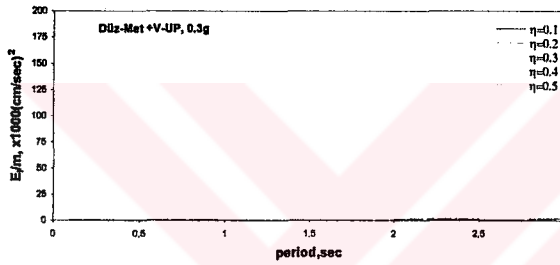
Şekil2-Devamı



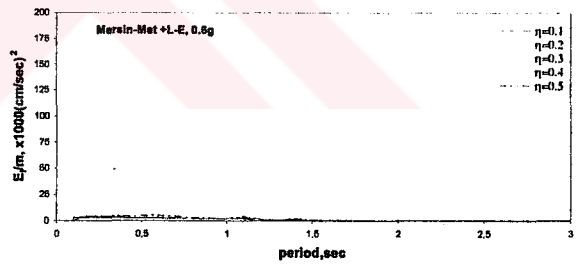
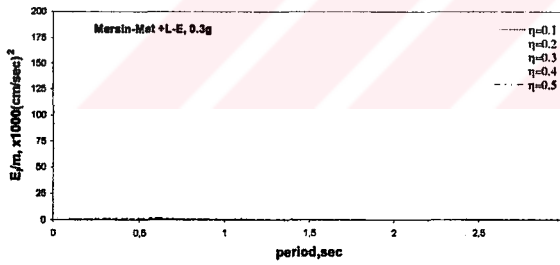
(11)



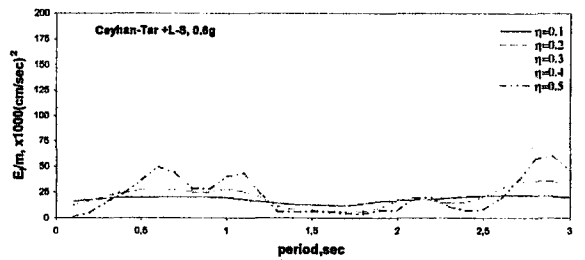
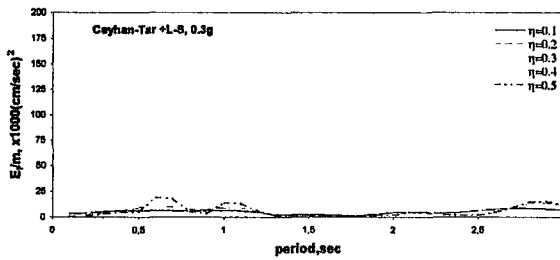
(12)



(13)

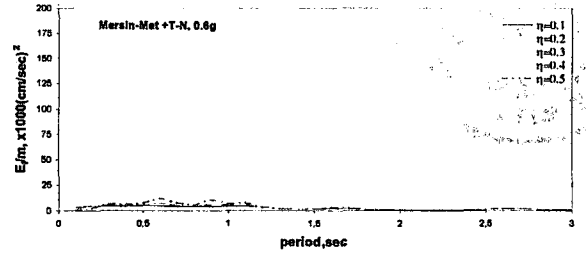
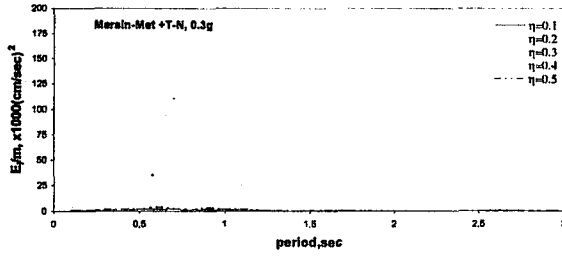


(14)

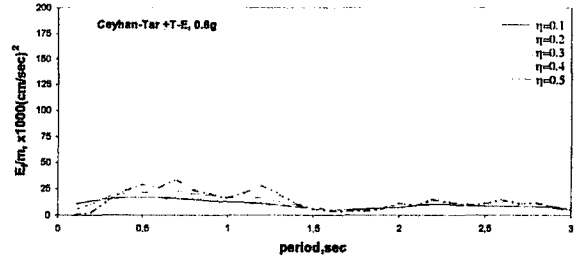
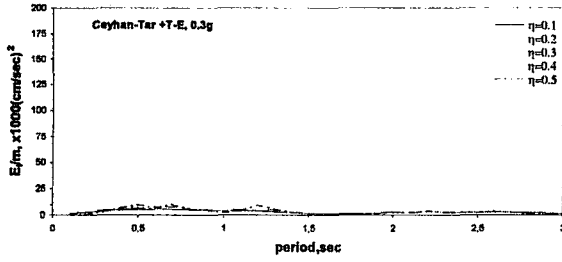


(15)

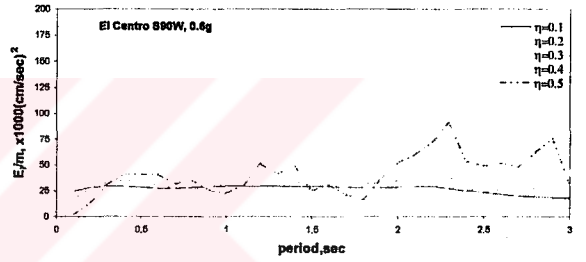
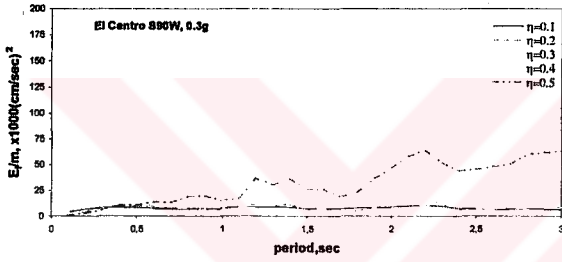
Şekil2-Devamı



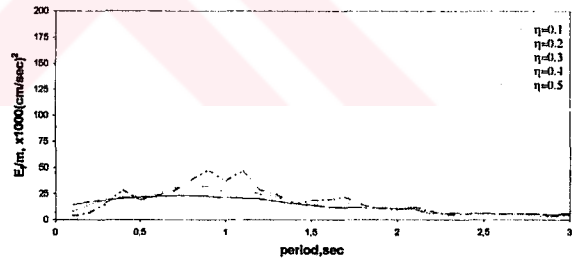
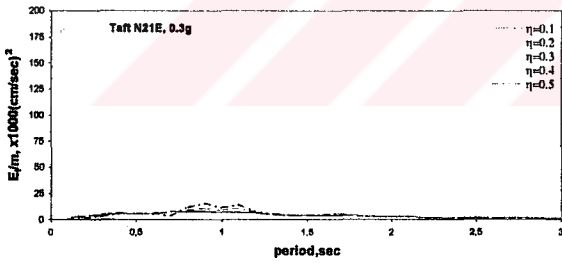
(16)



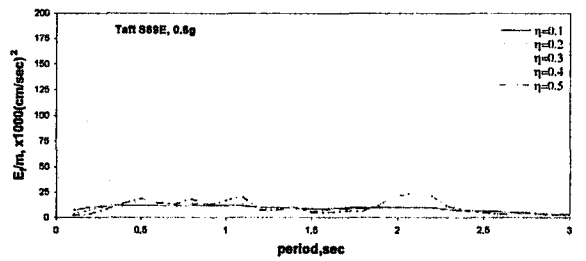
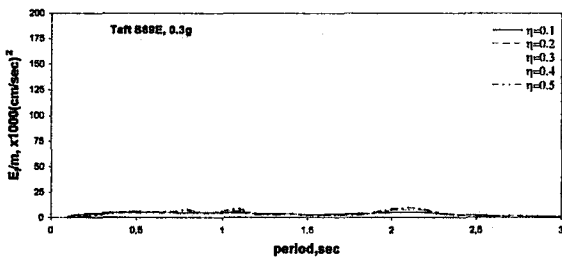
(17)



(18)

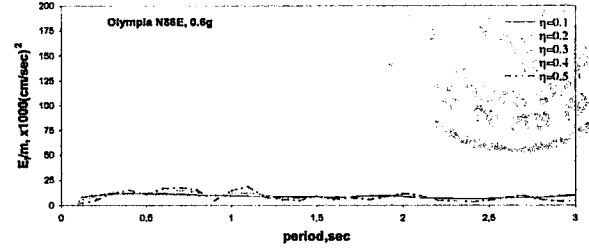
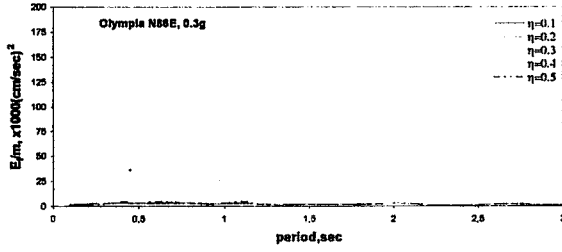


(19)

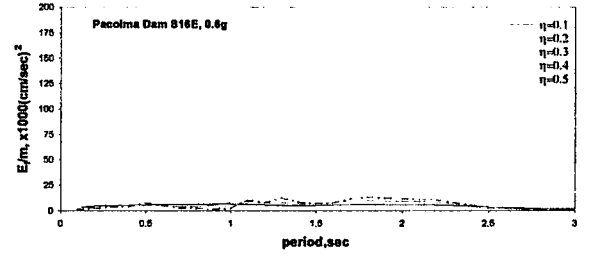
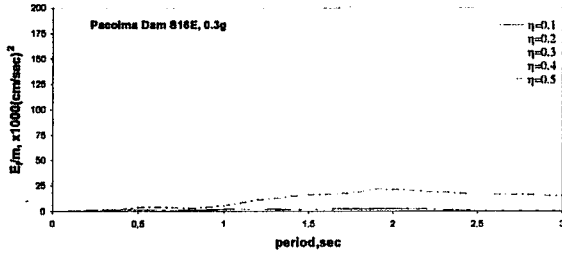


(20)

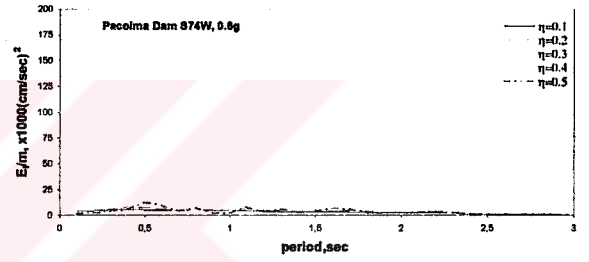
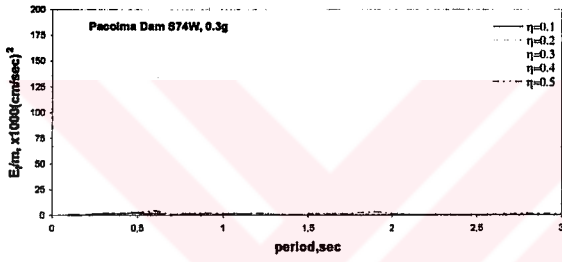
Şekil2-Devamı



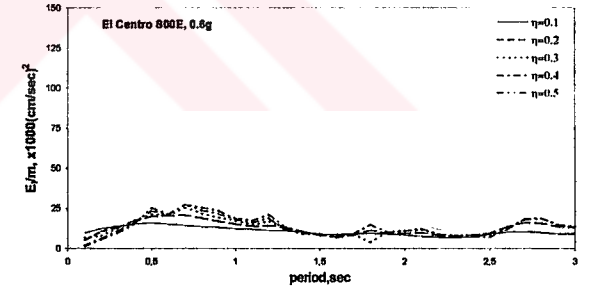
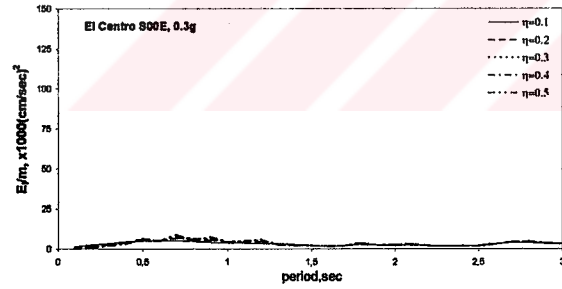
(21)



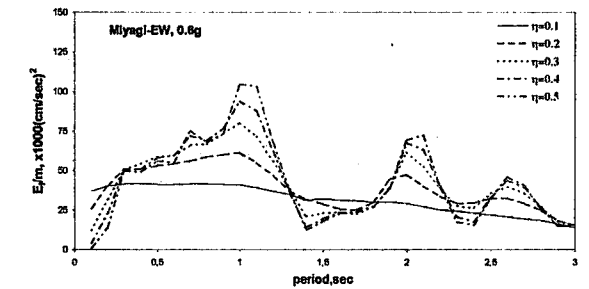
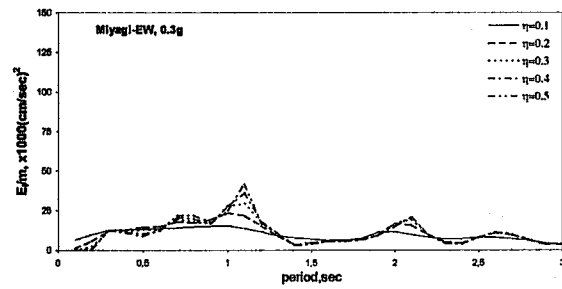
(22)



(23)

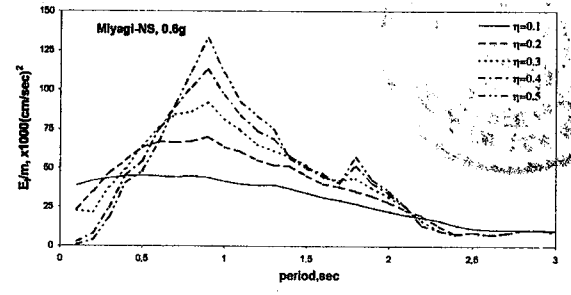
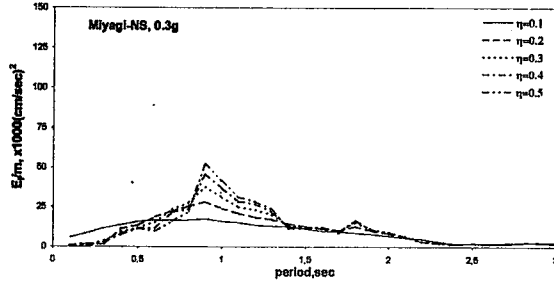


(24)

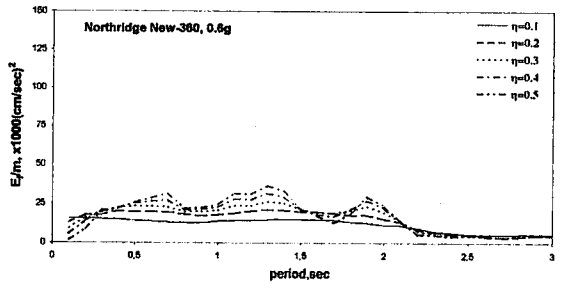
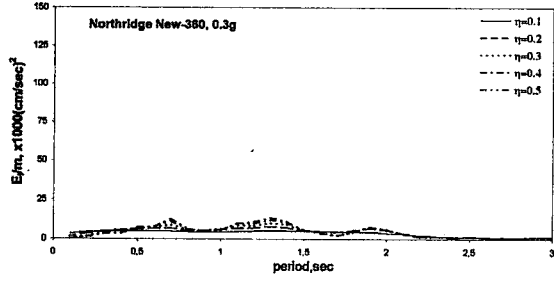


(25)

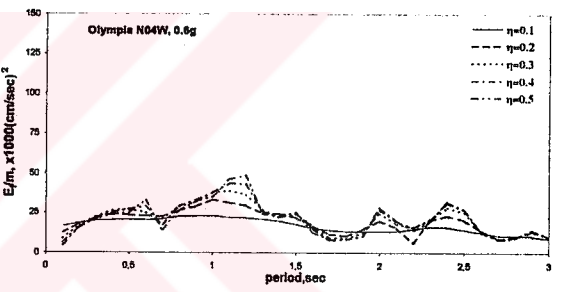
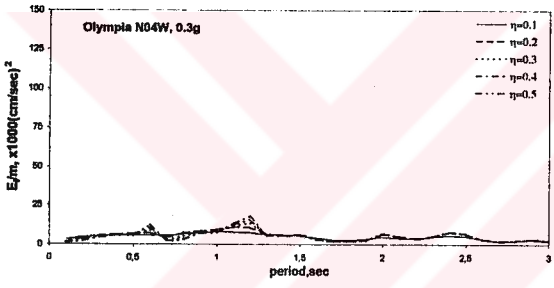
Şekil2-Devamı



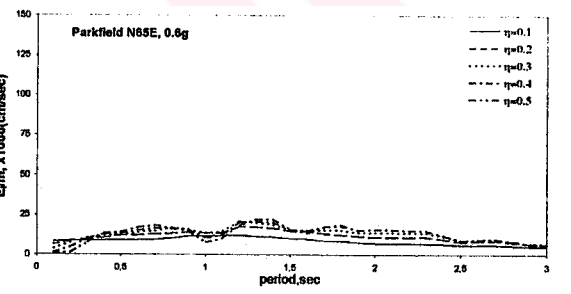
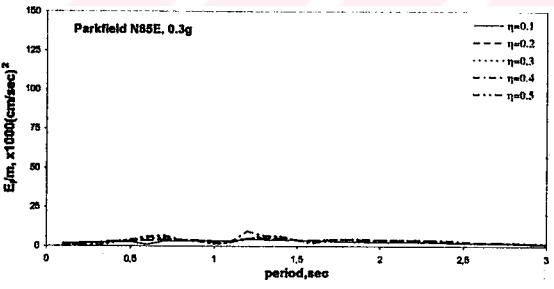
(26)



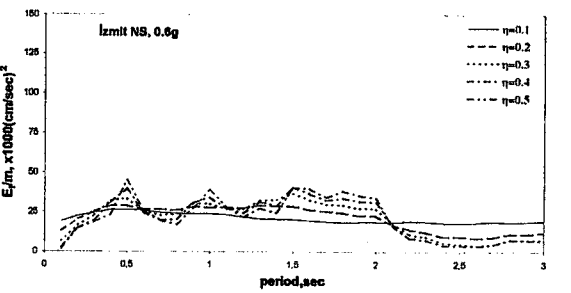
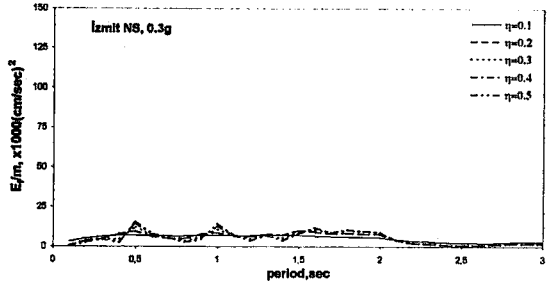
(27)



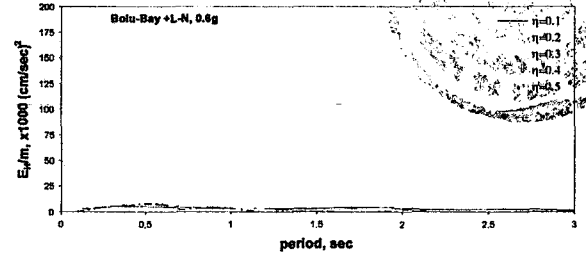
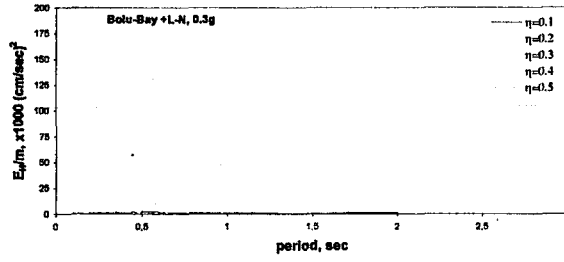
(28)



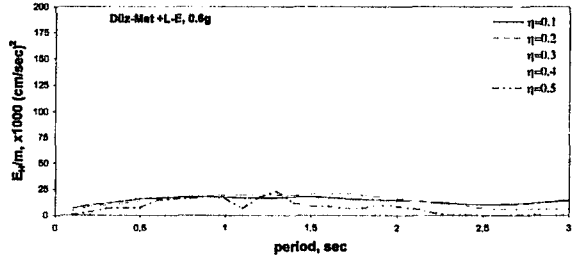
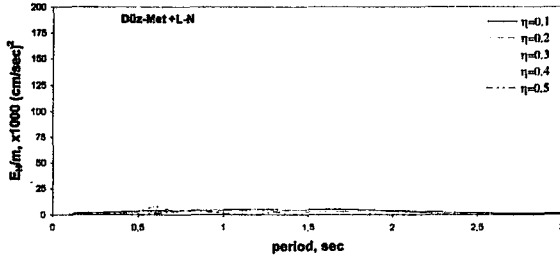
(29)



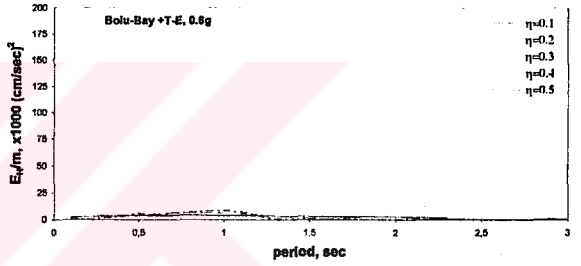
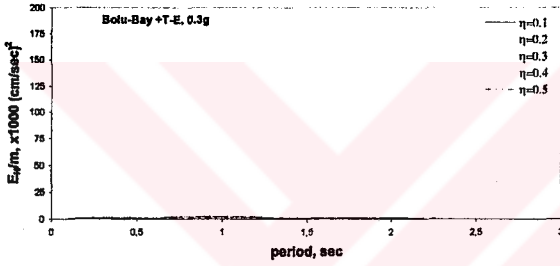
(30)



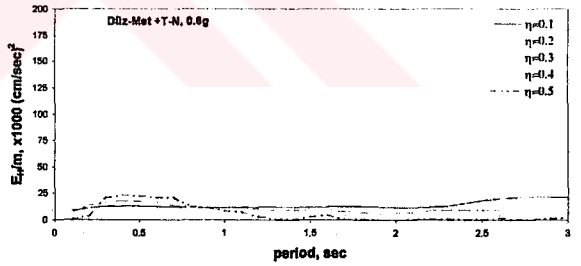
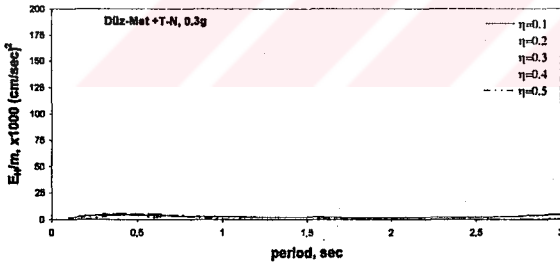
(1)



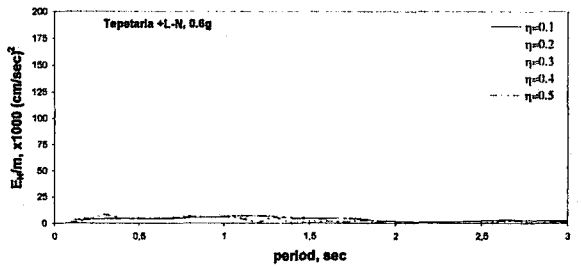
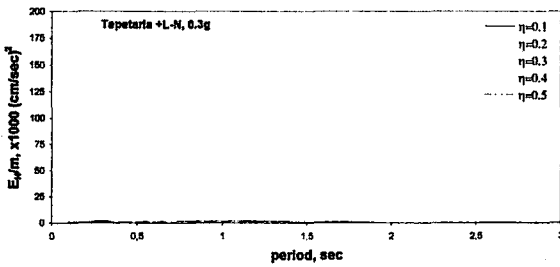
(2)



(3)

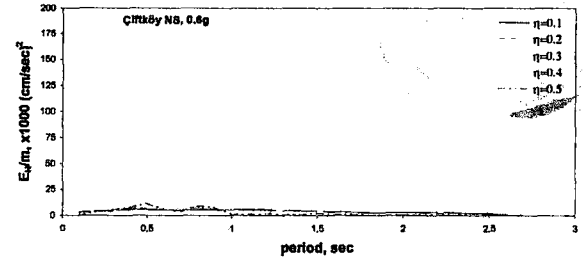
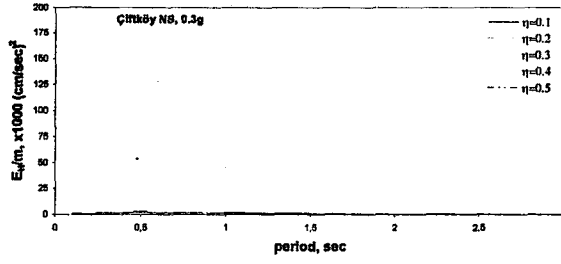


(4)

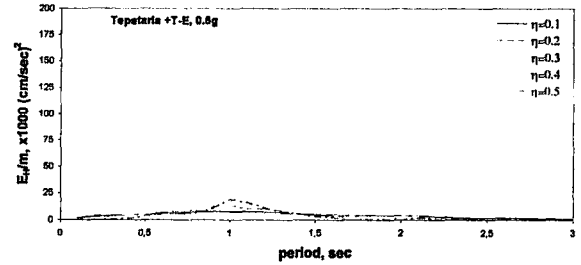
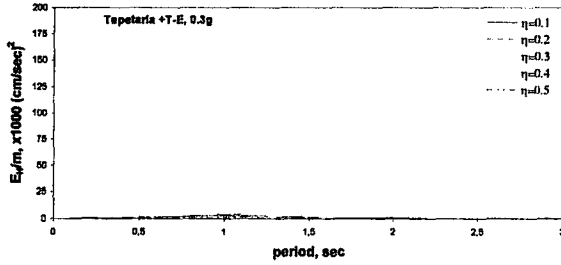


(5)

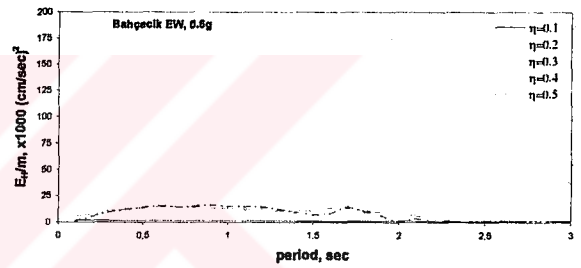
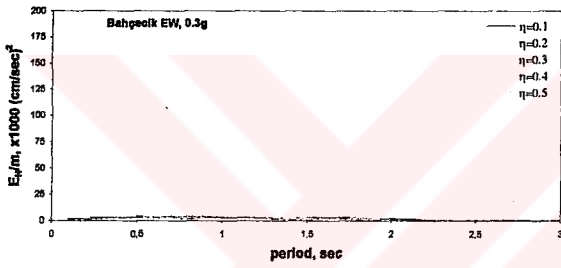
Şekil3



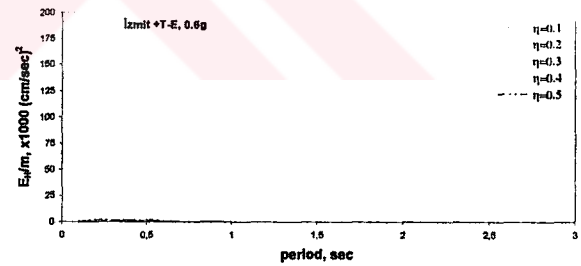
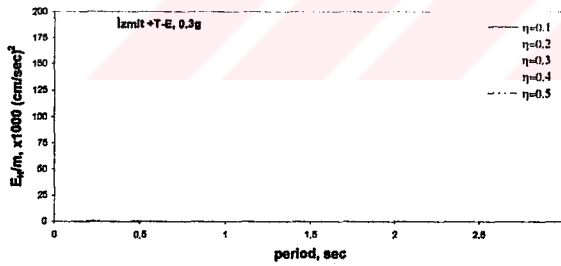
(6)



