



POLİTEKNİK DERGİSİ

JOURNAL of POLYTECHNIC

ISSN: 1302-0900 (PRINT), ISSN: 2147-9429 (ONLINE)

URL: <http://dergipark.org.tr/politeknik>



Newmark yöntemine göre zemin deplasmanının tahmin edilmesi

Estimation of ground displacement according to Newmark method

Yazar(lar)((Author(s)): Adil YİĞİT

ORCID: 0000-0003-1045-6127

Bu makaleye şu şekilde atıfta bulunabilirsiniz (To cite to this article): Yigit A., "Newmark yöntemine göre zemin deplasmanının tahmin edilmesi", *Politeknik Dergisi*, 24(3): 943-952, (2021).

Erişim linki (To link to this article): <http://dergipark.org.tr/politeknik/archive>

DOI: 10.2339/politeknik.665258

Newmark Yöntemine Göre Zemin Deplasmanının Tahmin Edilmesi

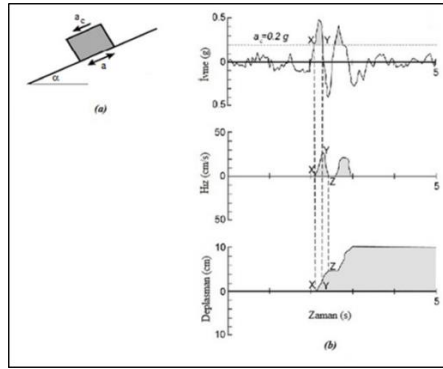
Estimation of Ground Displacement According to Newmark Method

Önemli noktalar (Highlights)

- ❖ Deprem kaynaklı yer hareketi tüm yapılar için en önemli etkilerden biridir./ Earthquake-induced ground motion is one of the most important effects for all structures.
- ❖