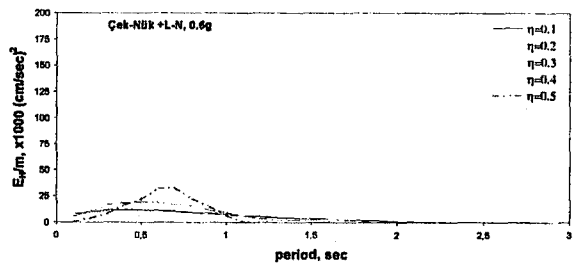
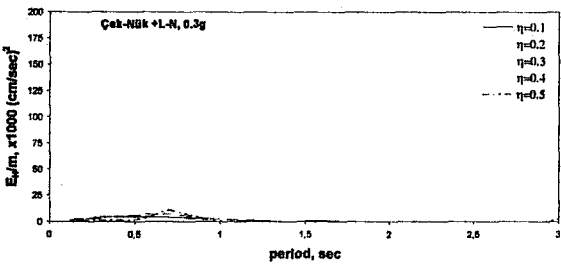
(7)



(8)

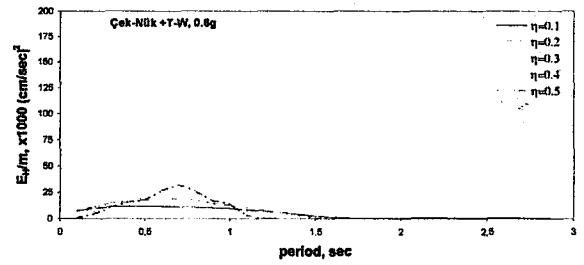
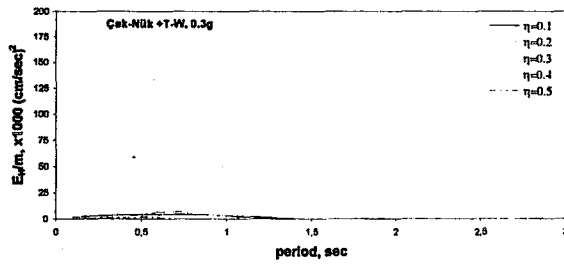


(9)

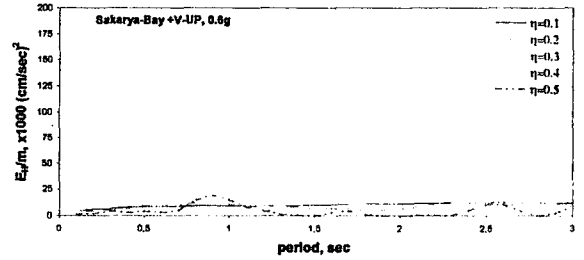
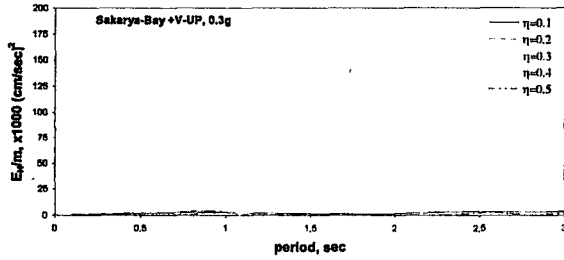


(10)

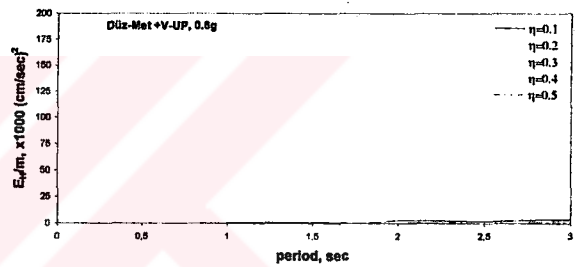
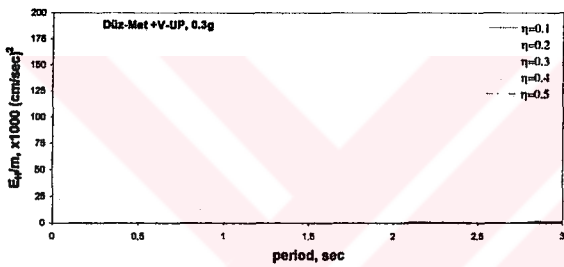
Şekil3-Devamı



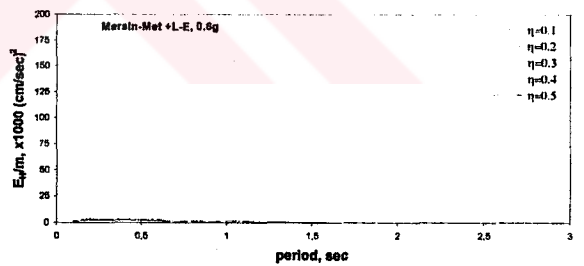
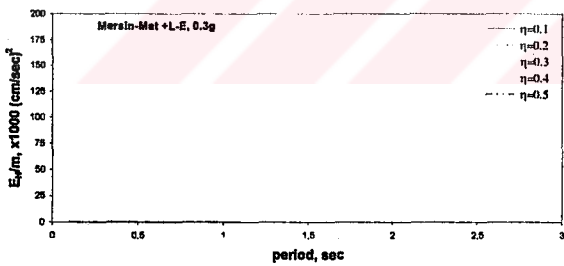
(11)



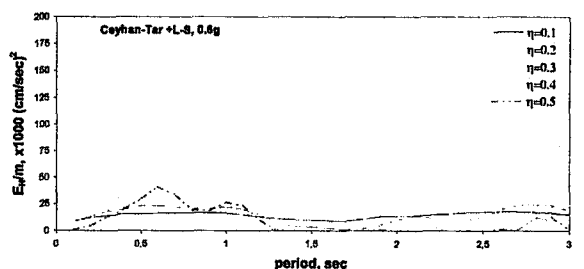
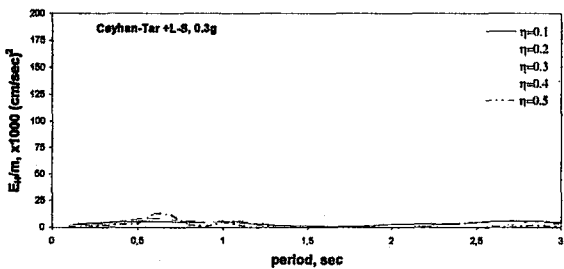
(12)



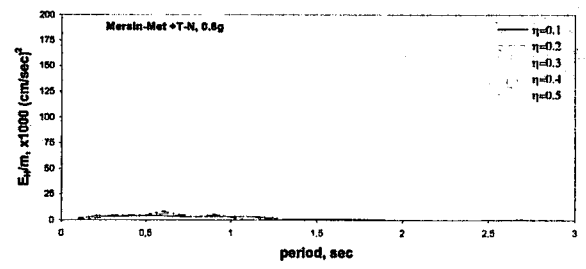
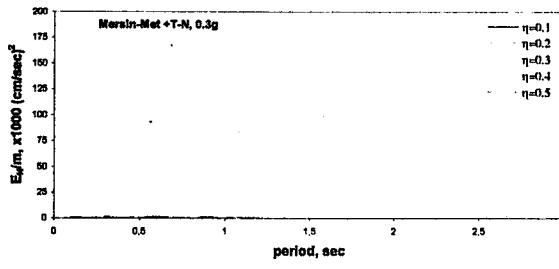
(13)



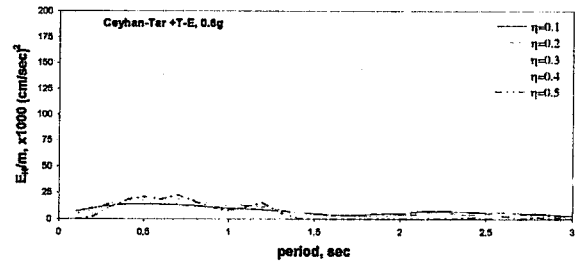
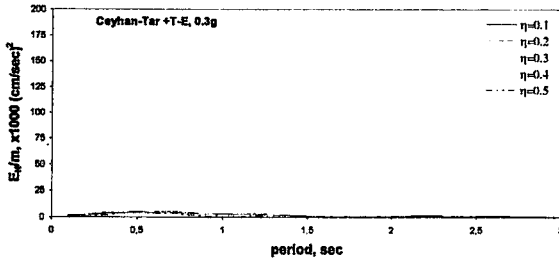
(14)



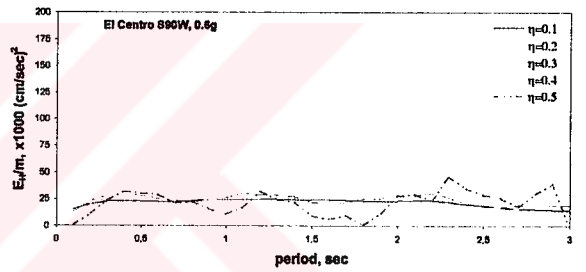
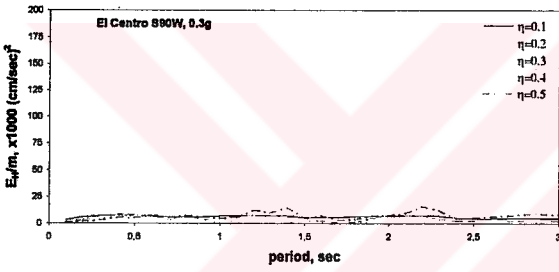
(15)



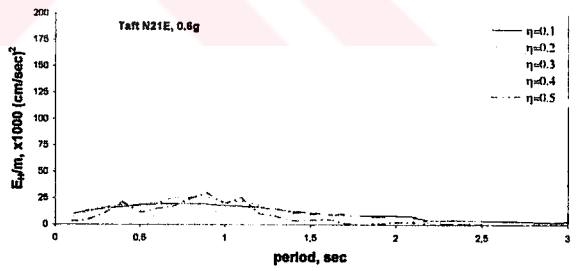
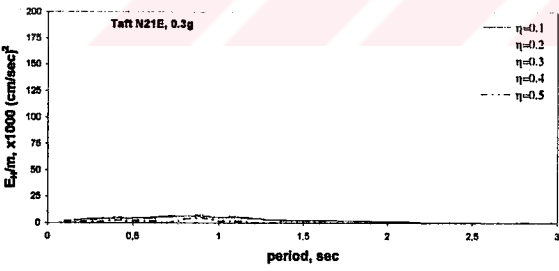
(16)



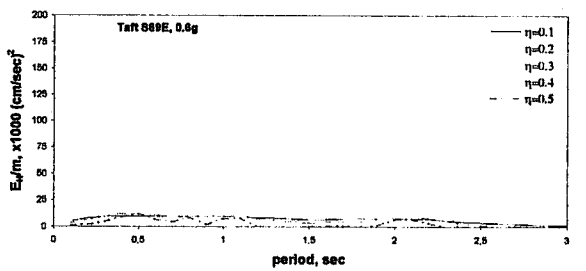
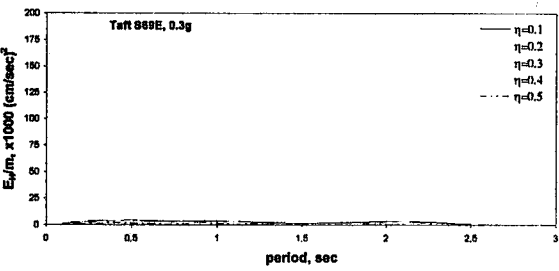
(17)



(18)

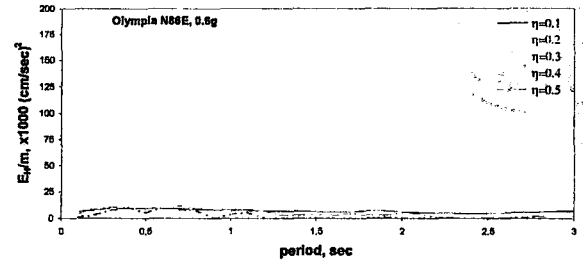
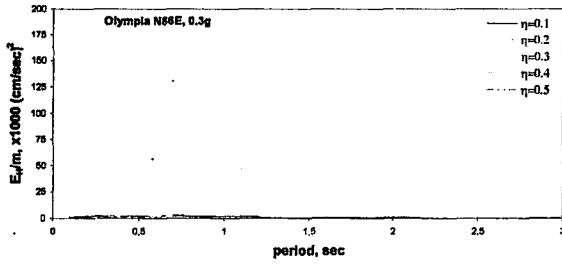


(19)

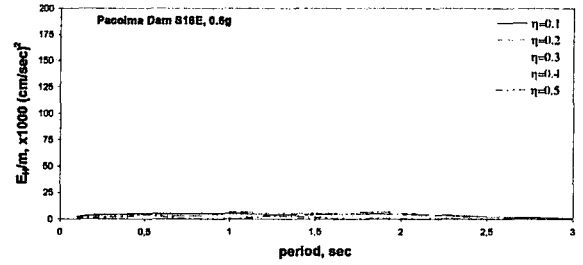
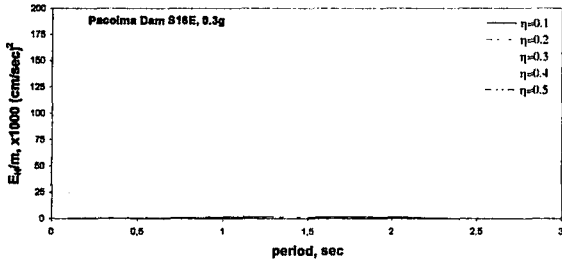


(20)

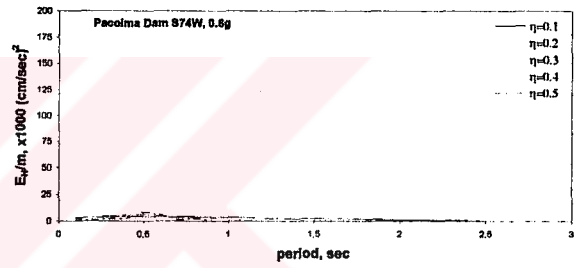
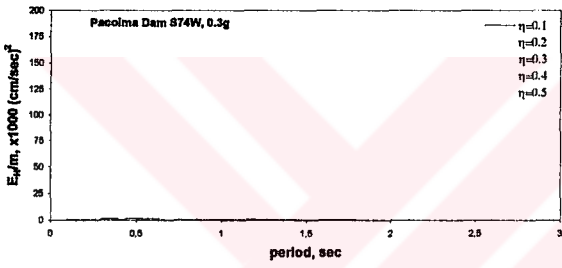
Şekil3-Devamı



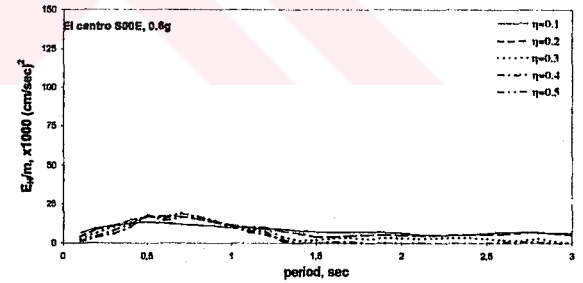
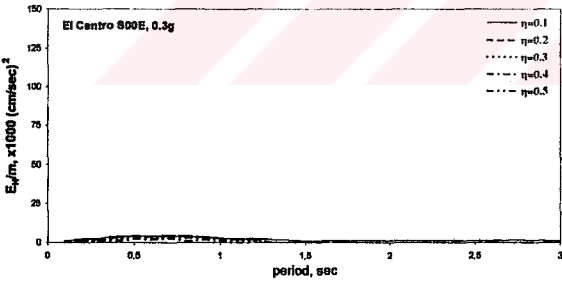
(21)



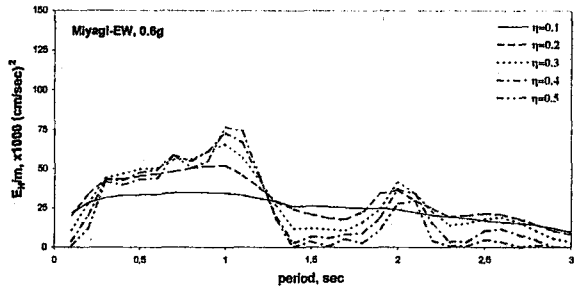
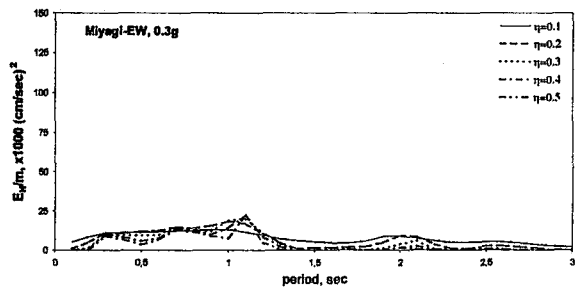
(22)



(23)

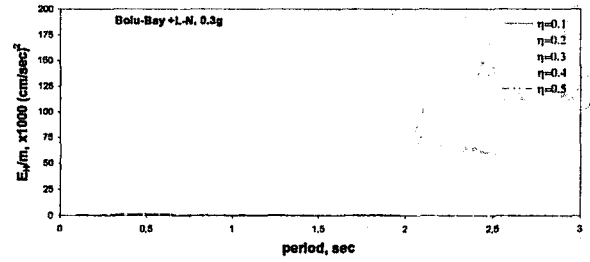
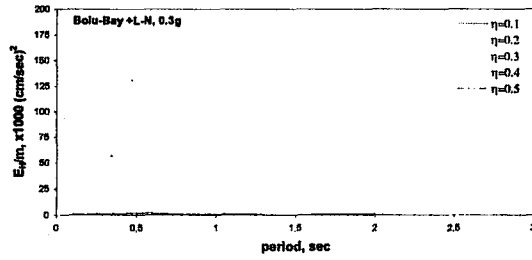


(24)

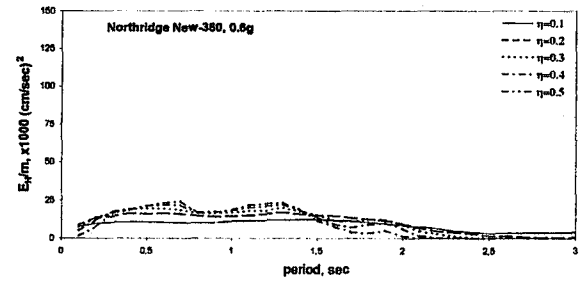
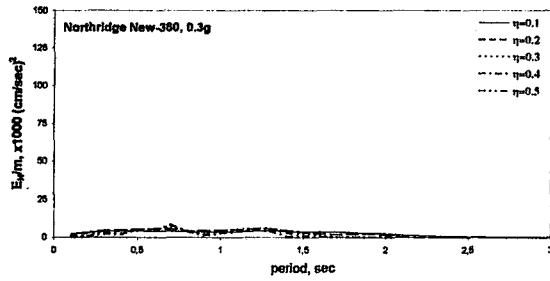


(25)

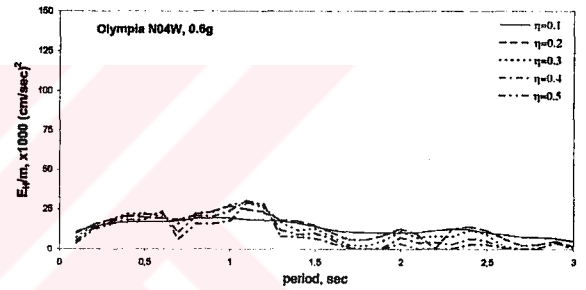
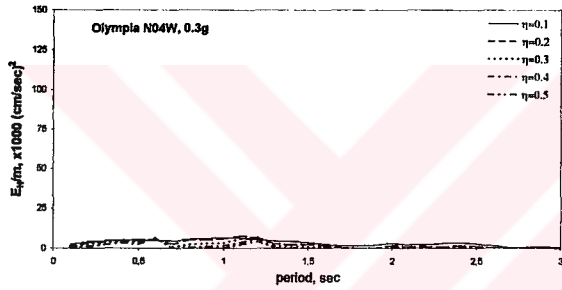
Şekil3-Devamı



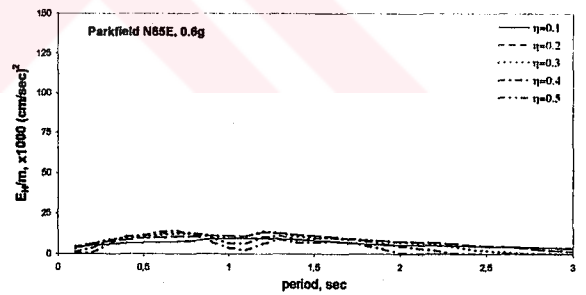
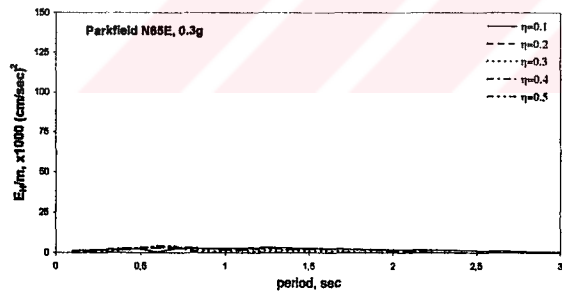
(26)



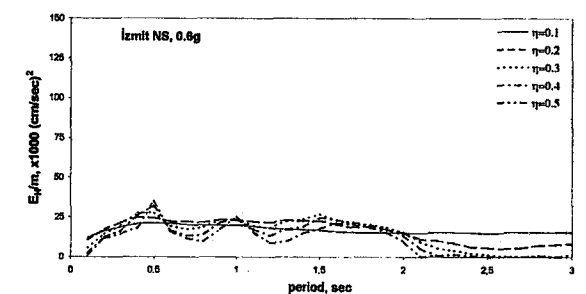
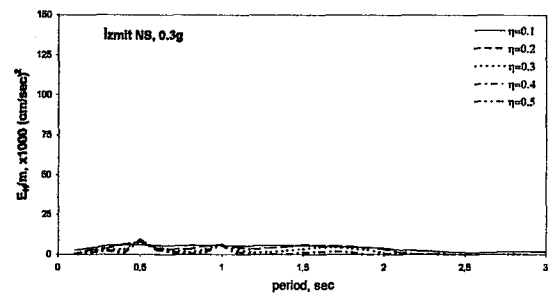
(27)



(28)

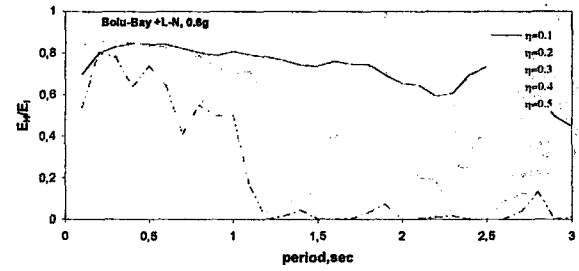
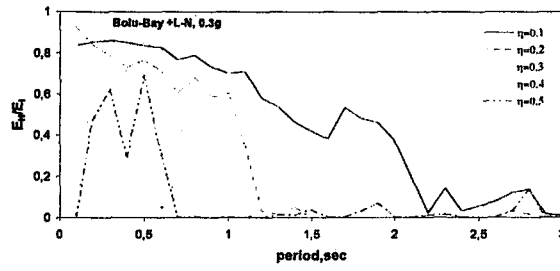


(29)

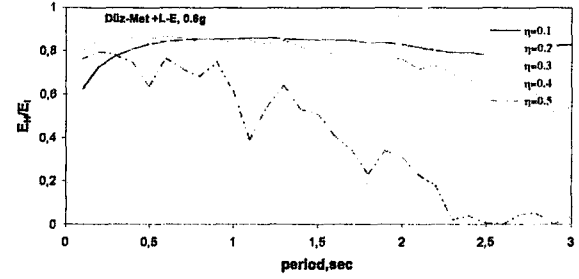
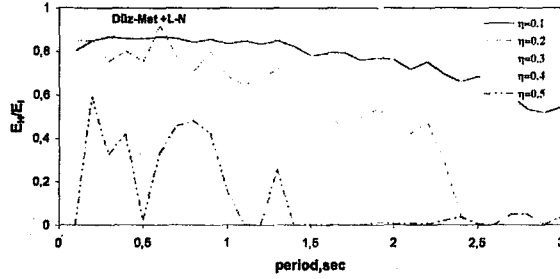


(30)

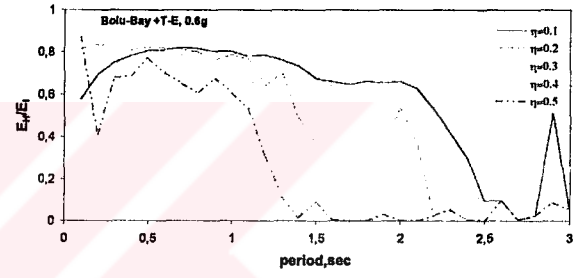
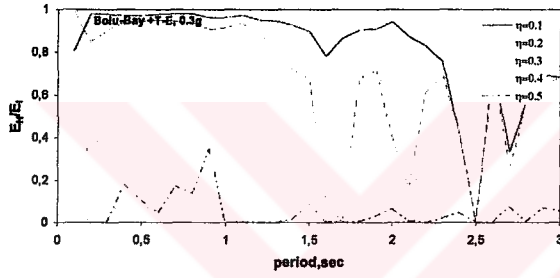
Şekil3-Devamı



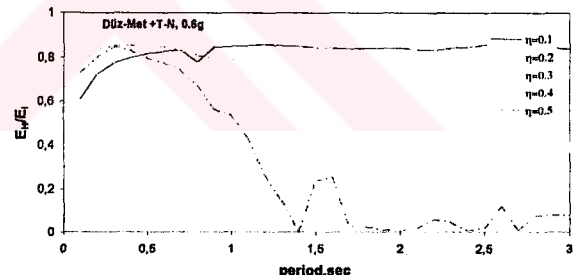
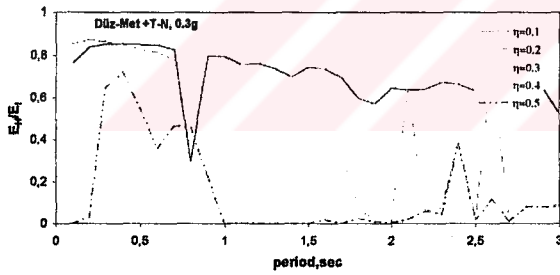
(1)



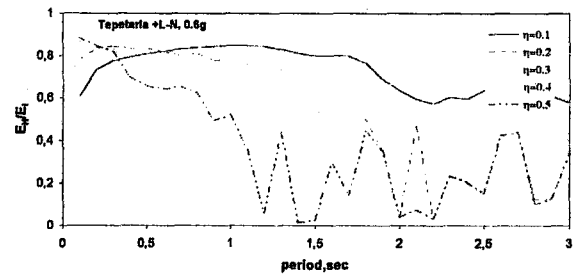
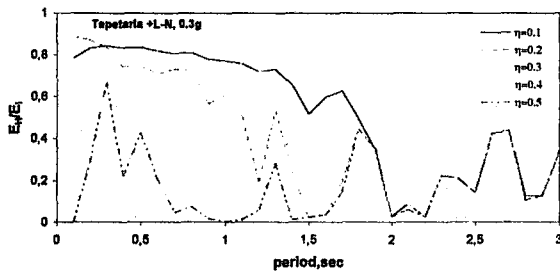
(2)



(3)

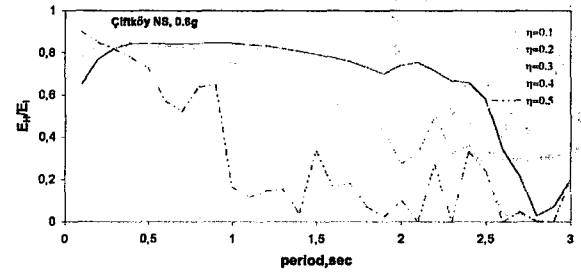
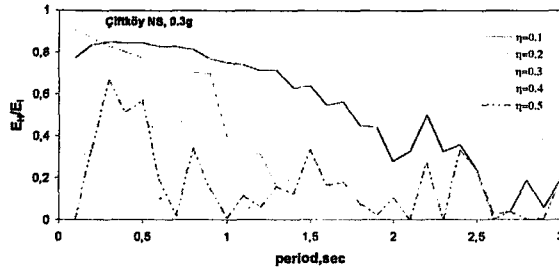


(4)

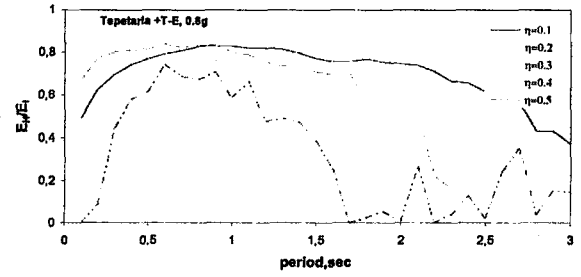
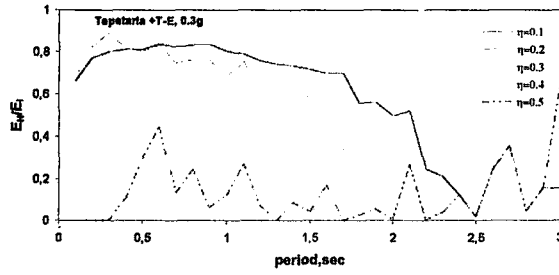


(5)

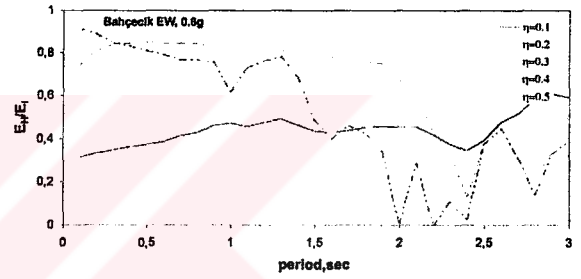
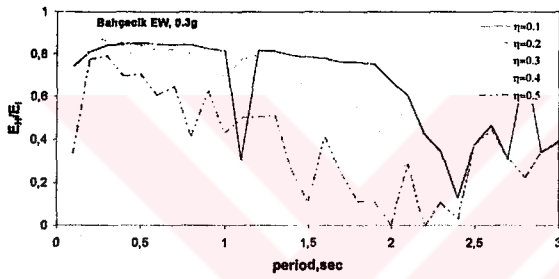
Şekil4



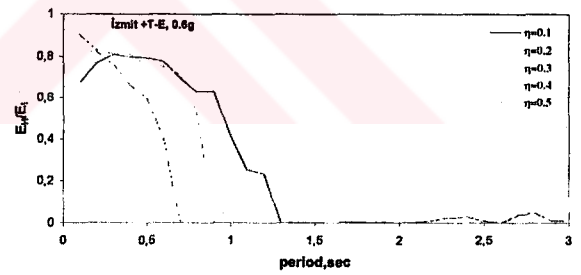
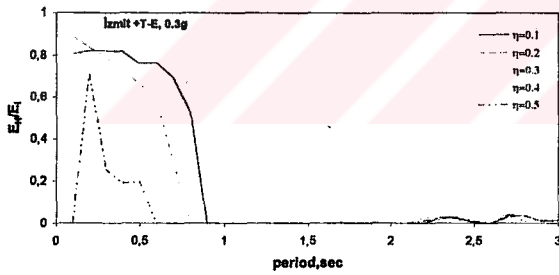
(6)



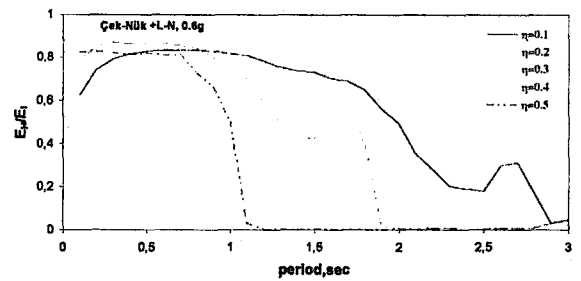
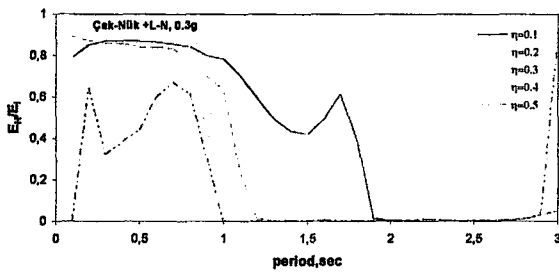
(7)



(8)

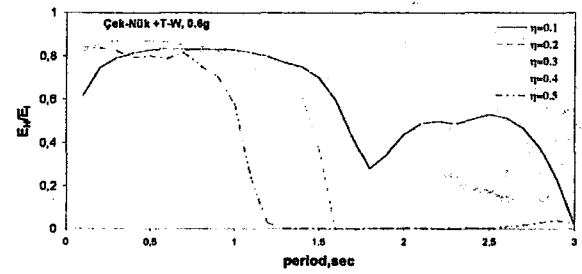
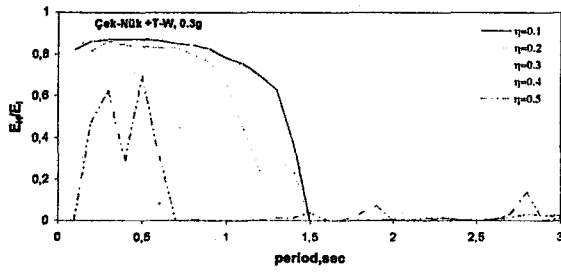


(9)

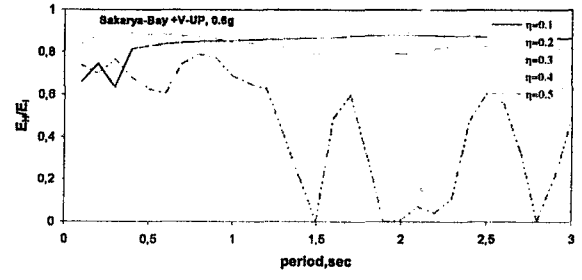
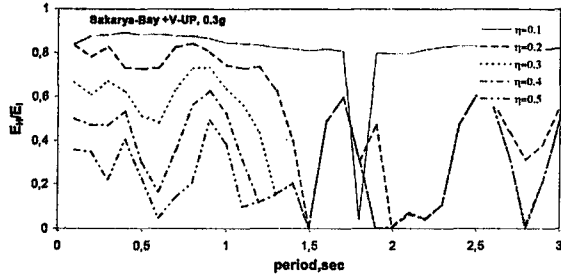


(10)

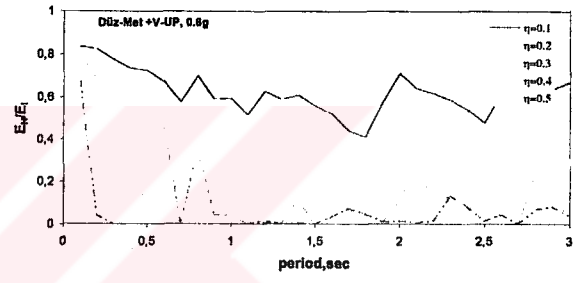
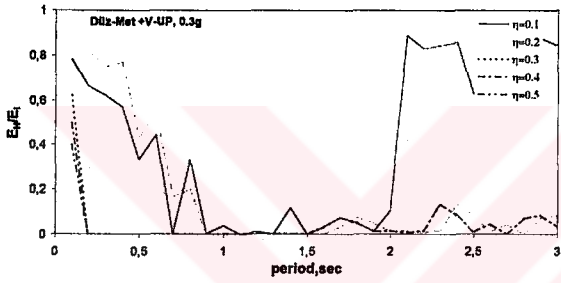
Şekil4-Devamı



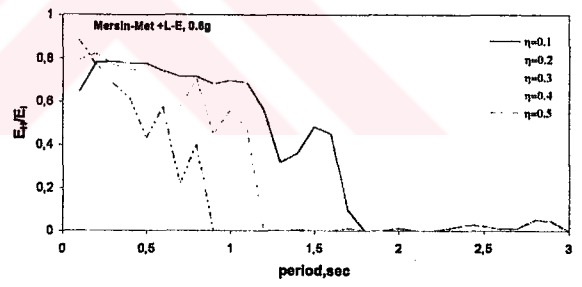
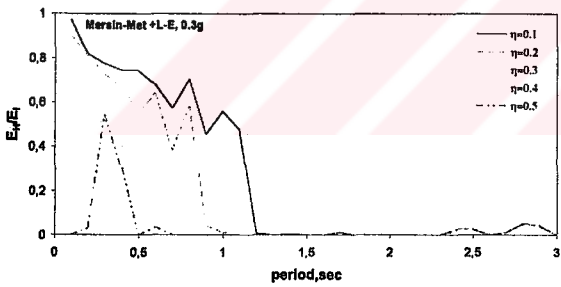
(11)



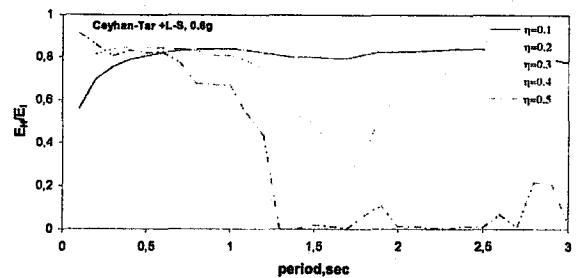
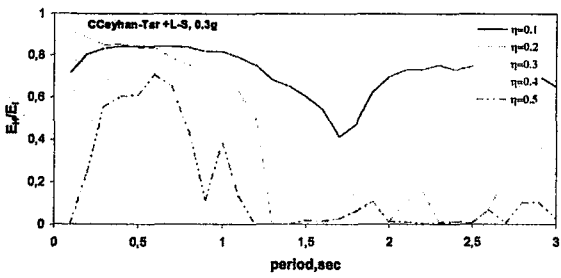
(12)



(13)

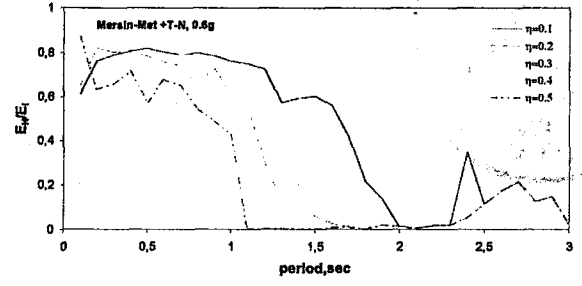
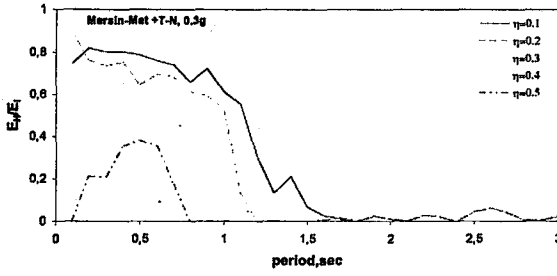


(14)

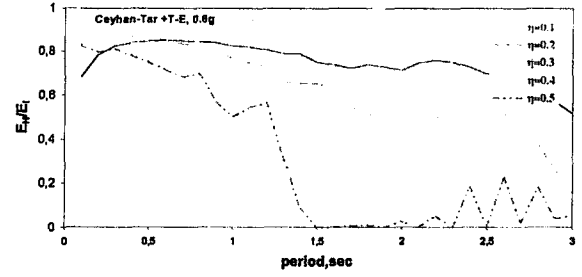
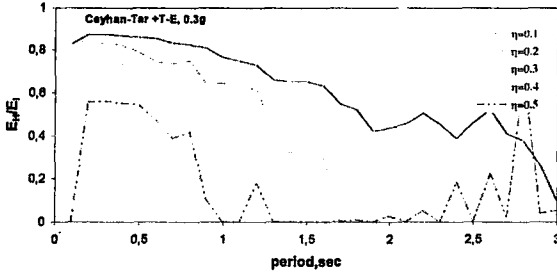


(15)

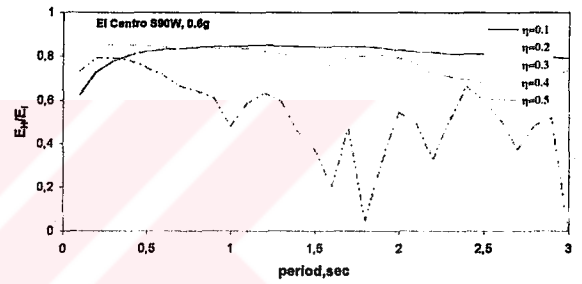
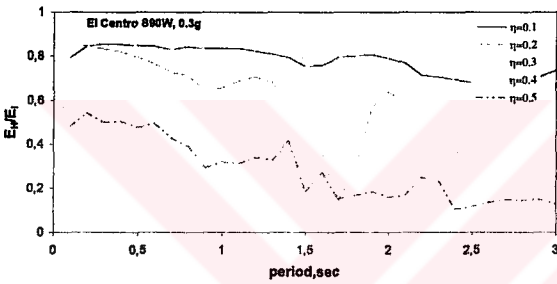
Şekil4-Devamı



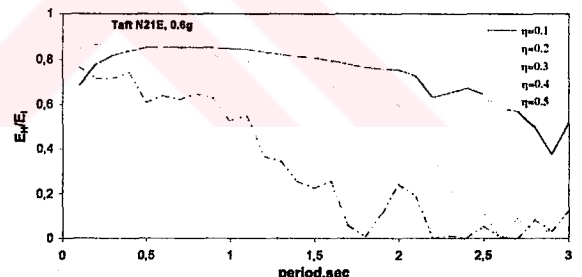
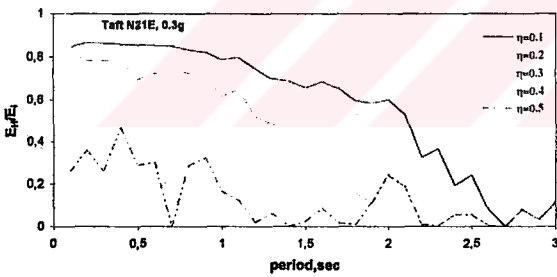
(16)



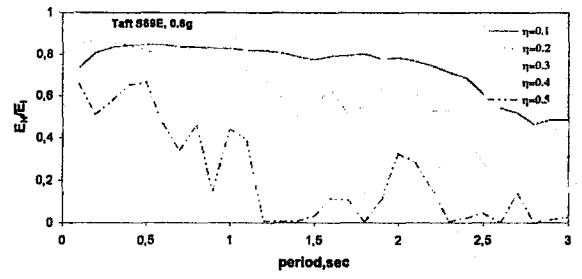
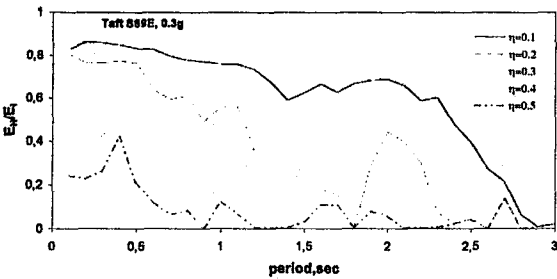
(17)



(18)

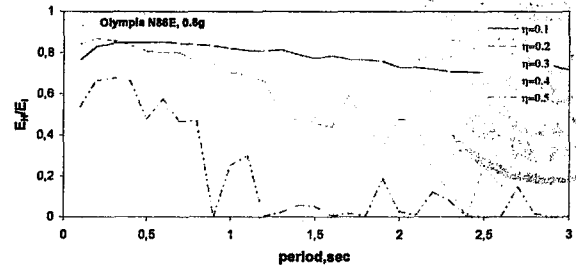
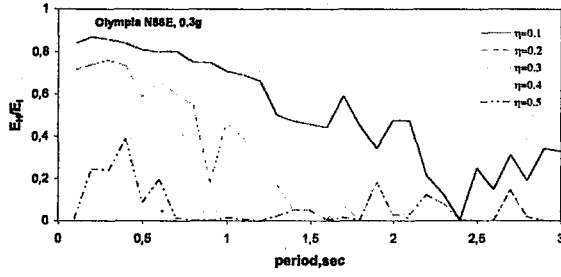


(19)

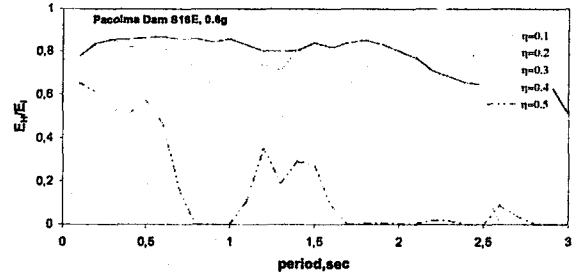
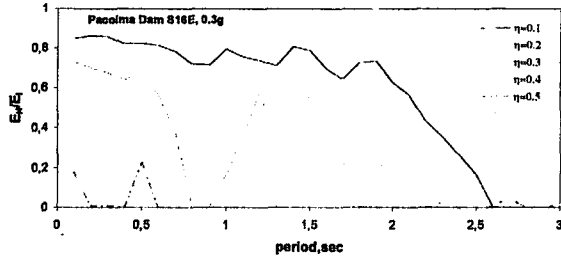


(20)

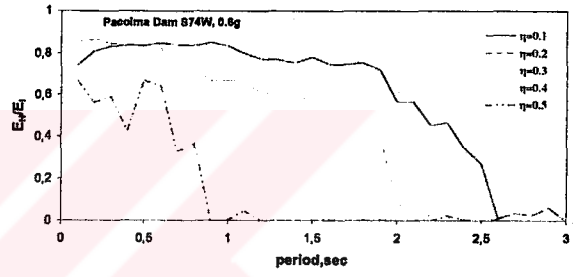
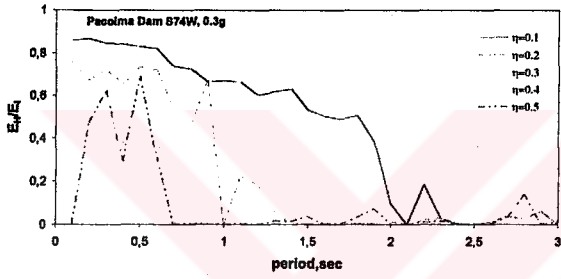
Şekil4-Devamı



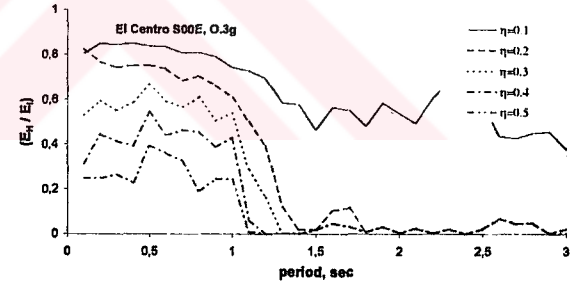
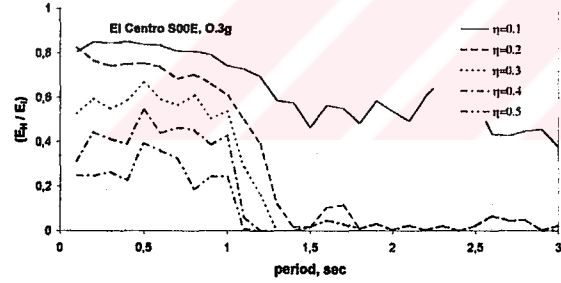
(21)



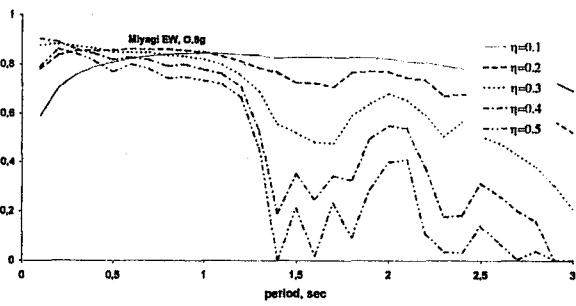
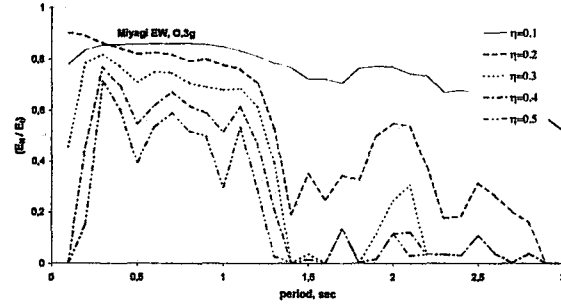
(22)



(23)

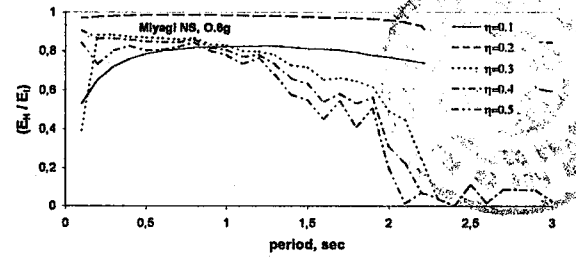
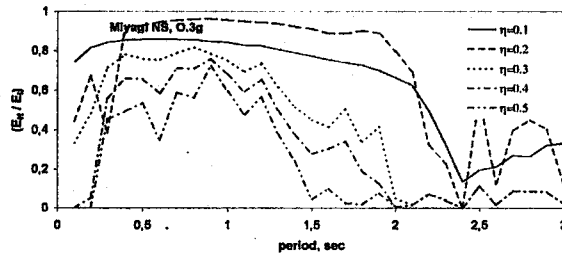


(24)

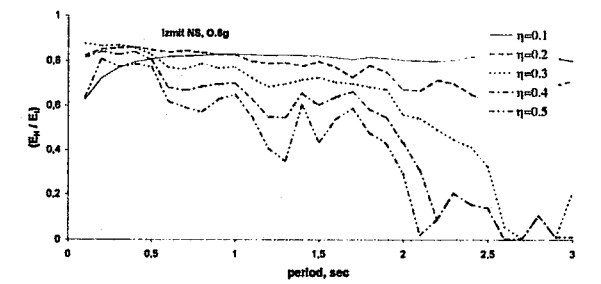
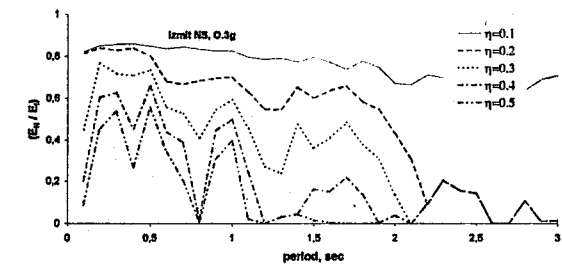
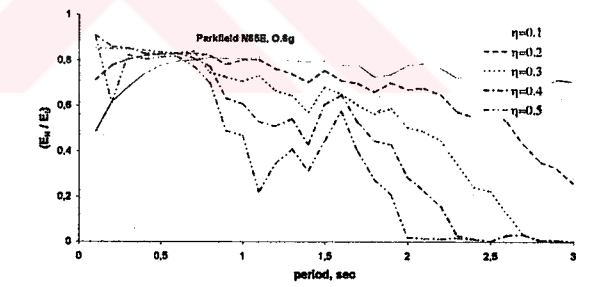
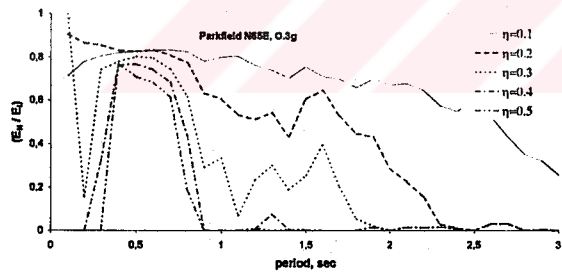
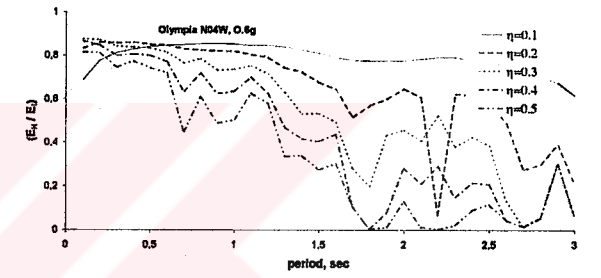
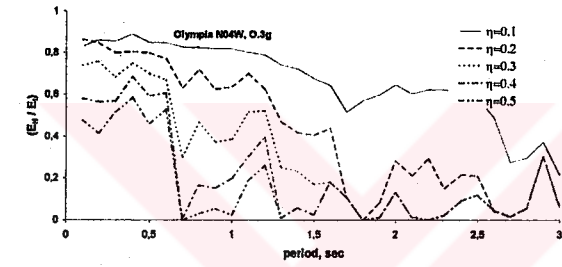
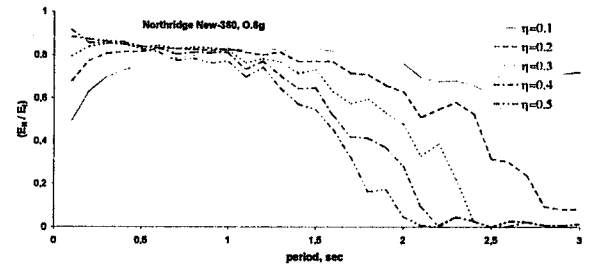
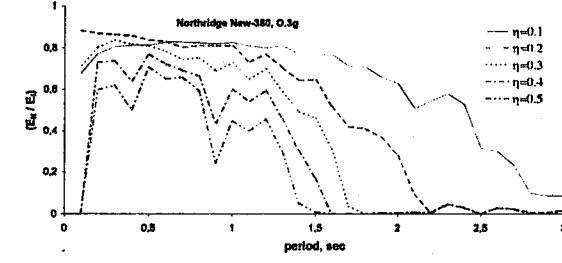


(25)

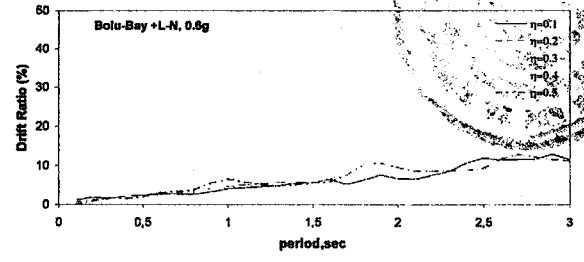
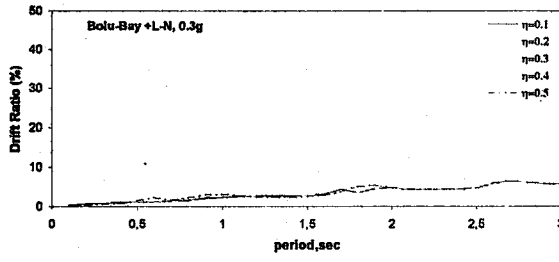
Şekil4-Devamı



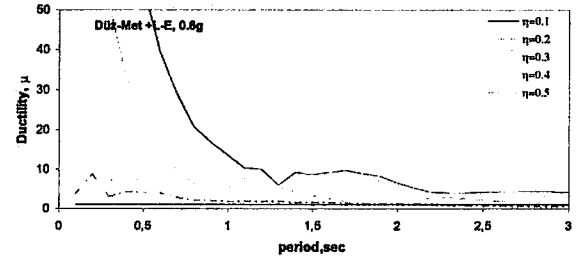
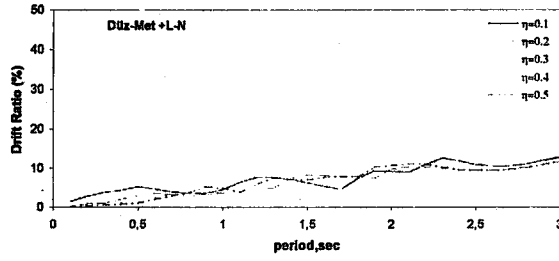
(26)



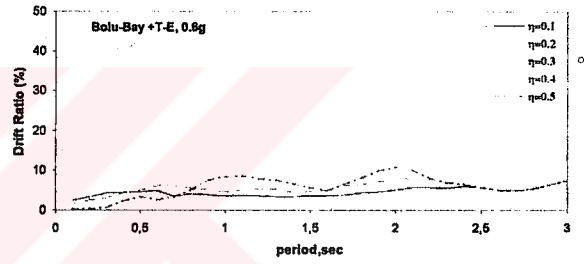
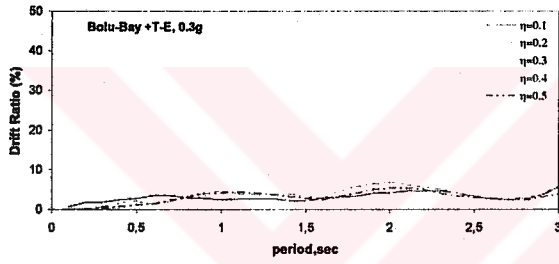
Şekil4-Devamı



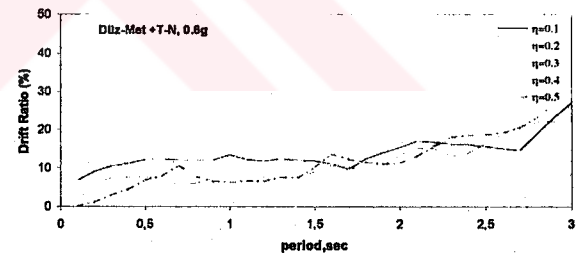
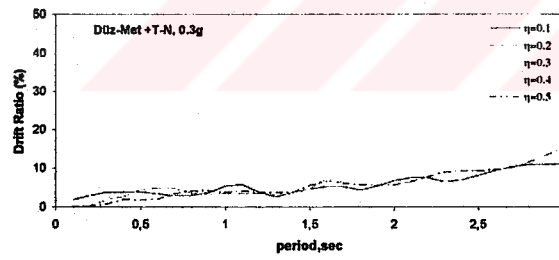
(1)



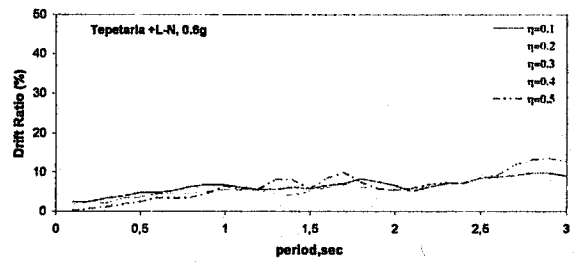
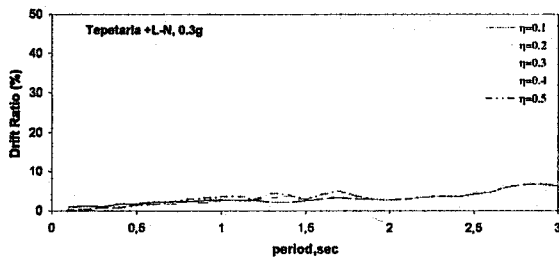
(2)



(3)

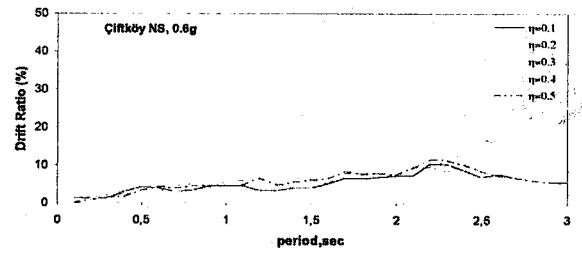
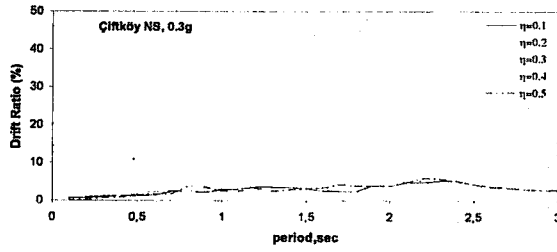


(4)

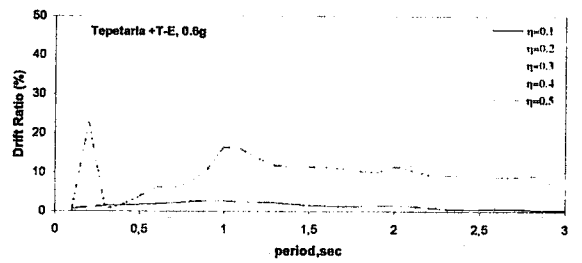
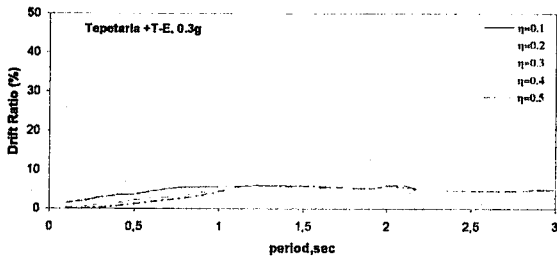


(5)

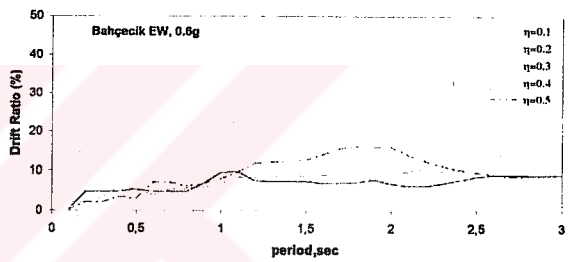
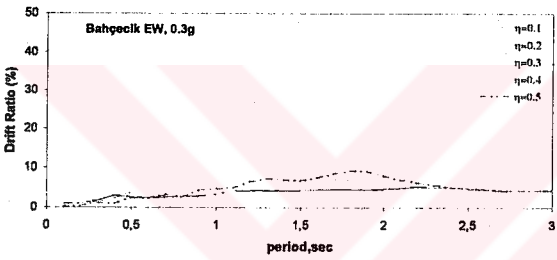
Şekil5



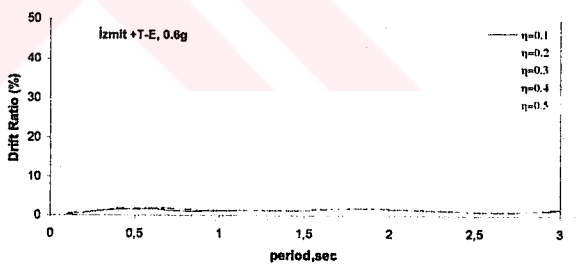
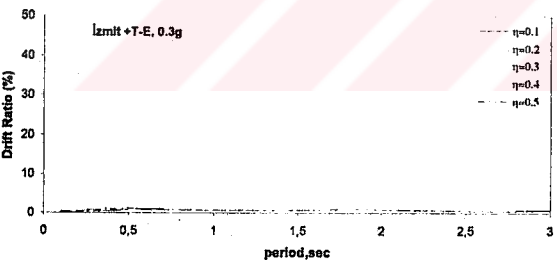
(6)



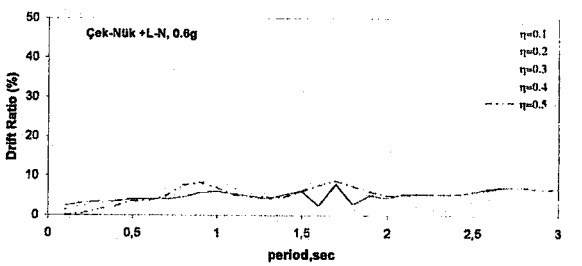
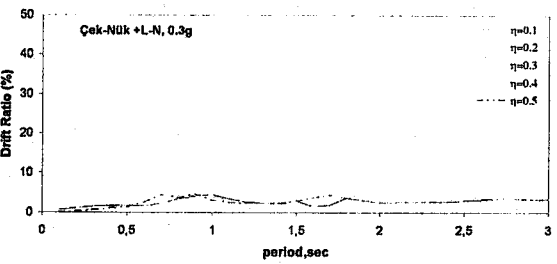
(7)



(8)

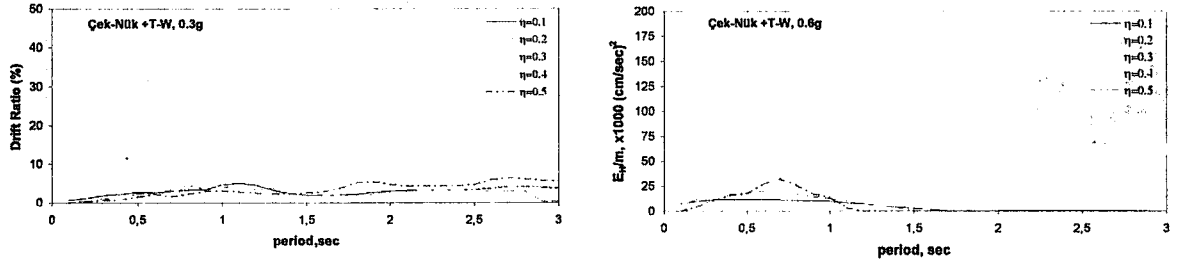


(9)

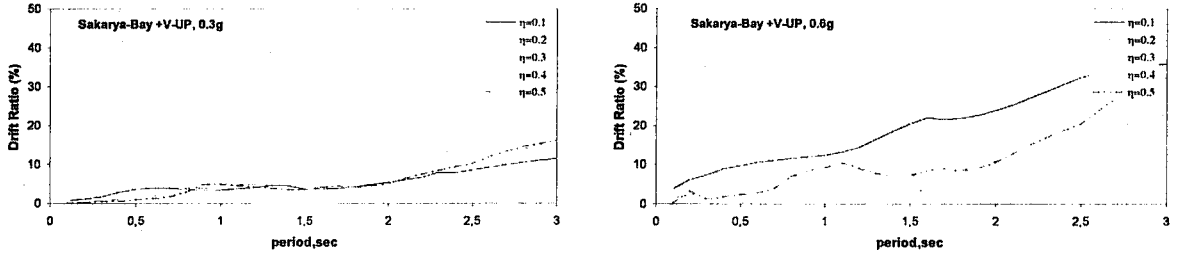


(10)

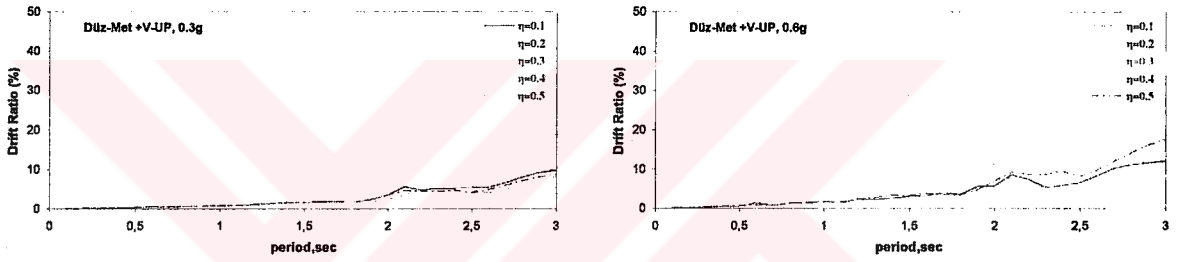
Şekil5-Devamı



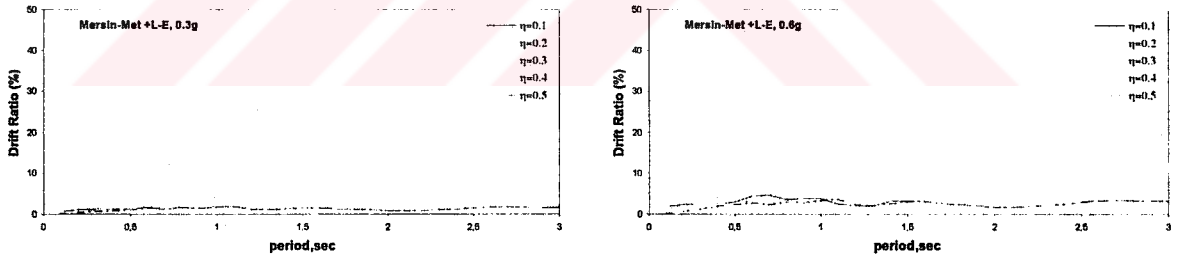
(11)



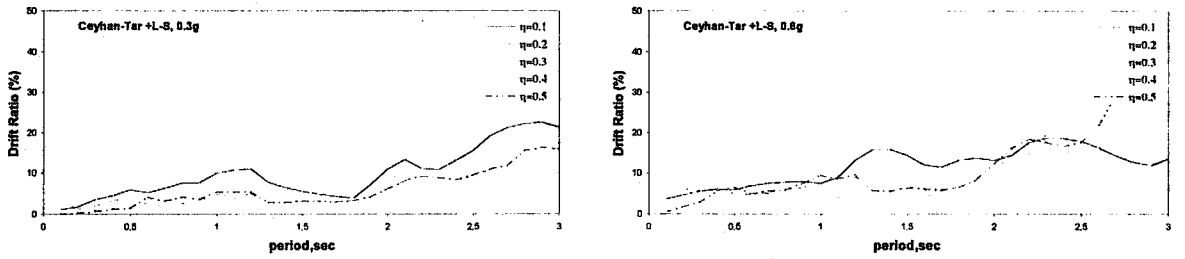
(12)



(13)

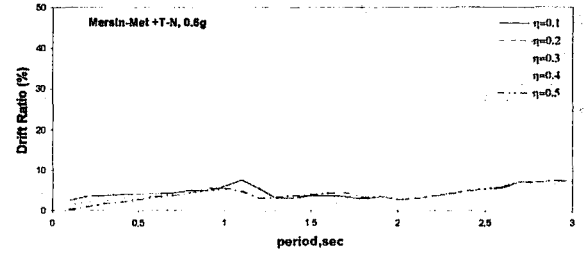
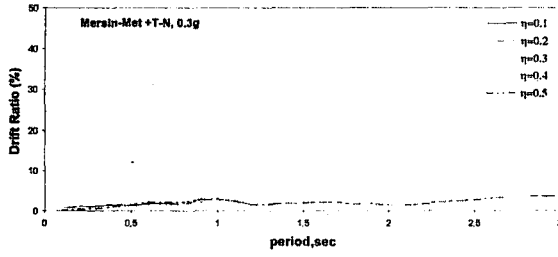


(14)

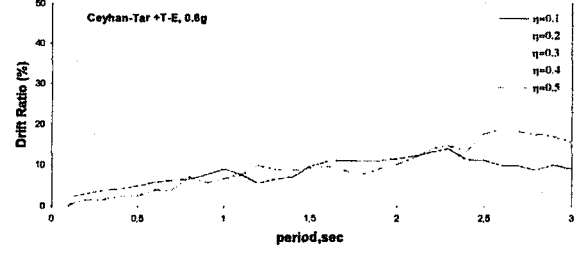
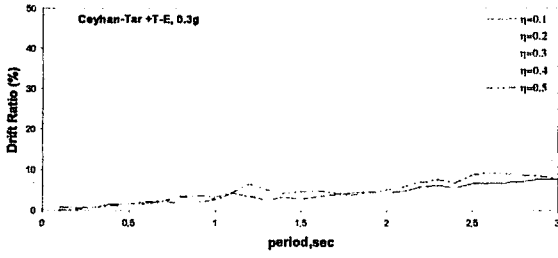


(15)

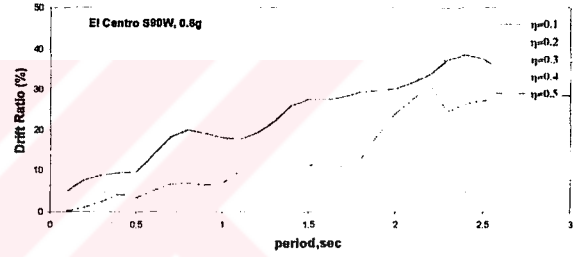
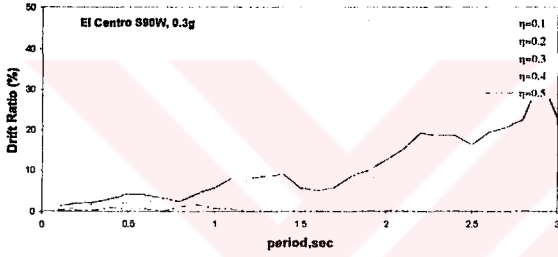
Şekil5-Devamı



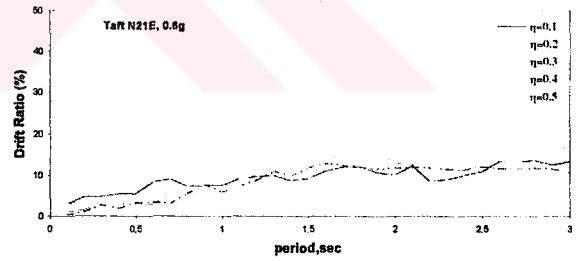
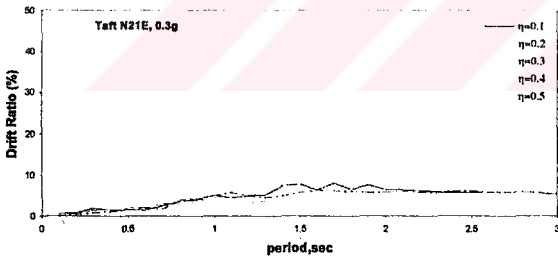
(16)



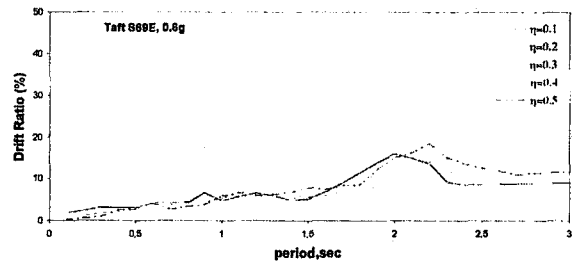
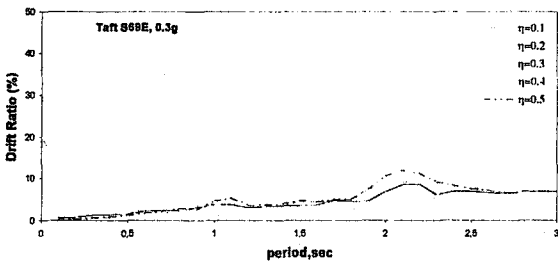
(17)



(18)

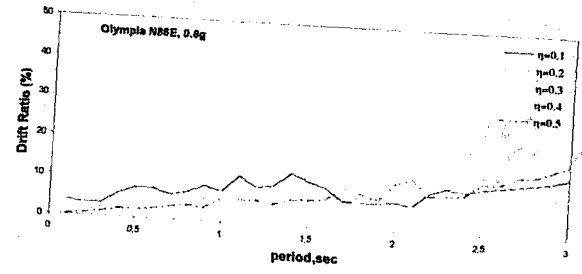
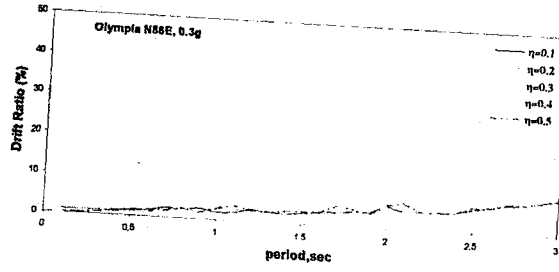


(19)

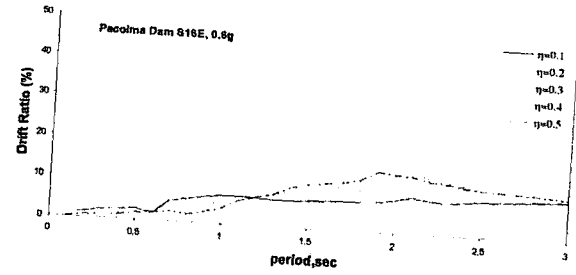
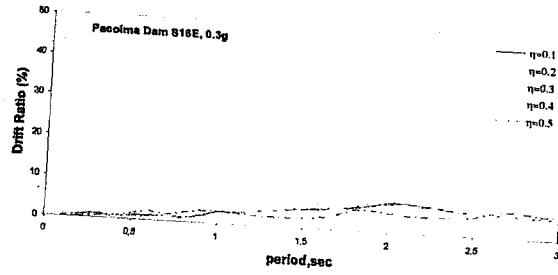


(20)

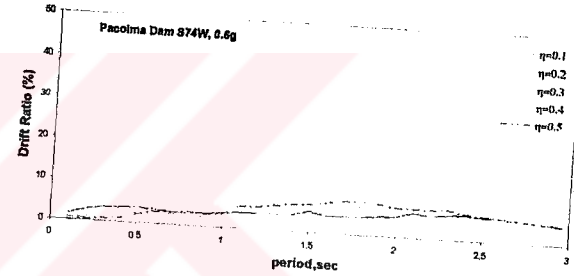
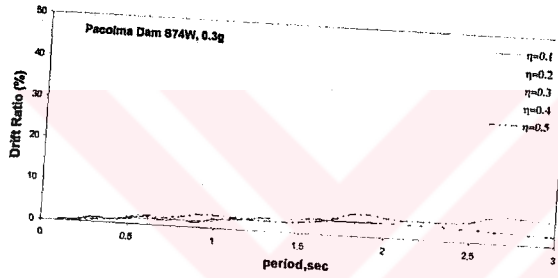
Şekil5-Devamı



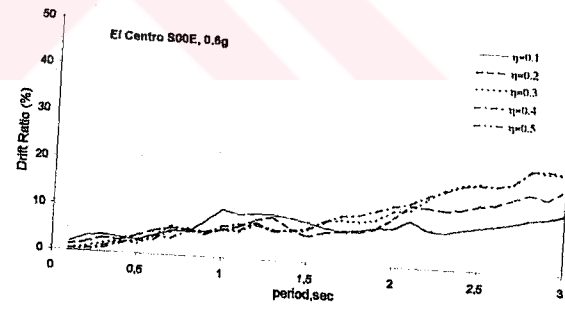
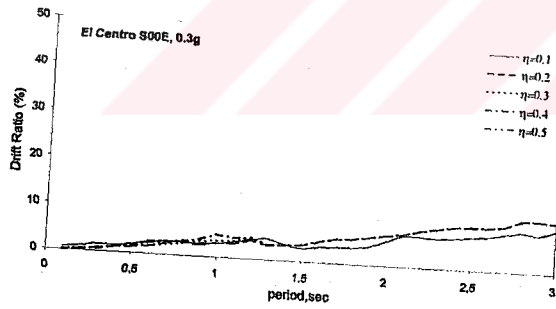
(21)



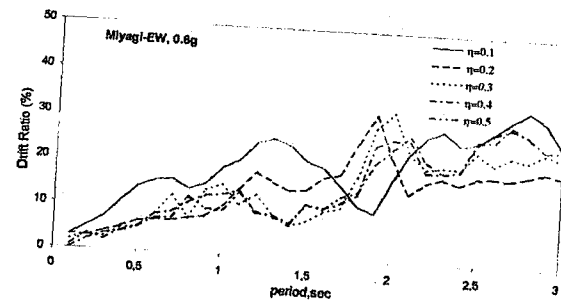
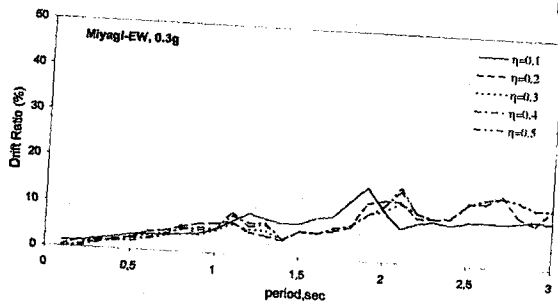
(22)



(23)

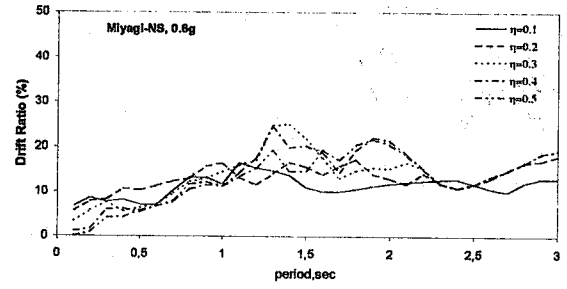
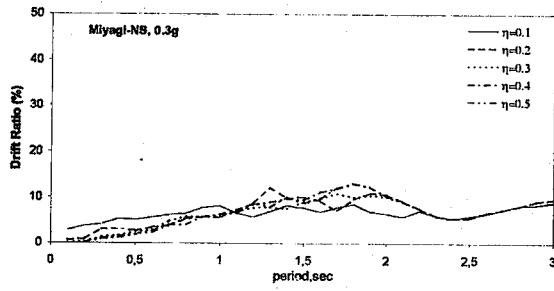


(24)

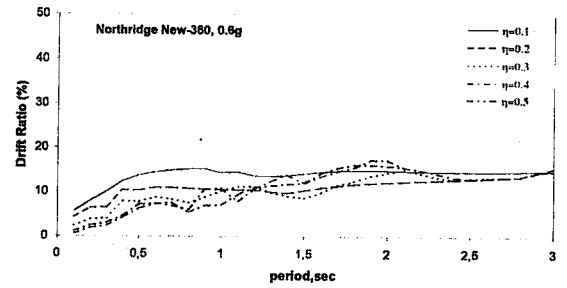
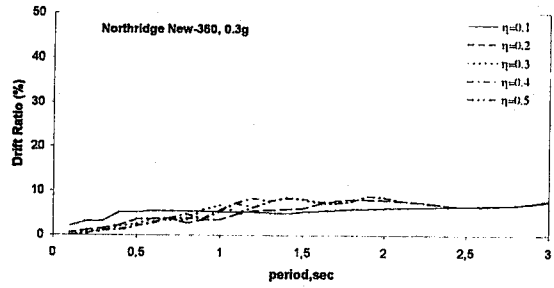


(25)

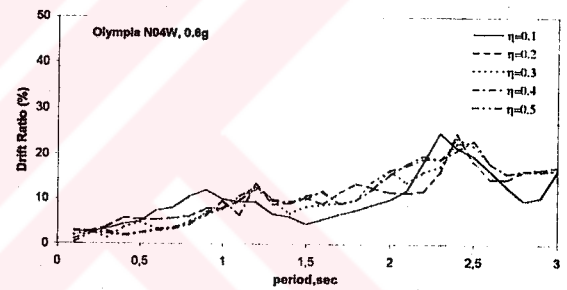
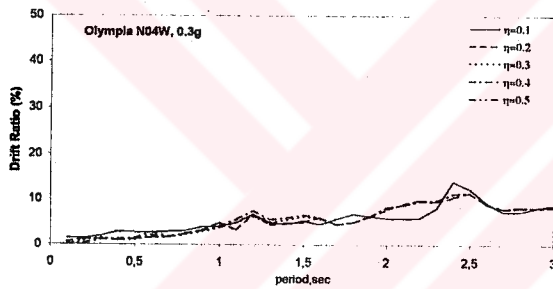
Şekil5-Devamı



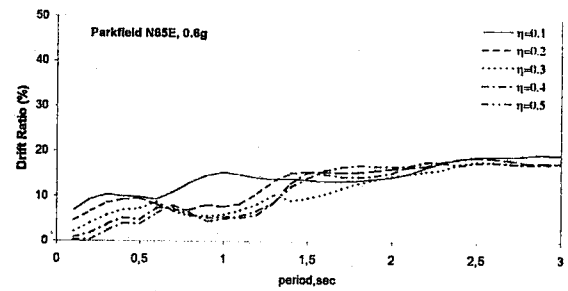
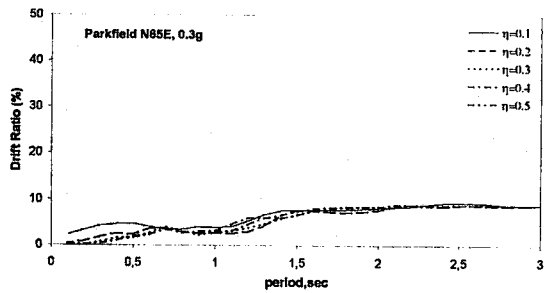
(26)



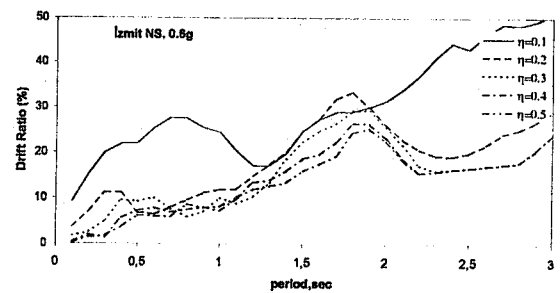
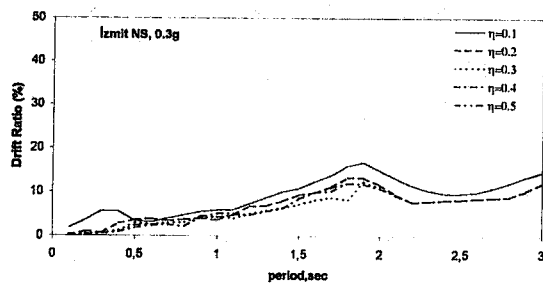
(27)



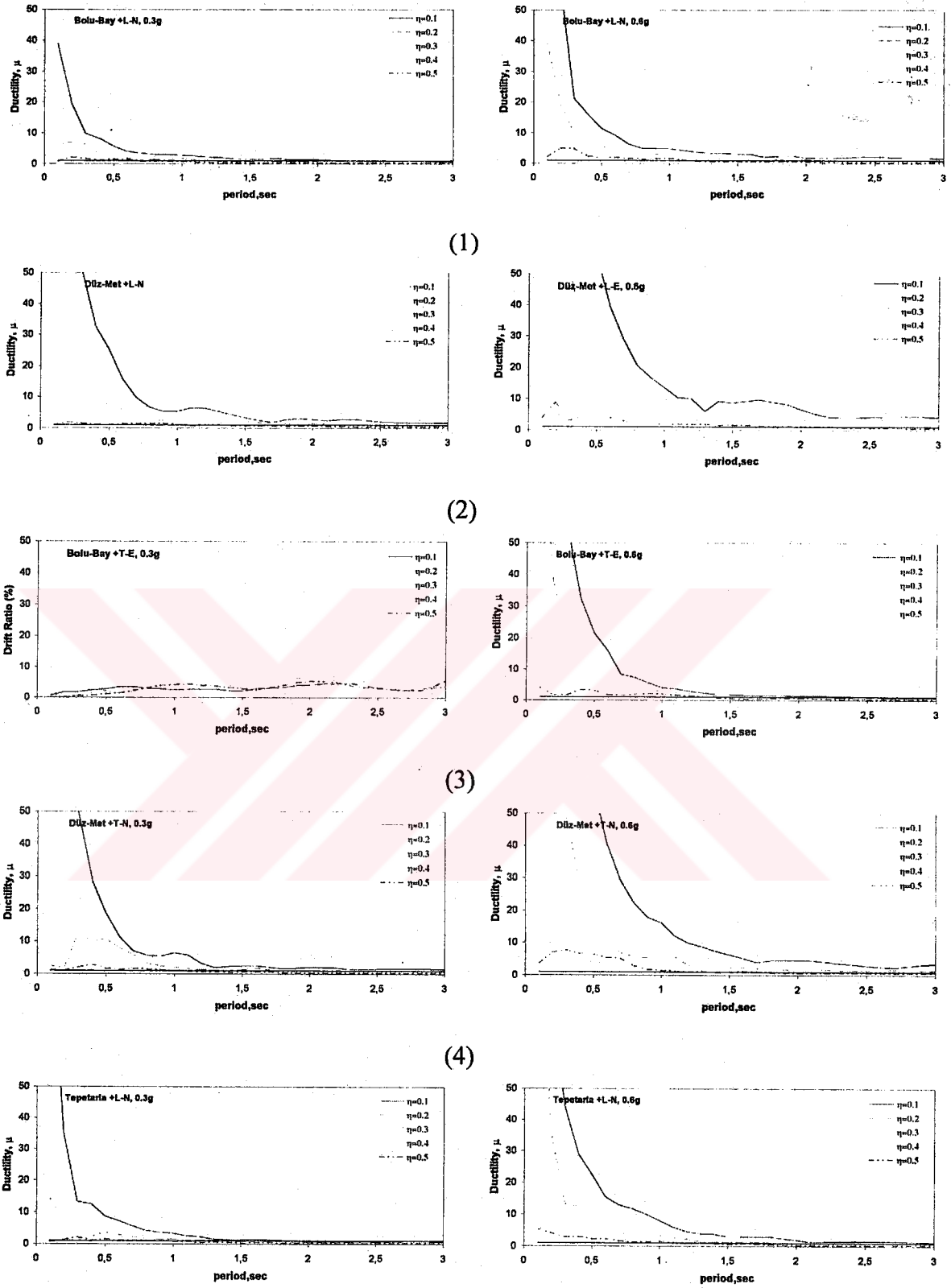
(28)



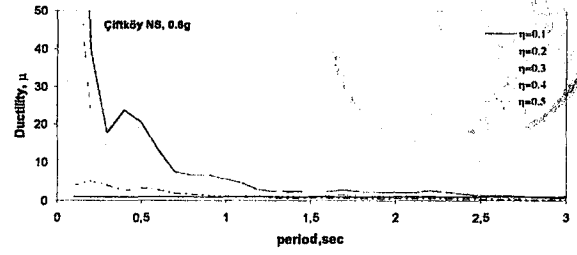
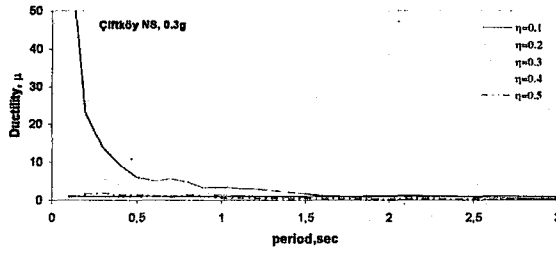
(29)



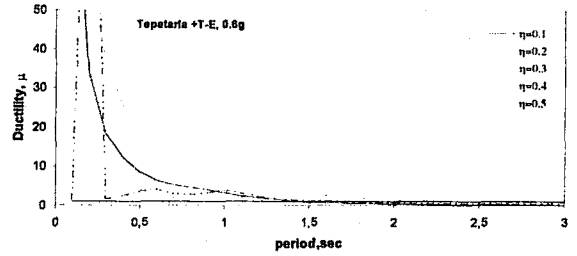
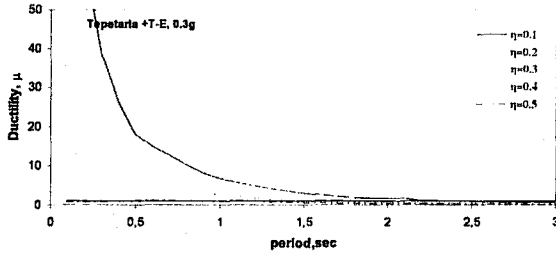
(30)



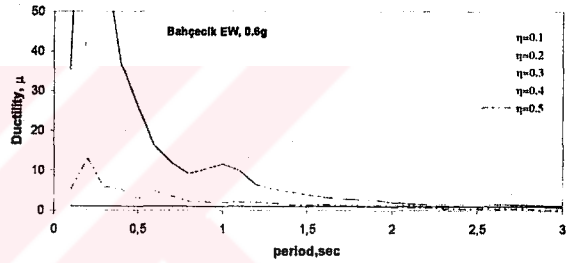
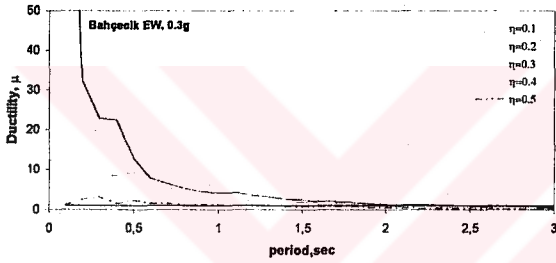
Şekil 6



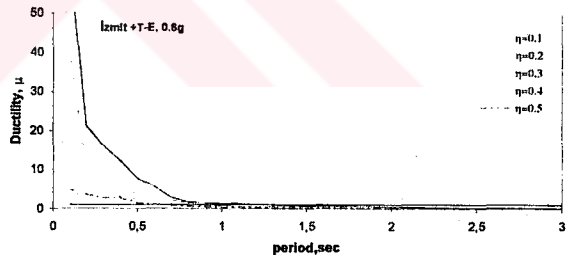
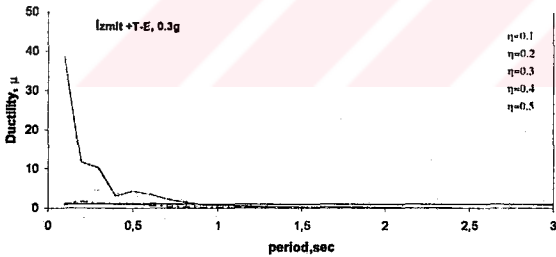
(6)



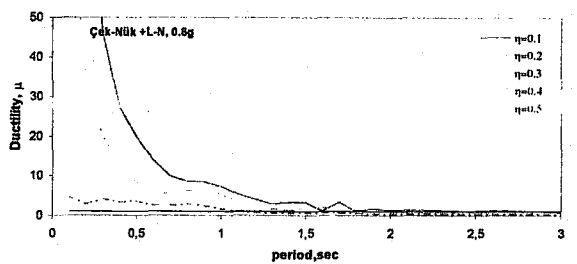
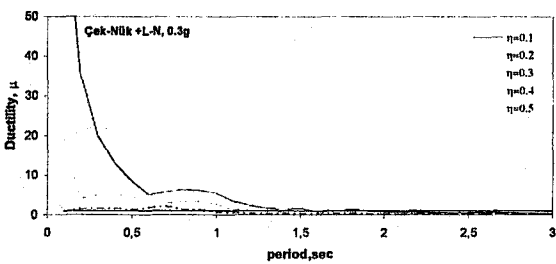
(7)



(8)

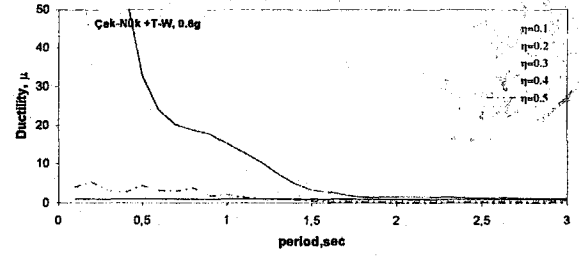
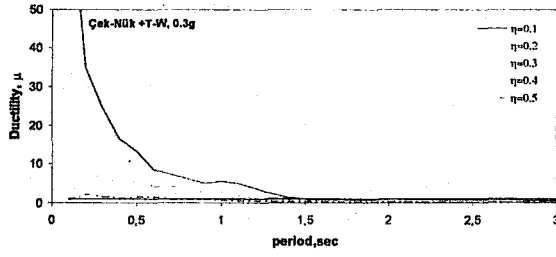


(9)

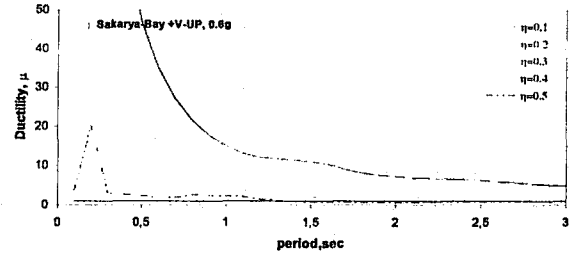
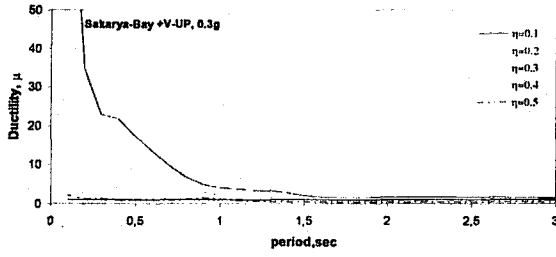


(10)

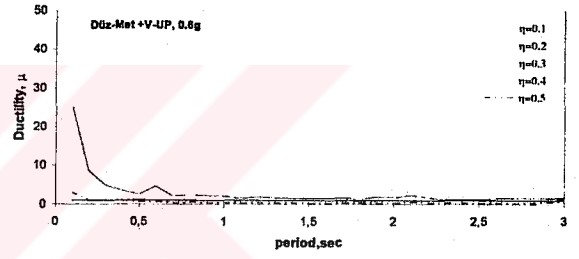
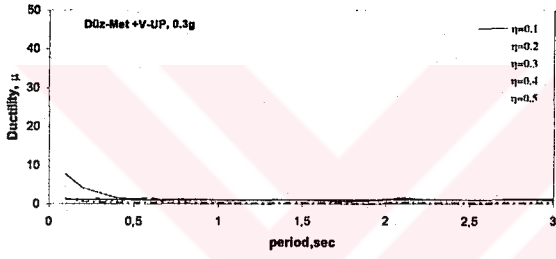
Şekil6-Devamı



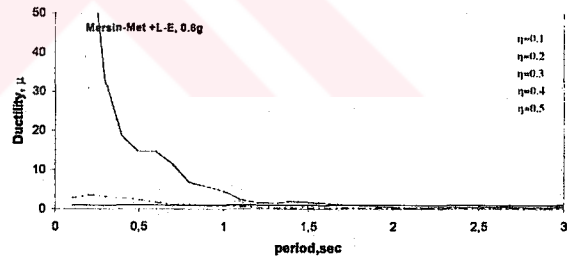
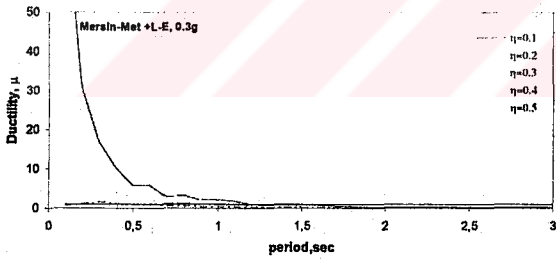
(11)



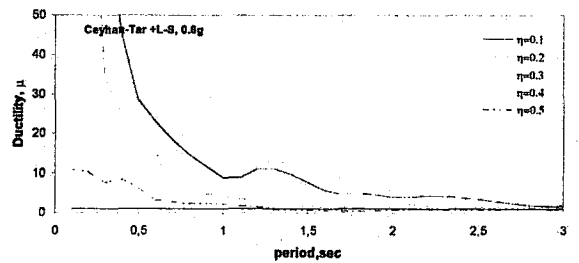
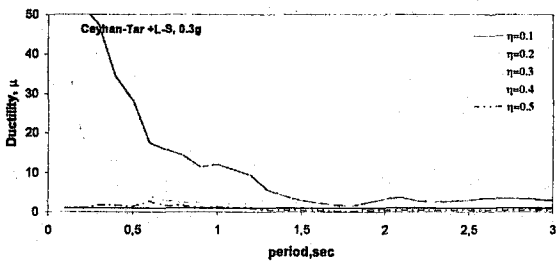
(12)



(13)

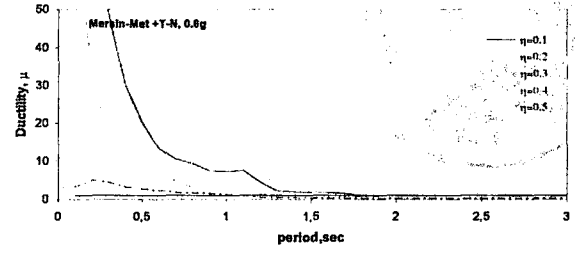
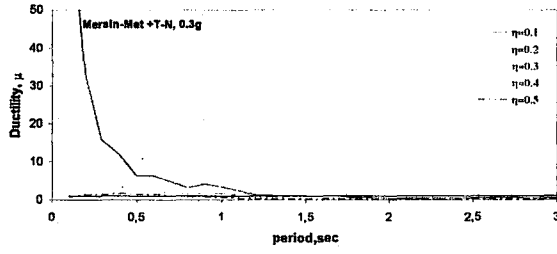


(14)

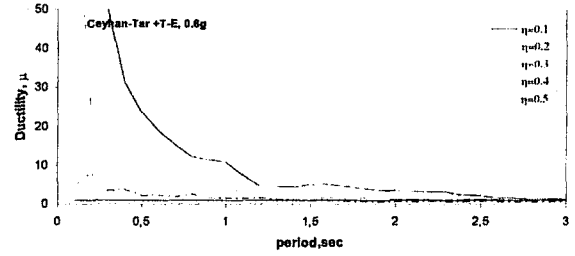
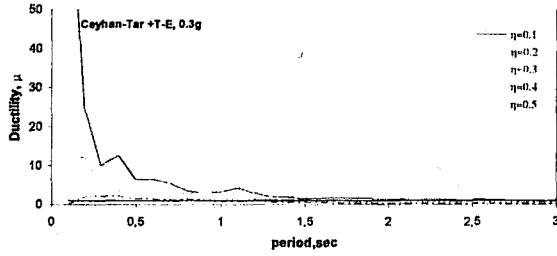


(15)

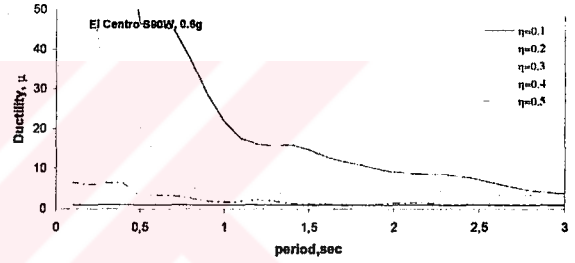
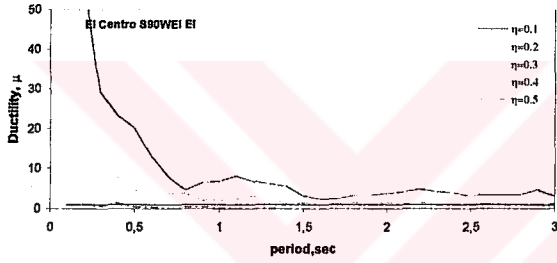
Şekil6-Devamı



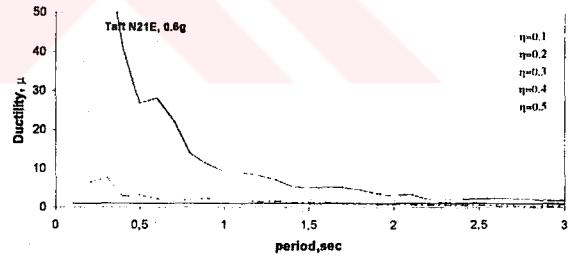
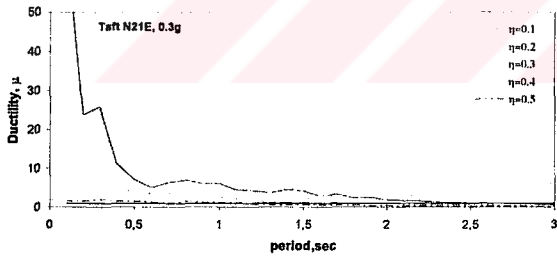
(16)



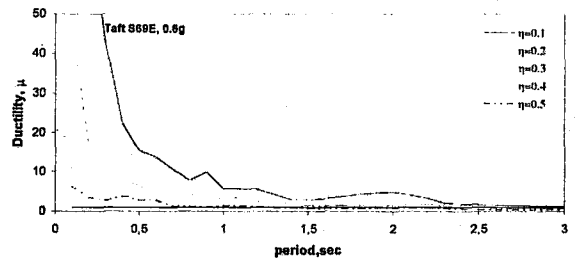
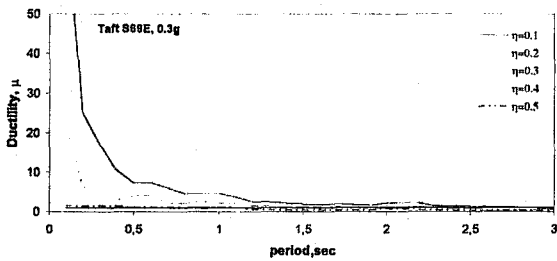
(17)



(18)

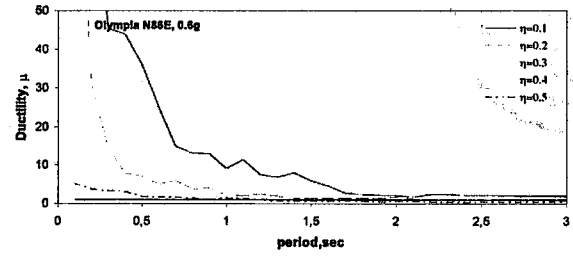
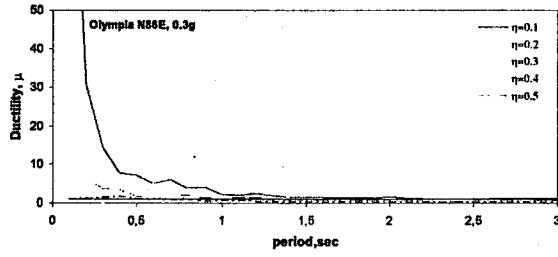


(19)

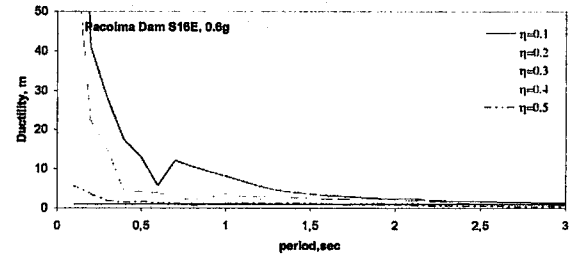
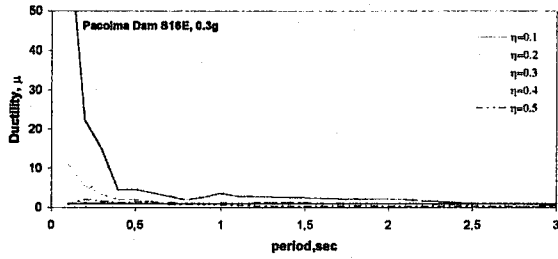


(20)

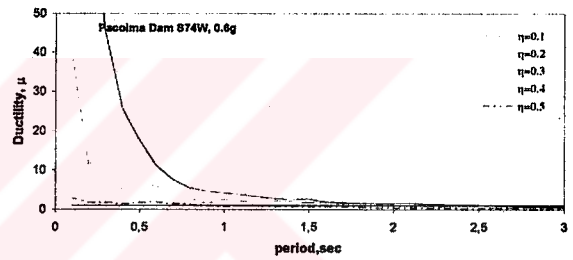
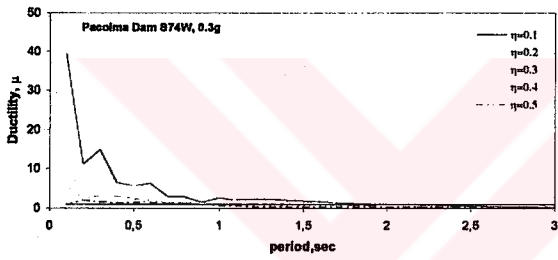
Şekil6-Devamı



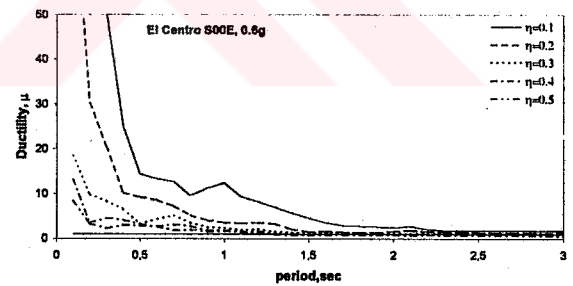
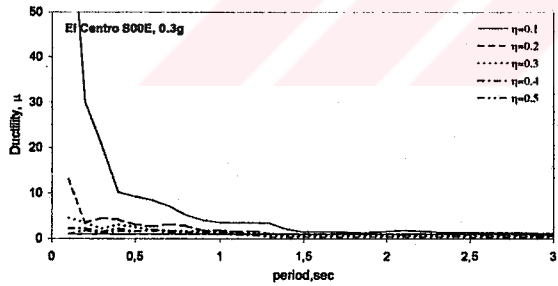
(21)



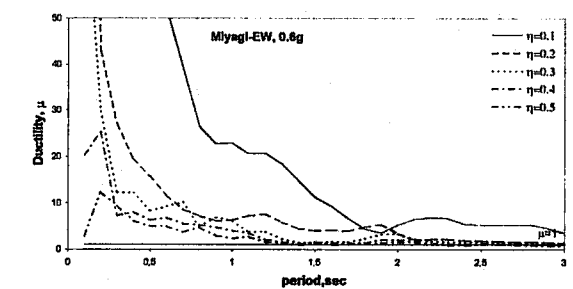
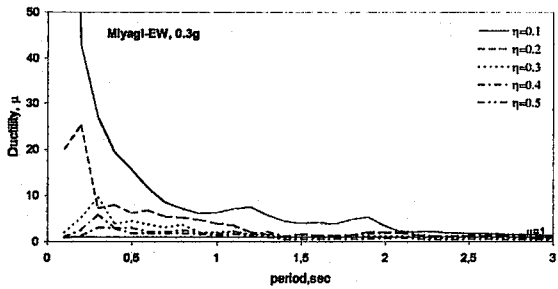
(22)



(23)

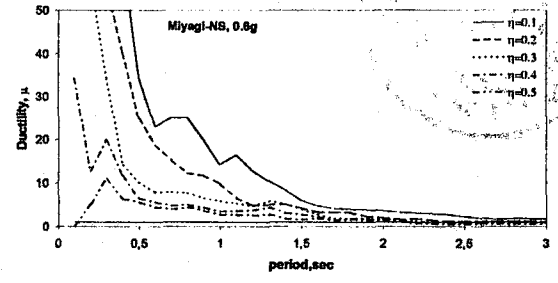
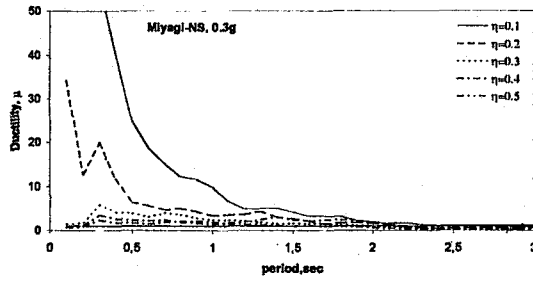


(24)

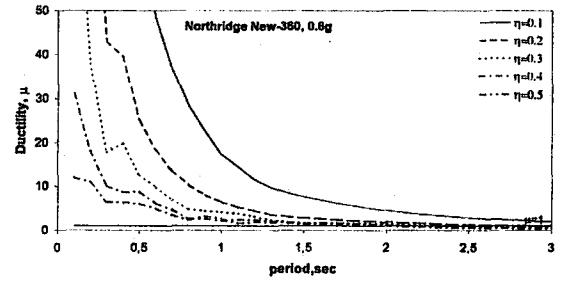
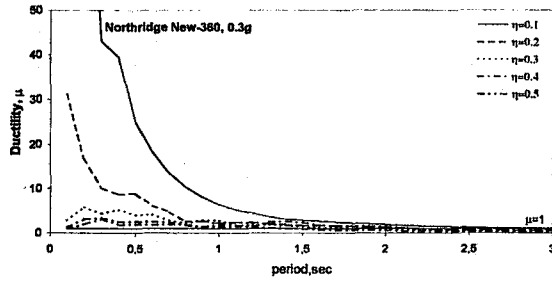


(25)

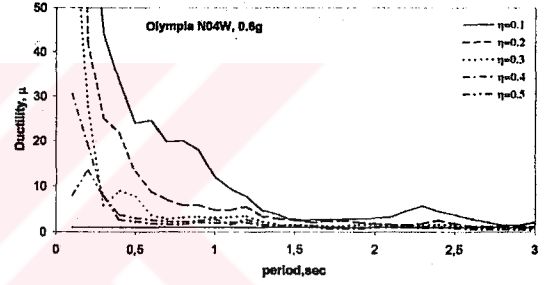
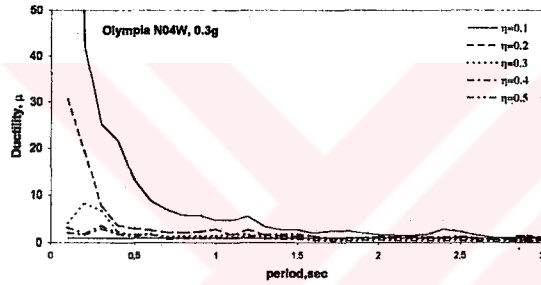
Şekil6-Devamı



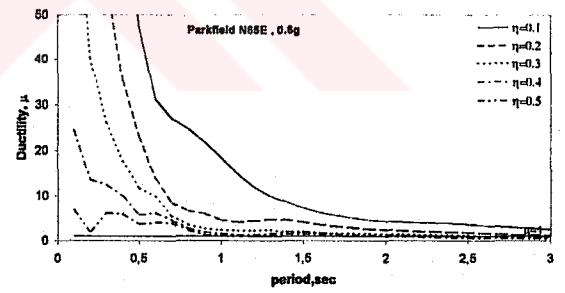
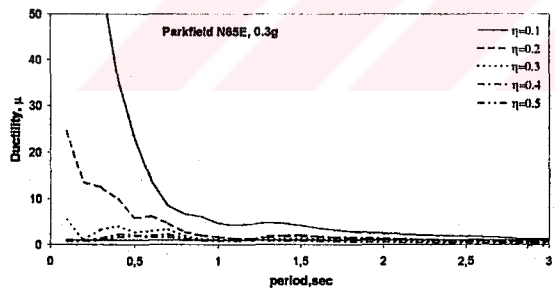
(26)



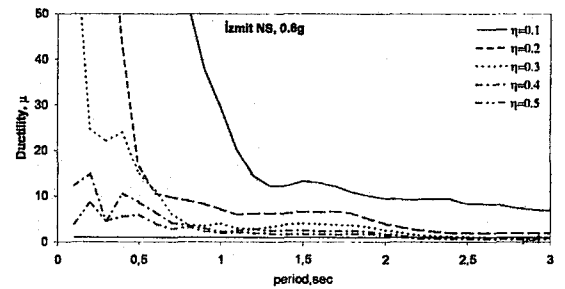
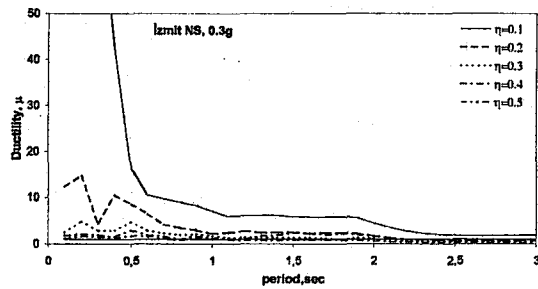
(27)



(28)

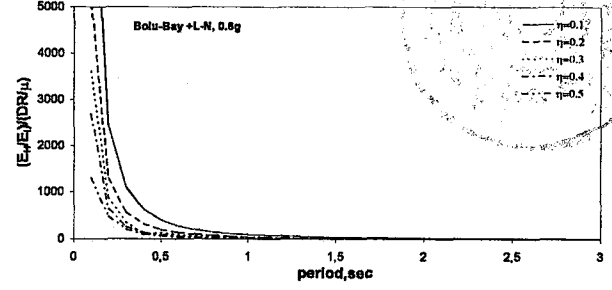
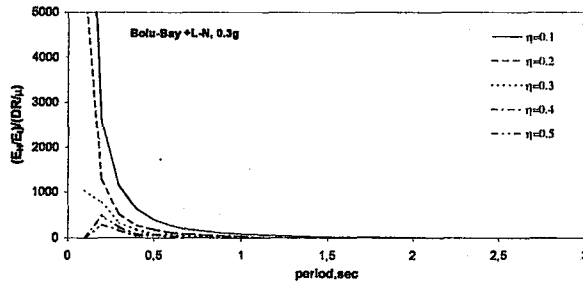


(29)

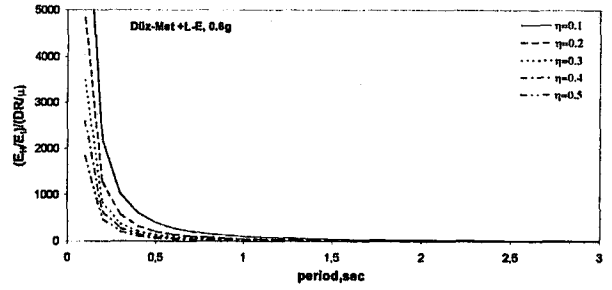
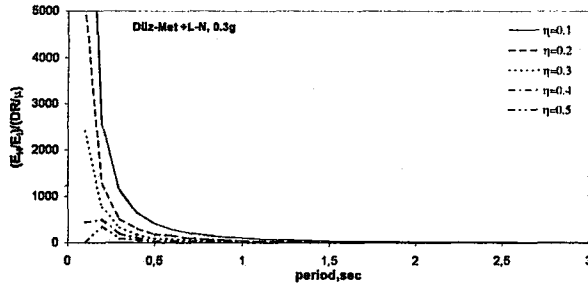


(30)

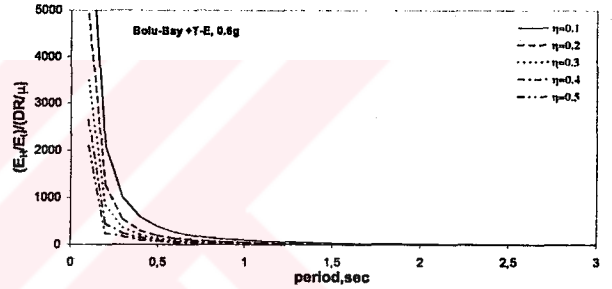
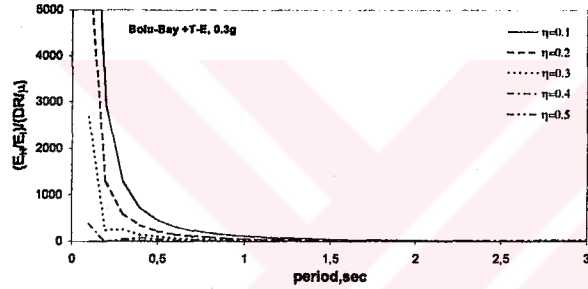
Şekil6-Devamı



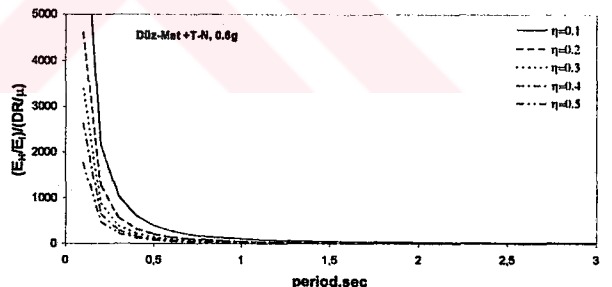
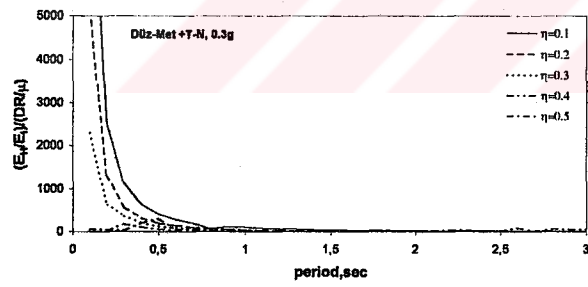
(1)



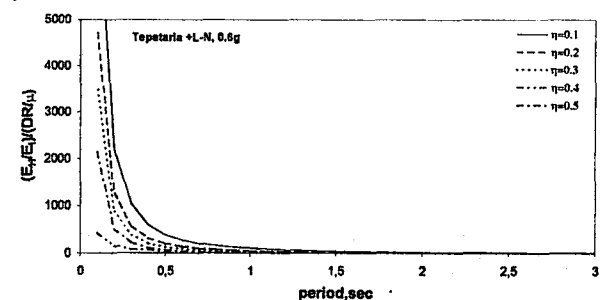
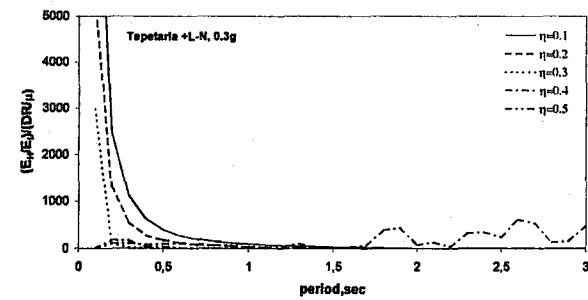
(2)



(3)

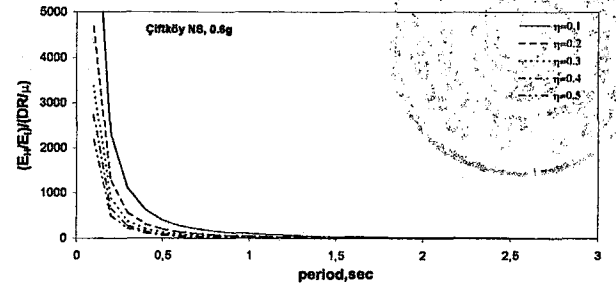
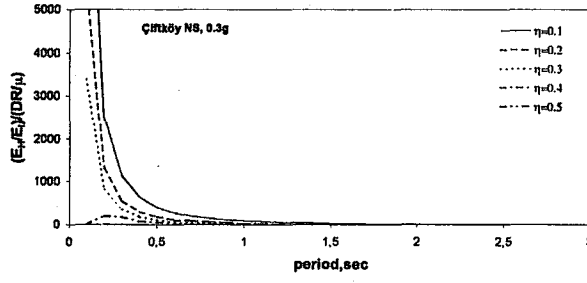


(4)

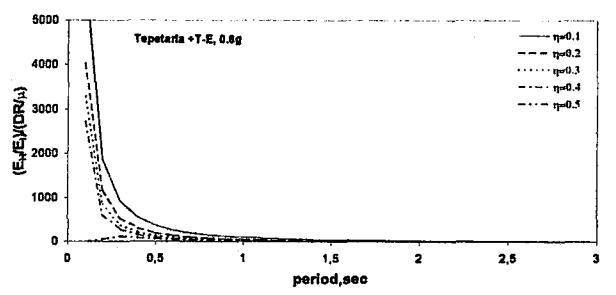
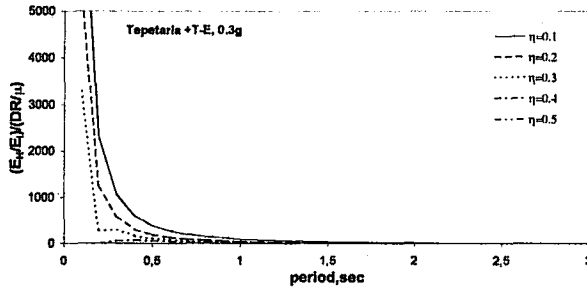


(5)

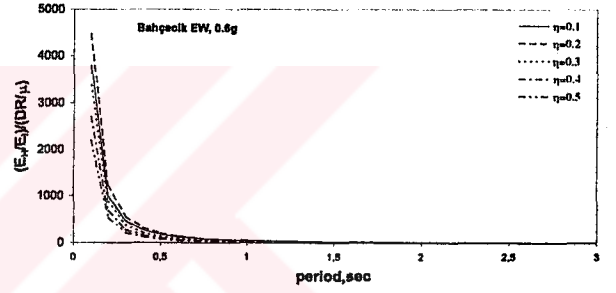
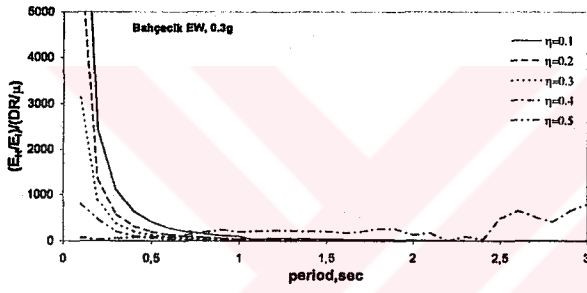
Şekil7



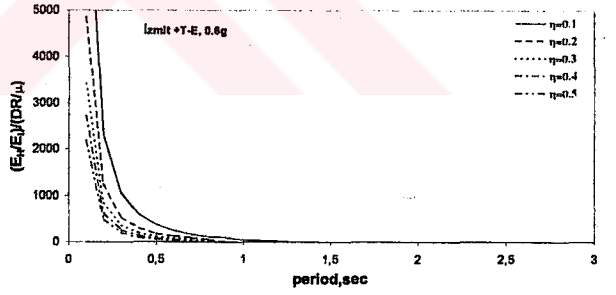
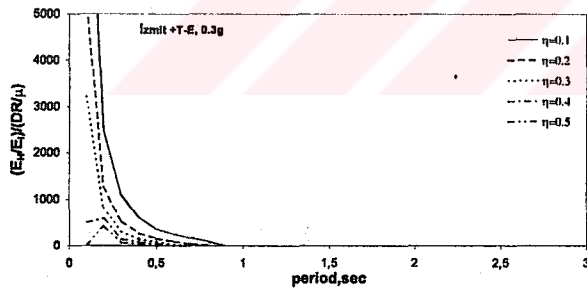
(6)



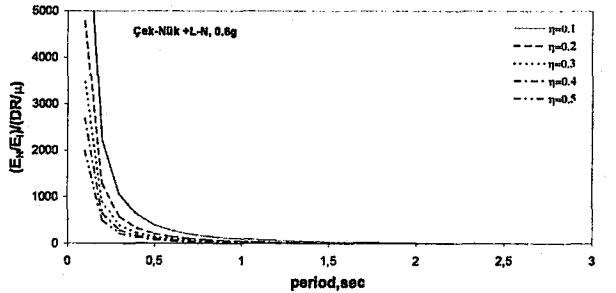
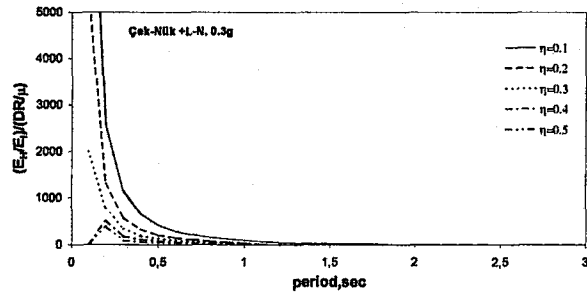
(7)



(8)

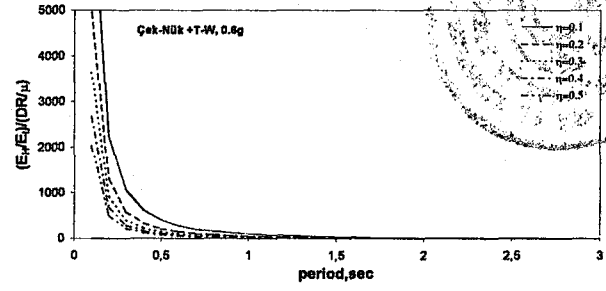
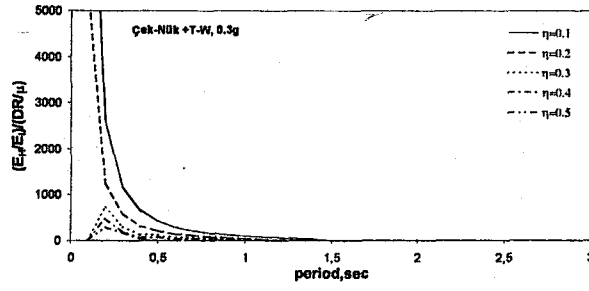


(9)

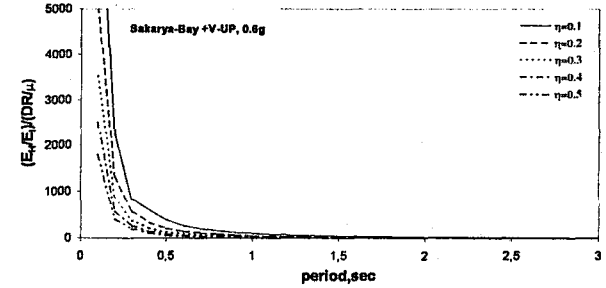
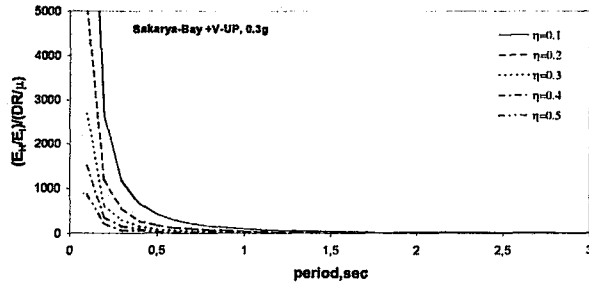


(10)

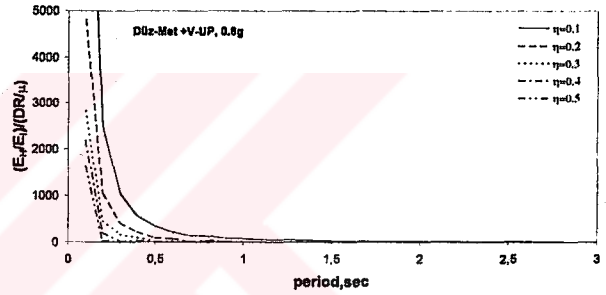
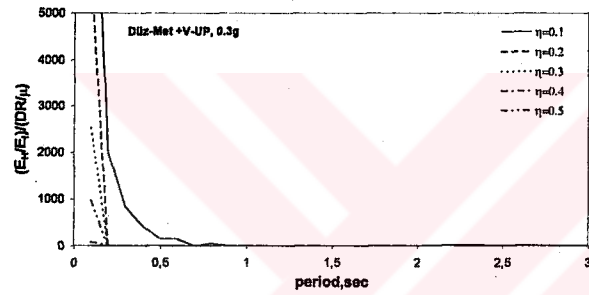
Şekil7-Devamı



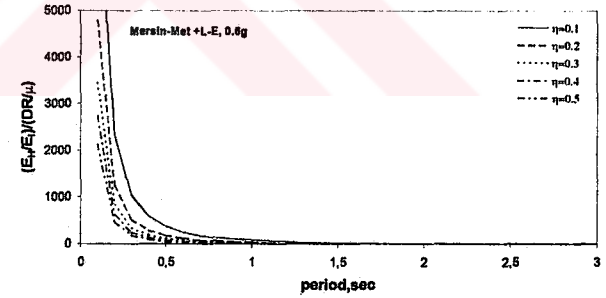
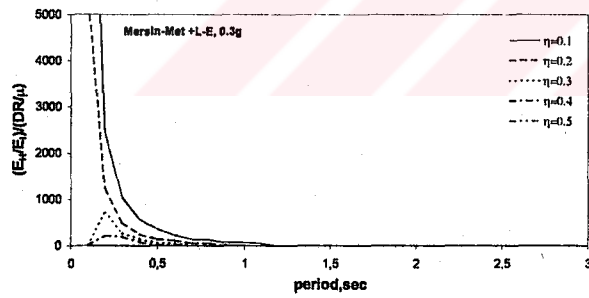
(11)



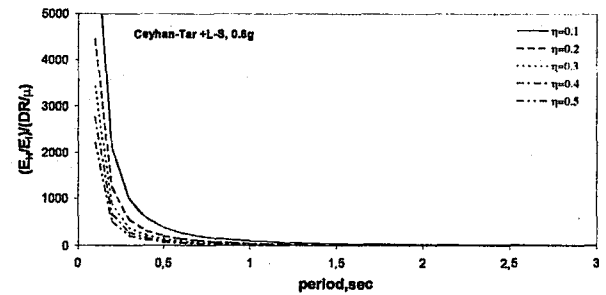
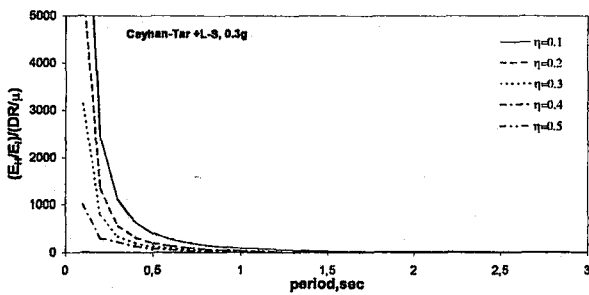
(12)



(13)

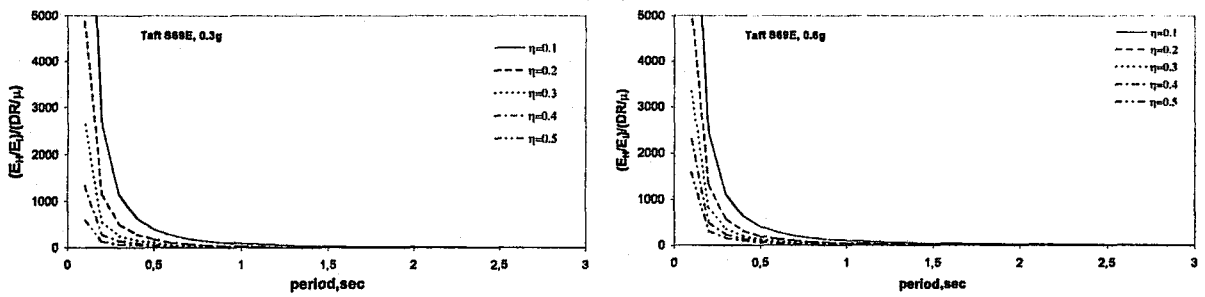
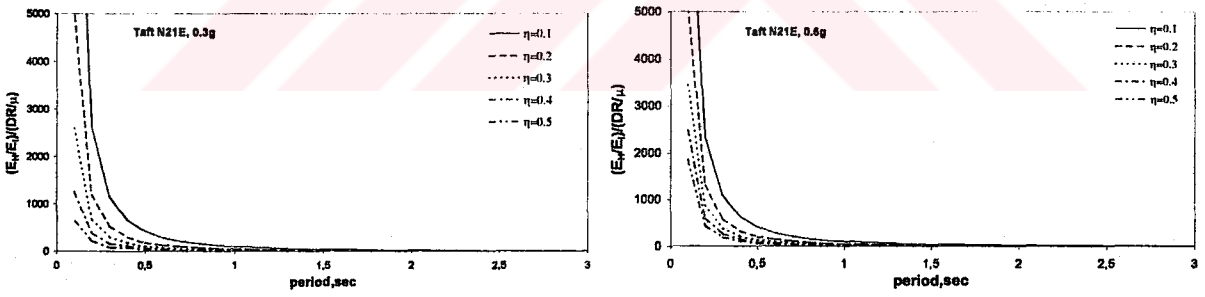
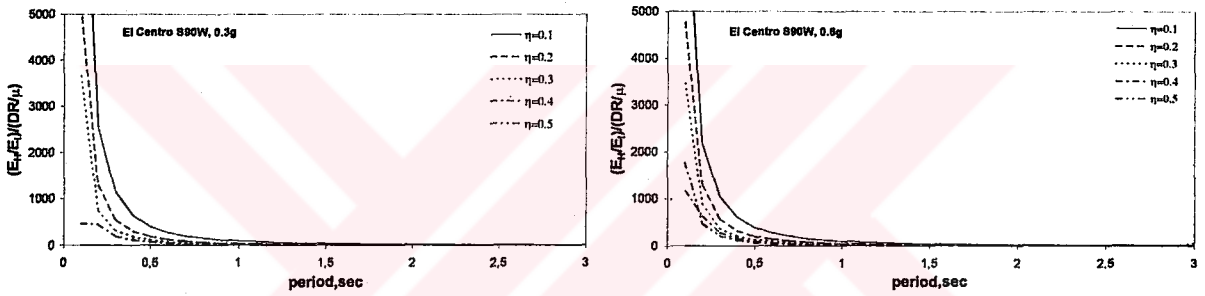
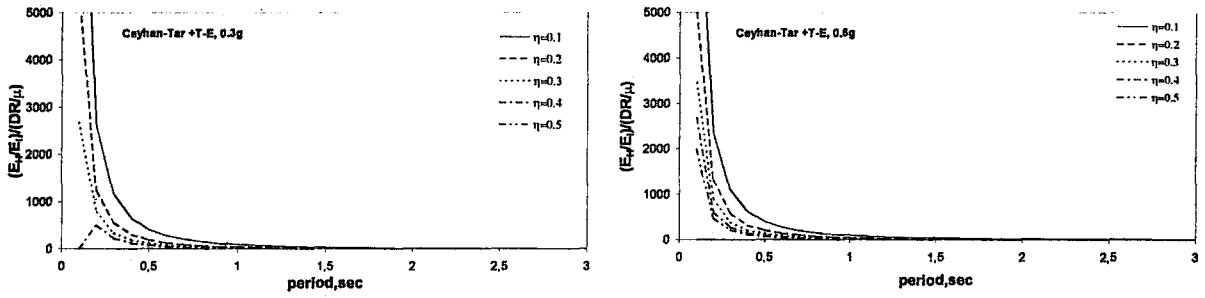
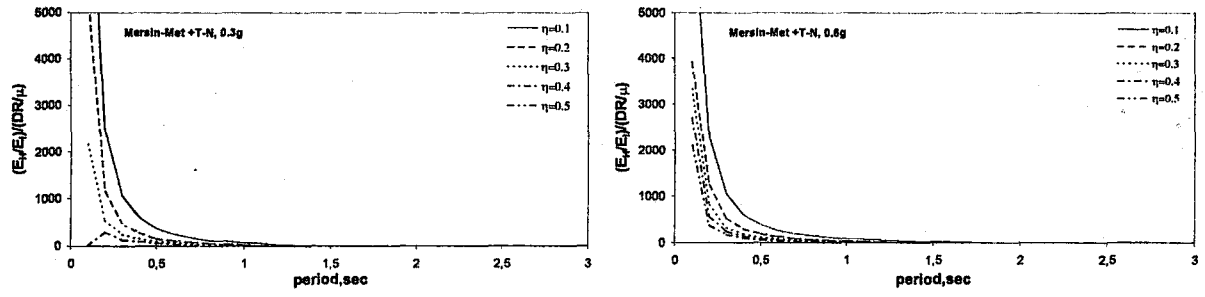


(14)

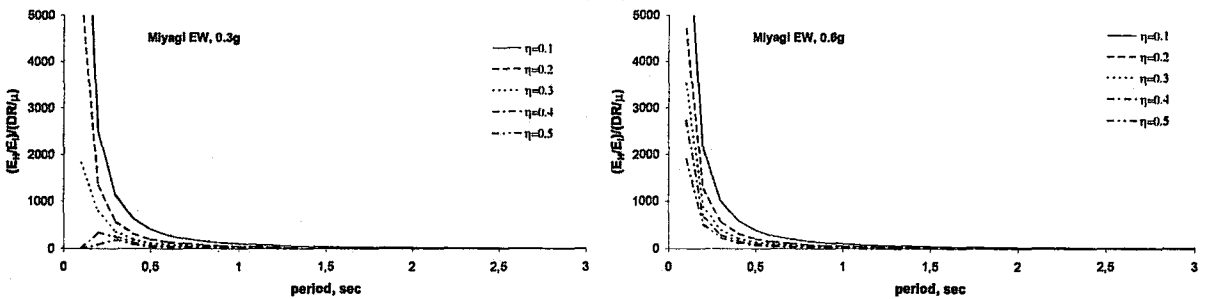
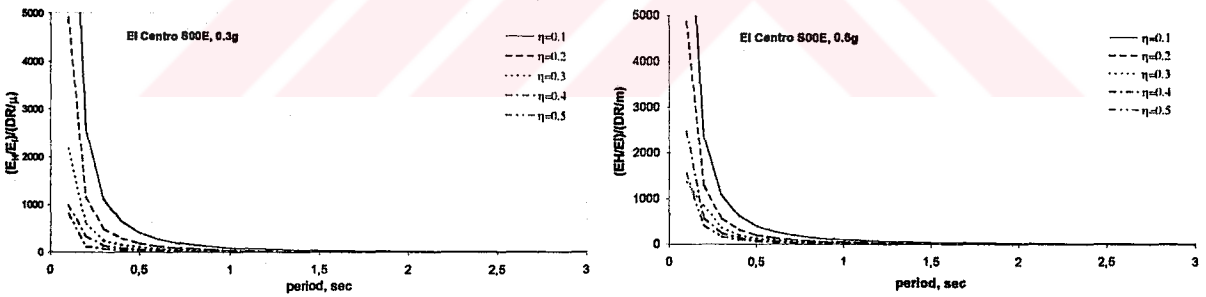
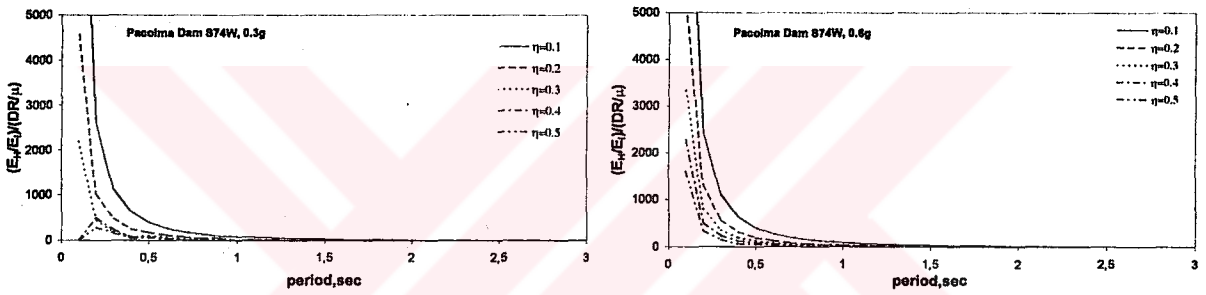
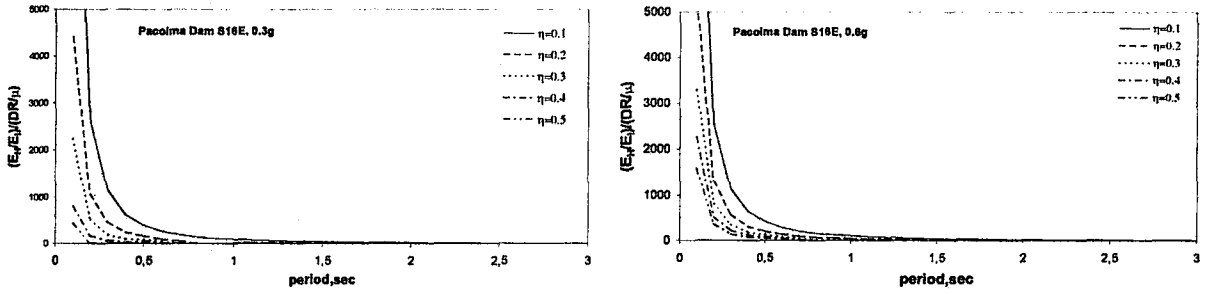
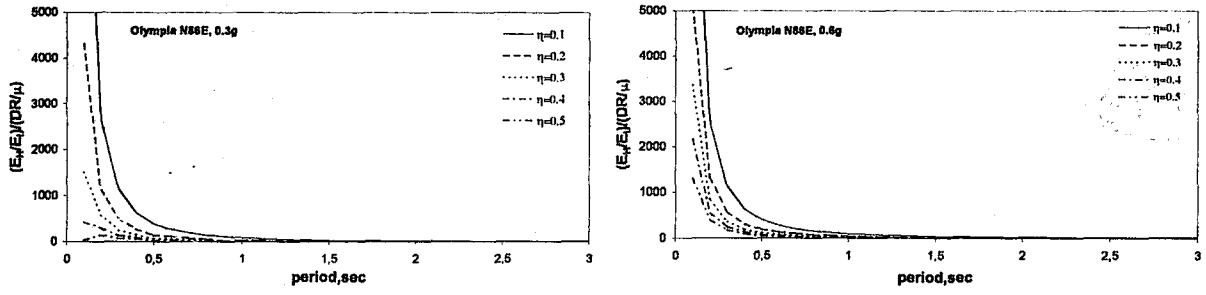


(15)

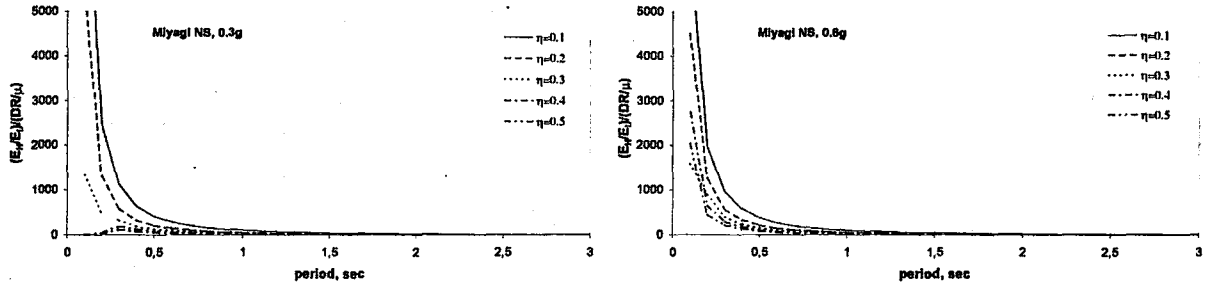
Şekil7-Devamı



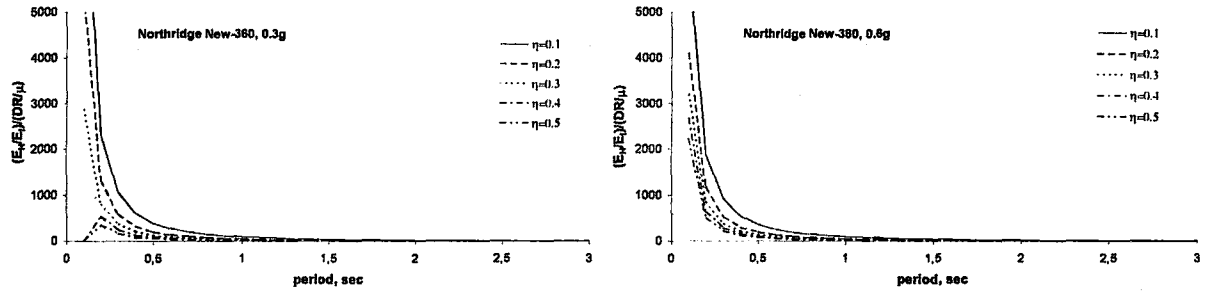
Şekil7-Devamı



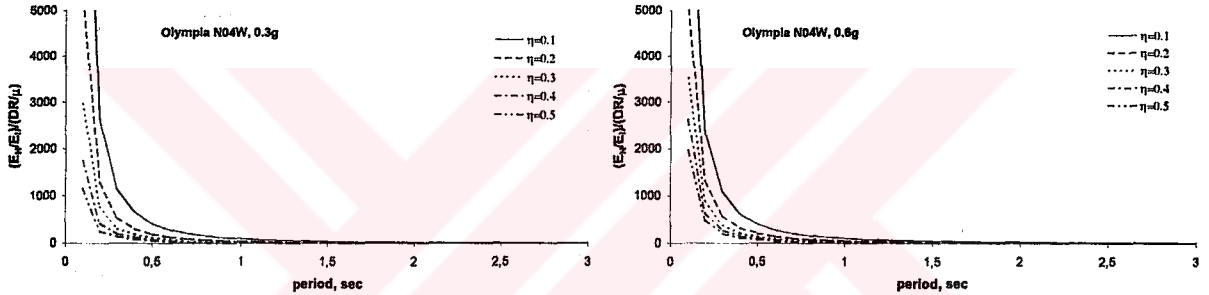
Şekil7-Devamı



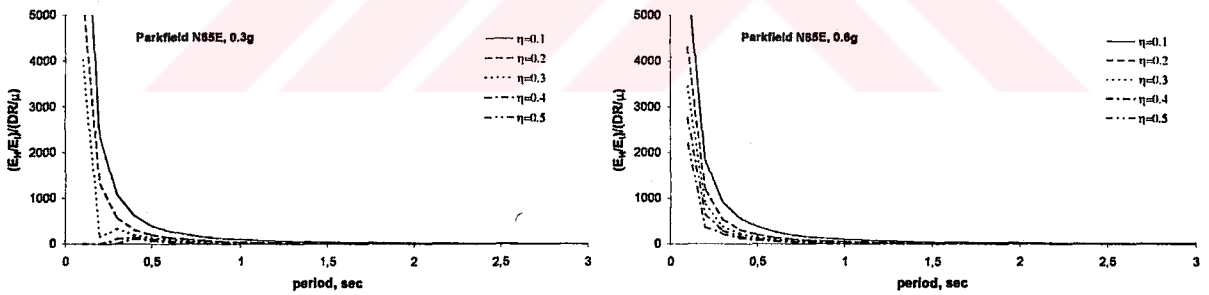
(26)



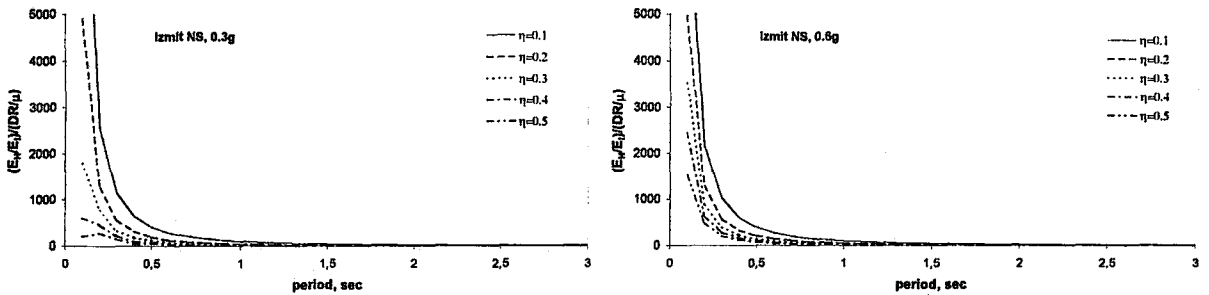
(27)



(28)

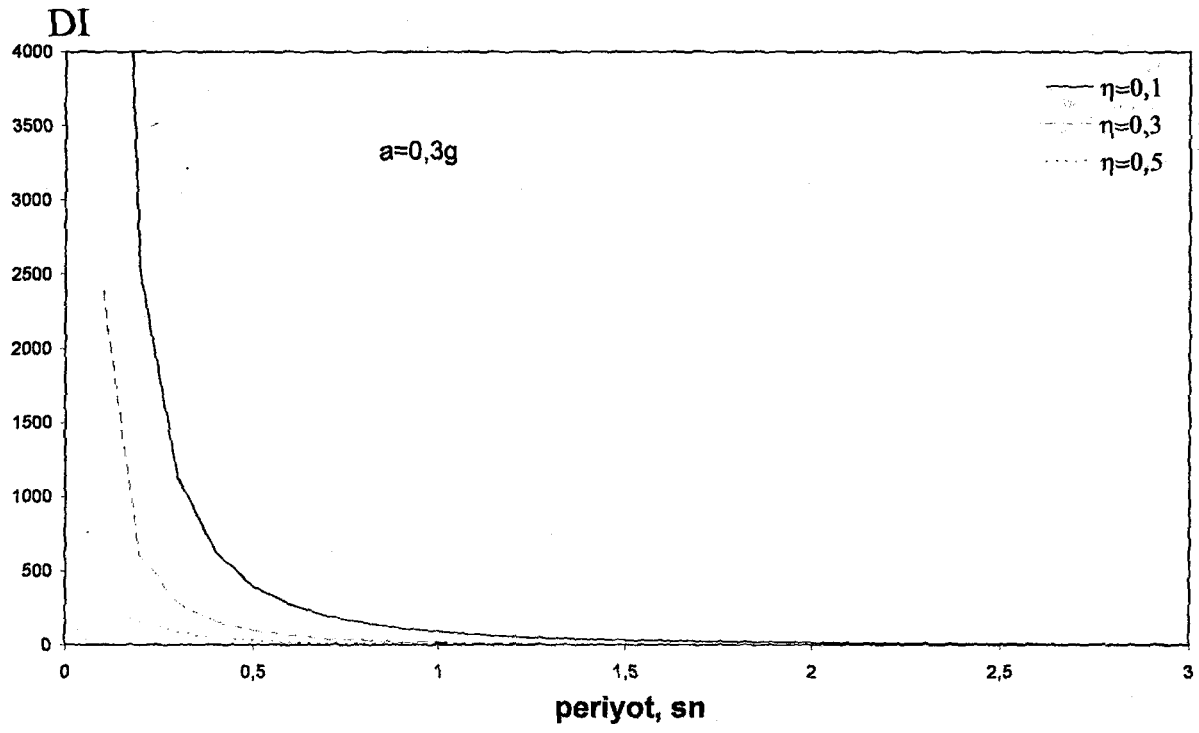


(29)

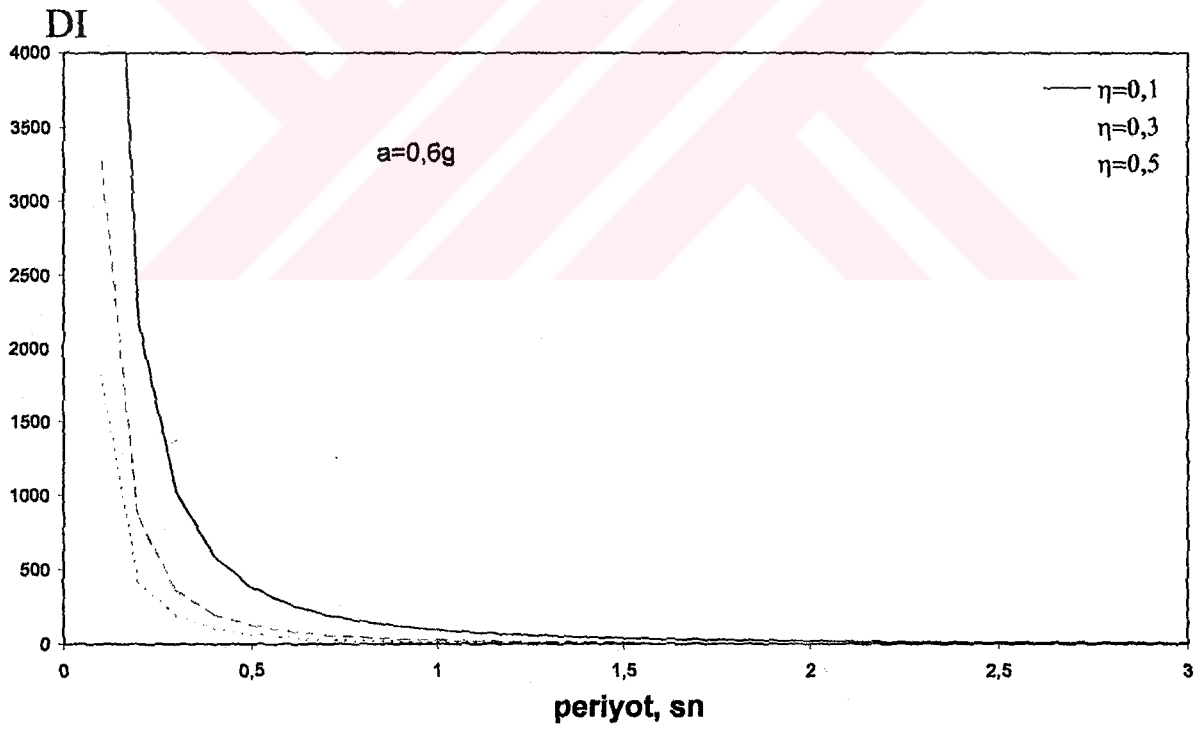


(30)

Şekil7-Devamı



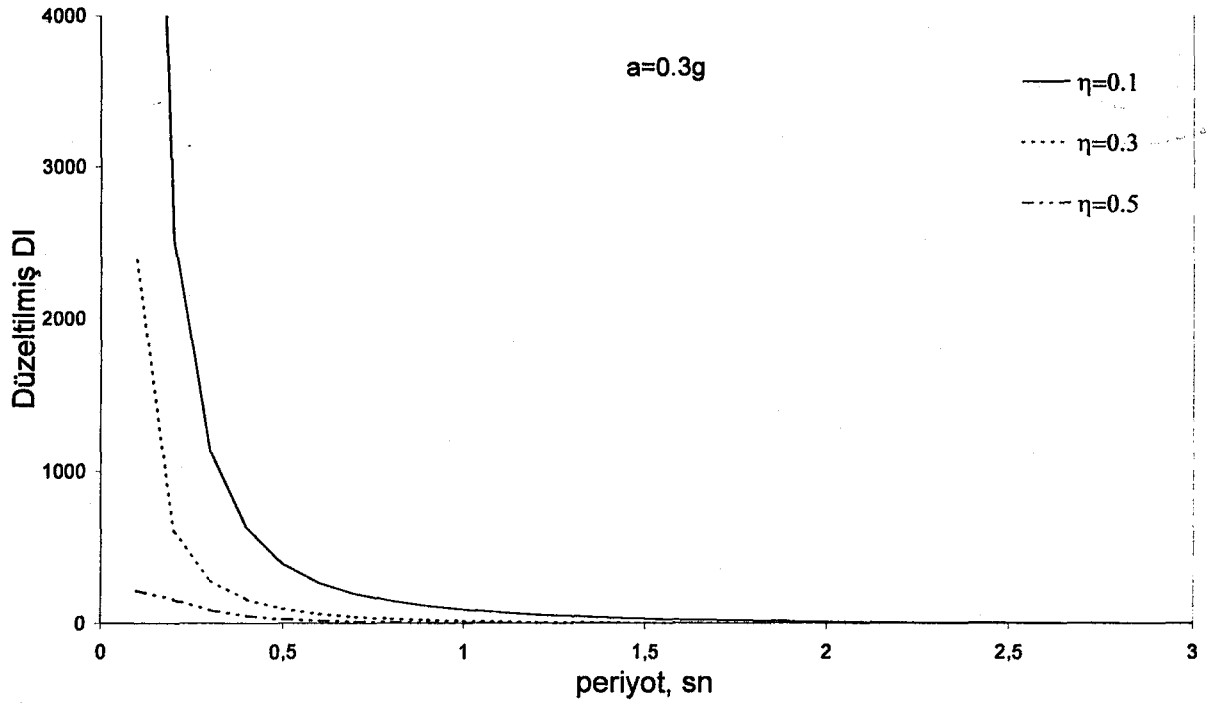
(a)



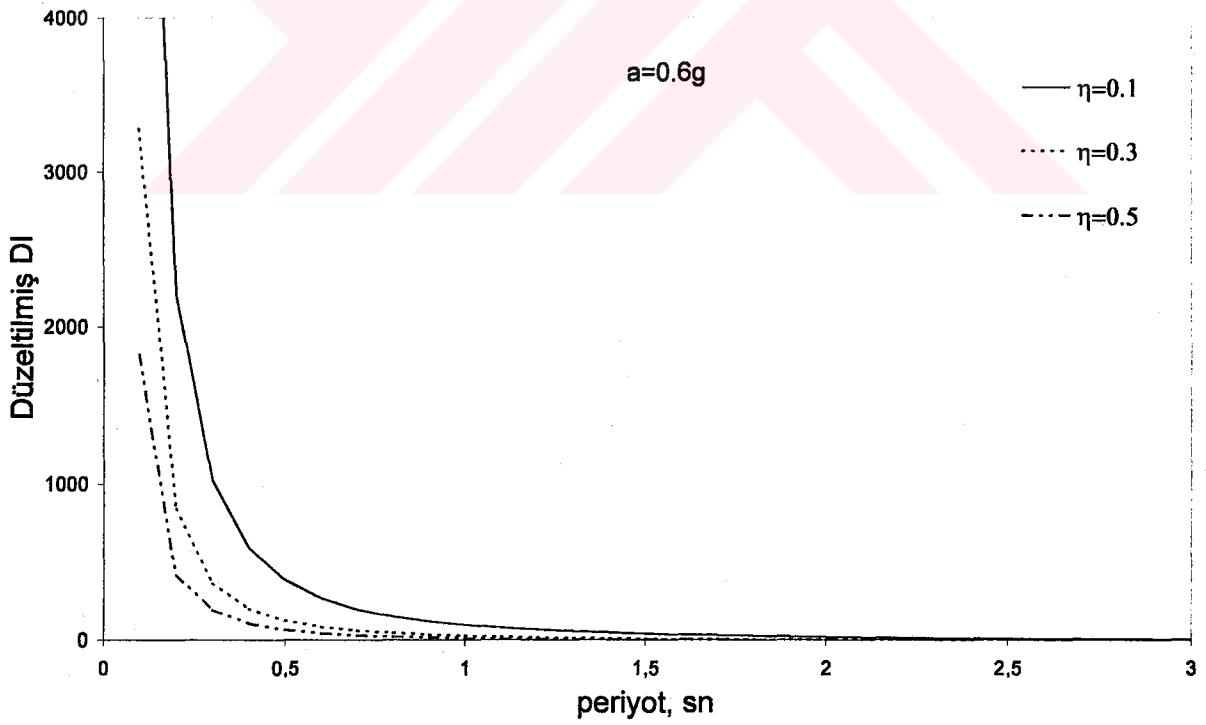
(b)

Şekil8

DI Grafikleri



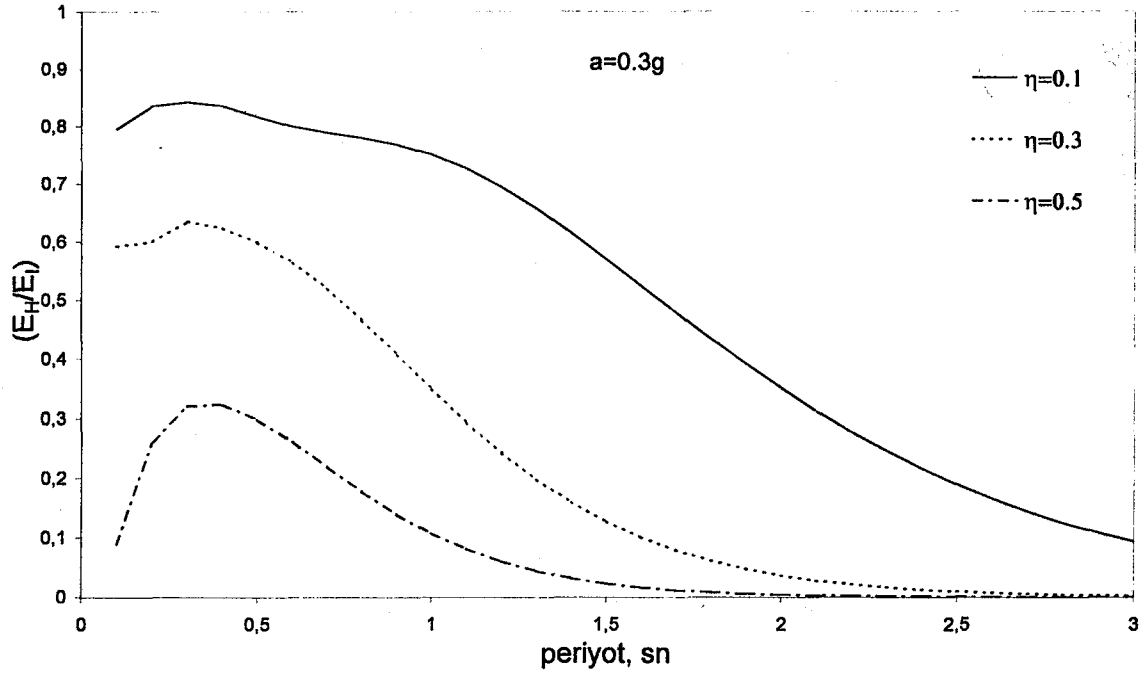
(c)



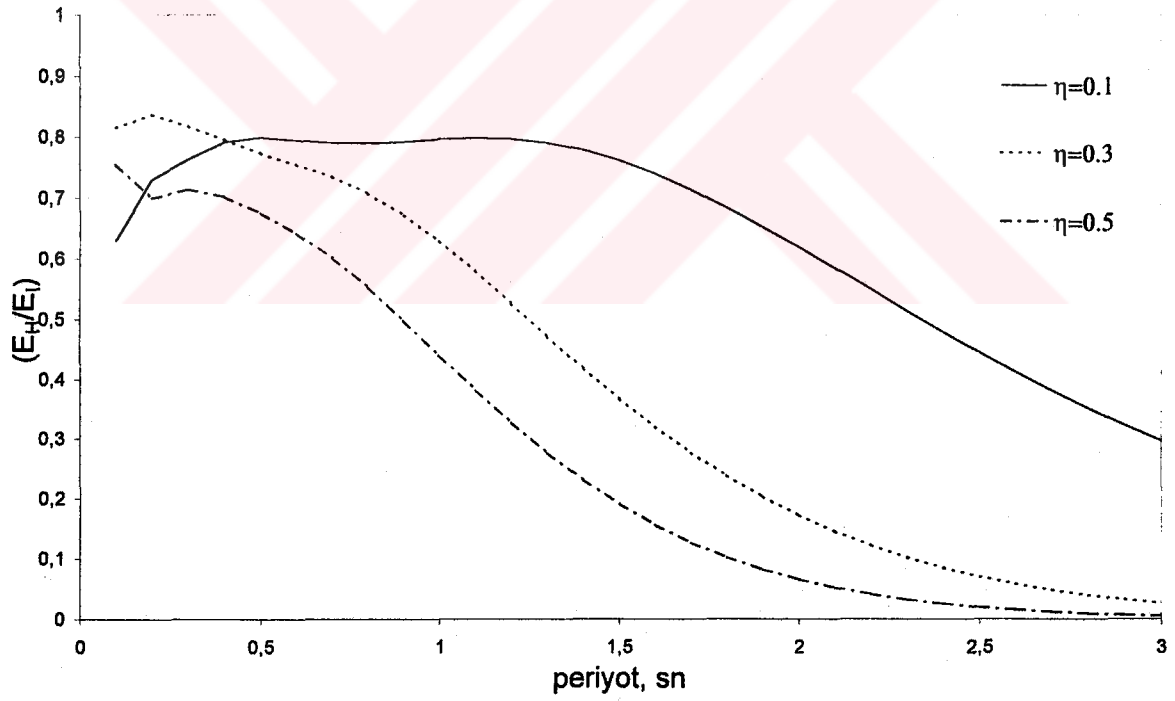
(d)

Şekil8-Devamı

Düzeltilmiş DI Grafikleri



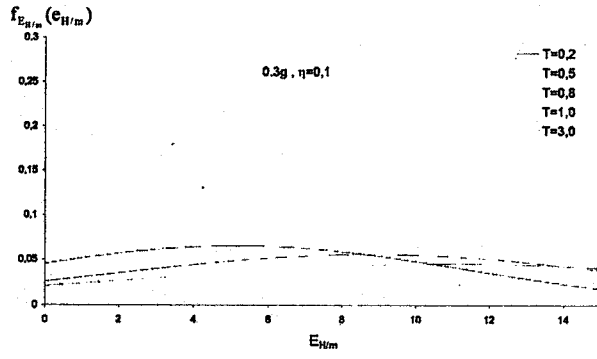
(a)



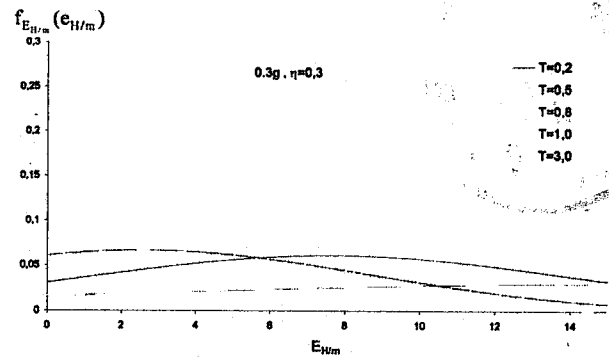
(b)

Şekil 9

Düzeltilmiş E_H/E_I Grafikleri

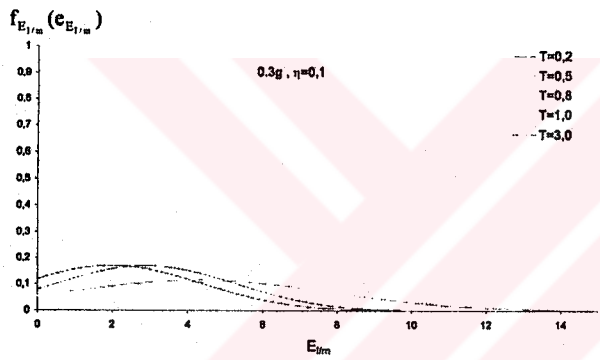


(a)

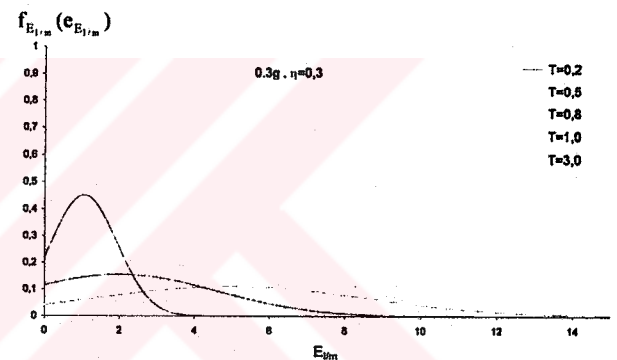


(b)

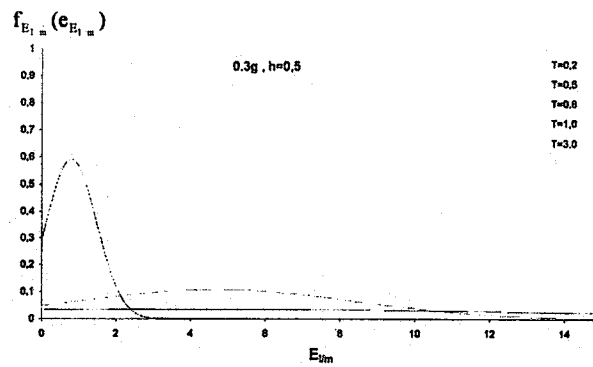
(c)



(d)

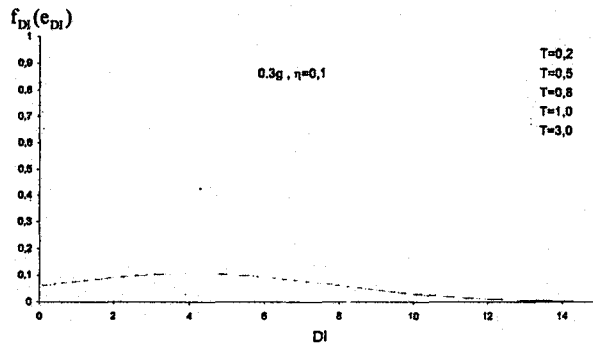


(e)

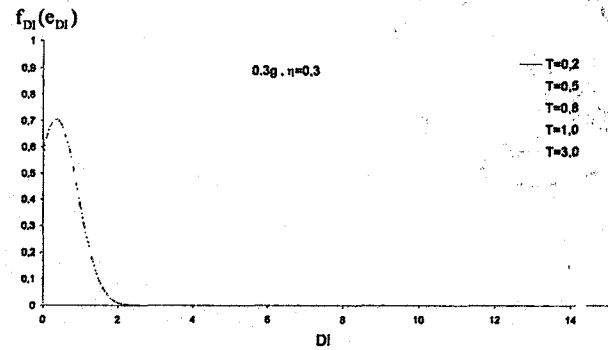


(f)

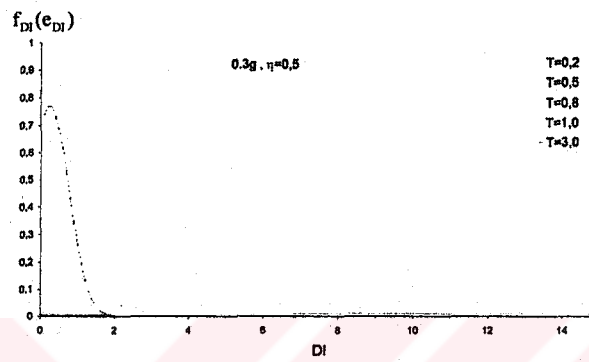
Şekil 10



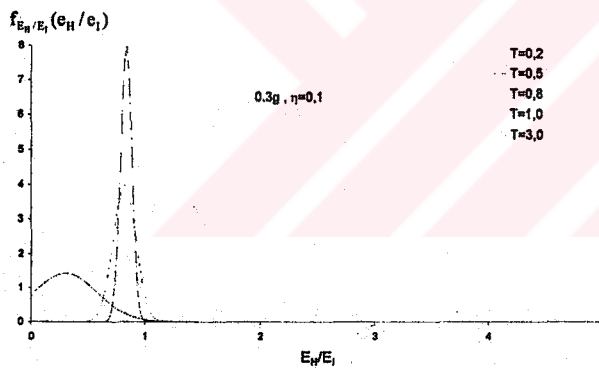
(g)



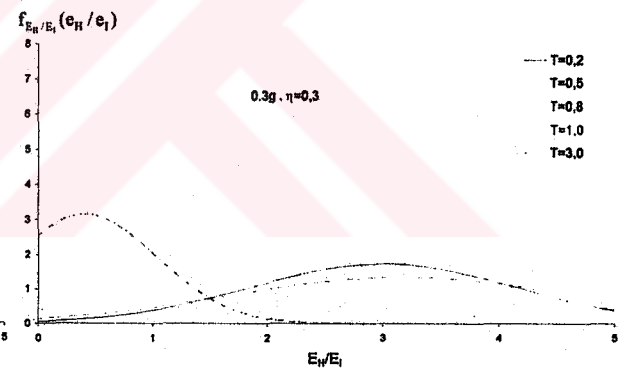
(i)



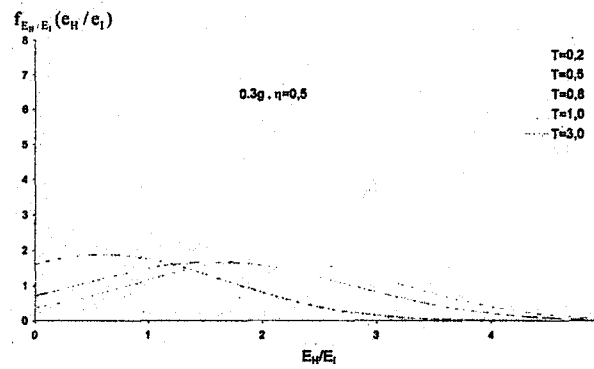
(i)



(j)

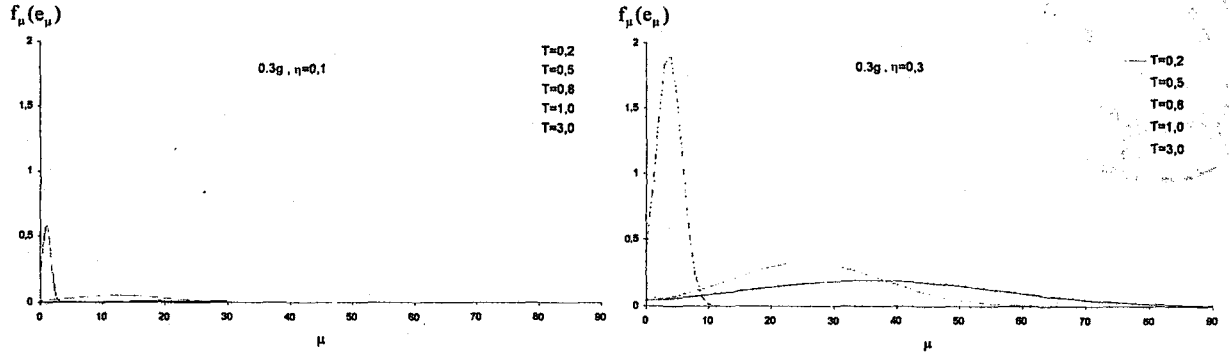


(k)



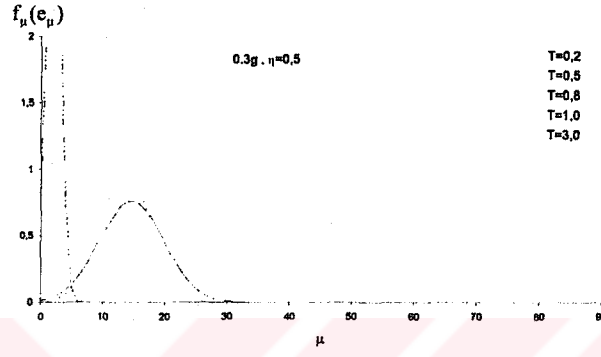
(l)

Şekil10-Devamı

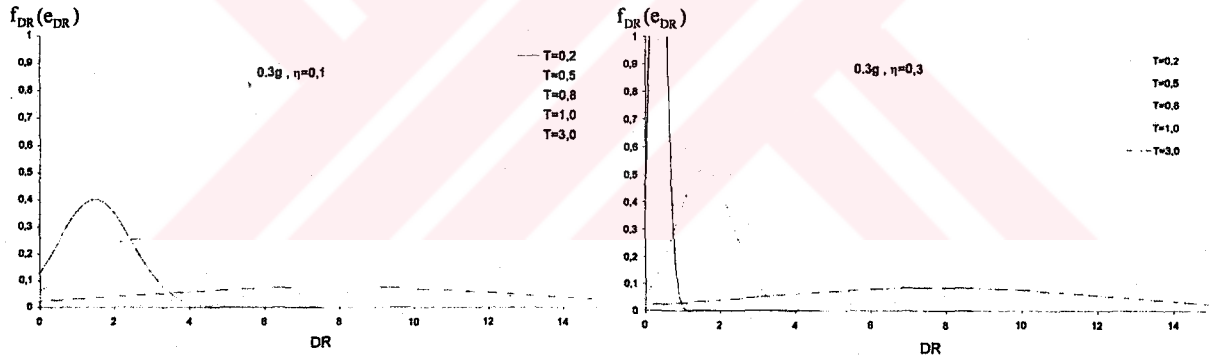


(m)

(n)

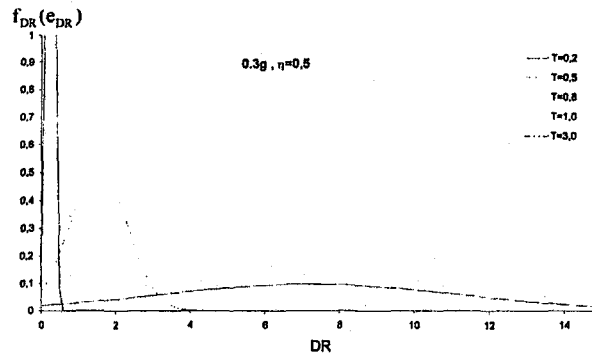


(o)



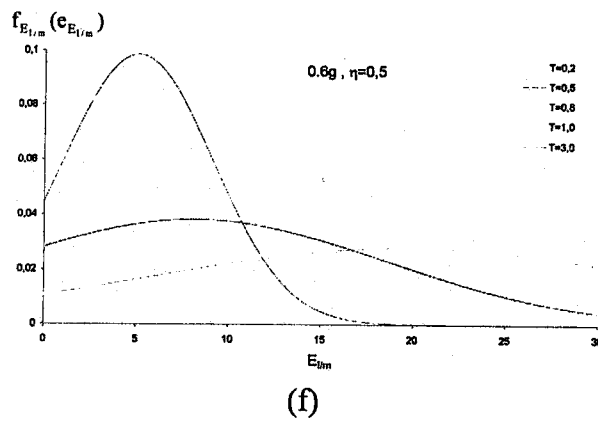
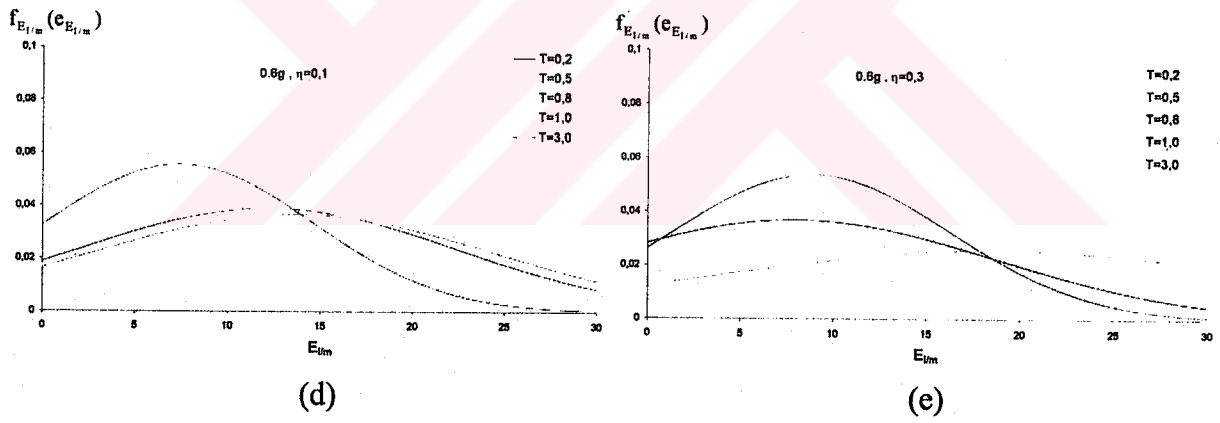
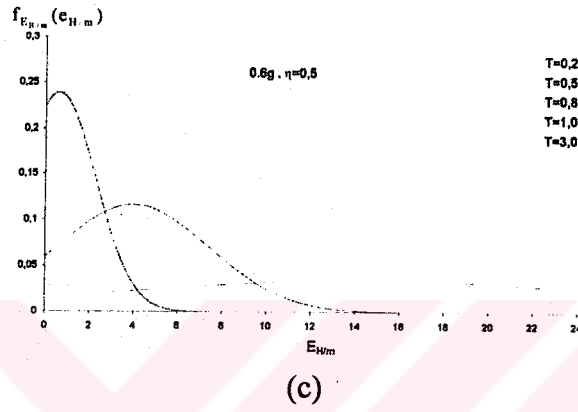
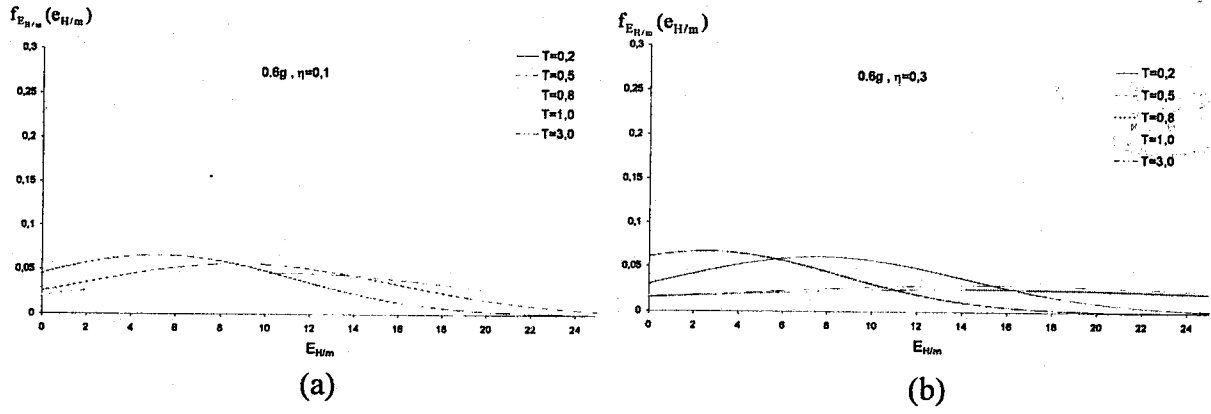
(ö)

(p)

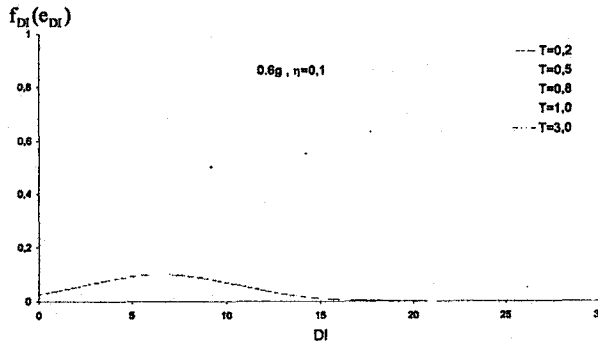


(r)

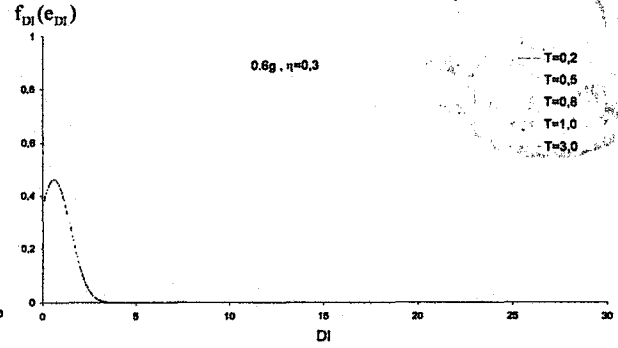
Şekil10-Devamı



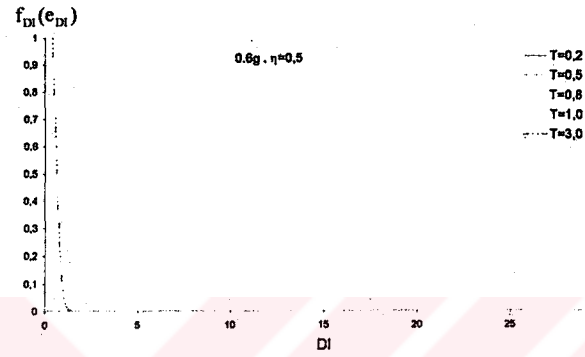
Şekil11



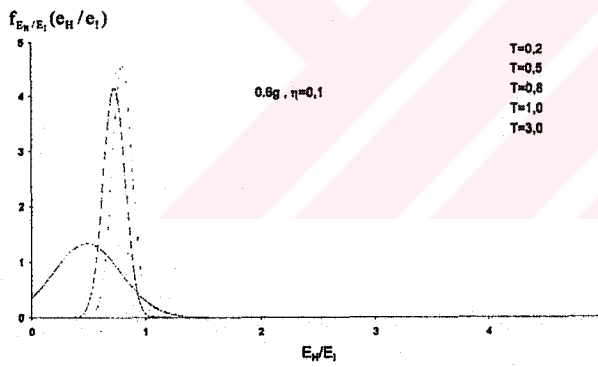
(g)



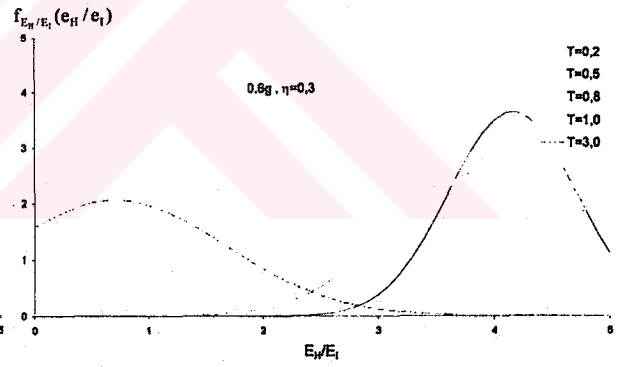
(i)



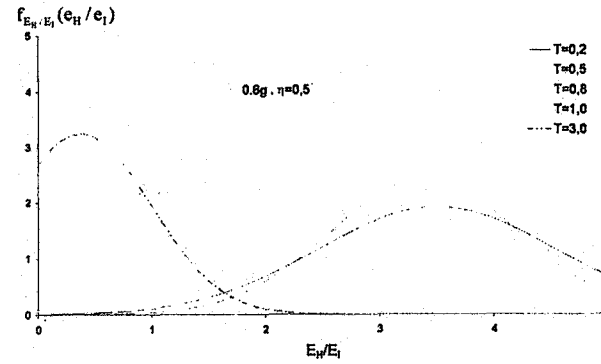
(j)



(k)



(l)



(m)

$f_{\mu}(e_{\mu})$

2

1.5

1

0.5

0

 $0.6g, \eta=0.1$ $T=0.2$ $T=0.5$ $T=0.8$ $T=1.0$ $T=3.0$

(m)

 $f_{\mu}(e_{\mu})$

2

1.5

1

0.5

0

 $0.6g, \eta=0.3$ $T=0.2$ $T=0.5$ $T=0.8$ $T=1.0$ $T=3.0$

(n)

 $f_{\mu}(e_{\mu})$

2

1.5

1

0.5

0

 $0.6g, \eta=0.5$ $T=0.2$ $T=0.5$ $T=0.8$ $T=1.0$ $T=3.0$

(o)

 $f_{DR}(e_{DR})$

0.3

0.25

0.2

0.15

0.1

0.05

0

 $0.6g, \eta=0.1$ $T=0.2$ $T=0.5$ $T=0.8$ $T=1.0$ $T=3.0$

(ö)

 $f_{DR}(e_{DR})$

0.3

0.25

0.2

0.15

0.1

0.05

0

 $0.6g, \eta=0.3$ $T=0.2$ $T=0.5$ $T=0.8$ $T=1.0$ $T=3.0$

(p)

 $f_{DR}(e_{DR})$

0.3

0.25

0.2

0.15

0.1

0.05

0

 $0.6g, \eta=0.5$ $T=0.2$ $T=0.5$ $T=0.8$ $T=1.0$ $T=3.0$

(r)

Şekil11-Devamı

KAYNAKLAR

1. Bertero RD, Bertero VV, Teran-Gilmore A. Performance-Based Earthquake-Resistant Design Based on Comprehensive Design Philosophy and Energy Concepts. *Proceedings of the Eleventh World Conference on Earthquake Engineering*, Acapulco, Mexico. Paper No. 2125. Oxford: Pergamon, 1996.
2. Hamburger RO. A Framework for Performance-Based Earthquake Resistant Design, *EERC-CUREs Symposium in Honor of V. V. Bertero*, Berkeley, California. January 31 - February 1, 1997.
3. BSSC Commentary to the NEHRP Recommended Provisions for Seismic Regulation of New Buildings and Other Structures. FEMA-273, October 1997.
4. I. Vision 2000 Committee. Structural Engineering Association of California (SEAOC), 1995.
5. Akbas B, Shen J, and Cetiner AN. Energy approach in performance-based earthquake resistant design and determining the reliability of SDOF systems using energy concepts. *Research Fund Report, No: 01-B-02-01-15*, Department of Earthquake and Structural Science, Gebze Institute of Technology, 2002.
6. Bertero VV, Teran-Gilmore A. Use of Energy Concepts in Earthquake-Resistant Analysis and Design: Issues and Future Directions. *Advances in Earthquake Engineering Practice, Short Course in Structural Engineering, Architectural and Economic Issues*, University of California, Berkeley, 1994.
7. Housner GW. Limit Design of Structures to Resist Earthquakes. In: *Proceedings of the First World Conference on Earthquake Engineering*, Berkeley, California, 5-1-5-13, 1956.
8. Akiyama H. *Earthquake-Resistant Limit-State Design for Buildings*. University of Tokyo Press, 1985.
9. Fajfar P and Vidic T. Seismic Demand in Medium- and Long-period Structures. *Earthquake Engineering and Structural Dynamics* 1989; 18:513-537.

10. Kuvamura H, and Galambos, TV. Earthquake Load for Structural Reliability. *Journal of Structural Engineering* 1989; 115 (6): 1446-1463.
11. Uang CM and Bertero VV. Evaluation of Seismic Energy in Structures. *Earthquake Engineering and Structural Dynamics* 1990; 19:77-90.
12. Manfredi G. Evaluation of seismic energy demand. *Earthquake Engineering and Structural Dynamics* 2001; 30:485-499.
13. Riddell R and Garcia JE. Hysteretic energy spectrum and damage control. *Earthquake Engineering and Structural Dynamics* 2001; 30:1791 -1816.
14. Cruz MF and Lopez OA. Plastic energy dissipated during an earthquake as a function of structural properties and ground motion characteristics. *Engineering Structures* 2000; 22:784-792.
15. Chou CC and Uang CM. Establishing absorbed energy spectra - an attenuation approach. *Earthquake Engineering and Structural Dynamics* 2000; 29:1441-1455.
16. Shen J and Akbas B. Seismic Energy Demand in Steel Moment Frames. *Journal of Earthquake Engineering* 1999; 3(4): 519-559.
17. Akbas B, Shen J, and Hao, H. Energy approach in performance-based seismic design of steel moment resisting frames. *The Structural Design of Tall Buildings* 2001; 10:193-217.
18. Choi BJ and Shen J. The establishing of performance level thresholds for steel moment-resisting frame using an energy approach. *The Structural Design of Tall Buildings* 2001; 10:53-67.
19. Fajfar P, Vidic T, and Fischinger M. On Energy Demand and Supply in SDOF Systems. *Workshop on Nonlinear Seismic Analysis of Reinforced Concrete Buildings*, Bled, Slovenia, Yugoslavia, 1992.
20. Shen J, Hao H, and Akbas B. Hysteresis Energy in Moment Frames. Shen J., Editor. *The Engineering Science of Structures*, A Special Volume Honoring Sidney A. Guralnick. Illinois Institute of Technology: April, 112-138,2000.

21. Prakash V, Powell GH, and Campbell S. DRAIN-2DX: Base Program Description and User Guide, Version 1.10. Rep. No. UCB/SEMM-93/17, University of California, Berkeley, 1993.
22. Park YJ and Ang AH-S. Mechanistic Seismic Damage Model for Reinforced Concrete. *Journal of Structural Engineering*, ASCE 1985; 3(4):740-757.
23. Chung YS, Meyer M, and Shinozuka M. Modeling of Concrete Damage. *ACI Structural Journal* 1989; 86(3):259-271.
24. Fajfar P. Equivalent Ductility Factors, Taking into Account Low-Cycle Fatigue. *The Journal of the International Association for Earthquake Engineering* 1992; 21(10): 837-848.
25. Park YJ, Ang AH-S, and Wen YK. Seismic Damage Analysis and Damage-Limiting Design of R/C Buildings. *Structural Research Series No. 516*, University of Illinois, Urbana, Illinois, 1984.
26. Powell GH and Allahabadi R. Seismic Damage Prediction by Deterministic Methods: Concepts and Procedures. *Earthquake Engineering and Structural Dynamics* 1988; 16:719-734.

ÖZGEÇMİŞ

1976'da Konya'da doğdu. İlkokulu Konya 19 Mayıs İlkokulunda tamamladıktan sonra orta ve lise öğrenimini Konya Özel Diltaş Lisesinde yaptı. 1995 yılında girdiği Ö.Y.S. sınavında Konya Selçuk Üniversite Mühendislik Mimarlık Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümünü kazandı. İnşaat Mühendisliği Bölümünü 2000 yılında bitirdikten sonra aynı yıl Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Deprem ve Yapı Bilimleri Anabilim Dalı'nda yüksek lisans öğretime başladı. Aynı yıl bölüme Araştırma Görevlisi olarak göreve başladı. Deprem ve Yapı Mühendisliği bölümünü 2002 yılı Bahar Döneminde bitirdi.

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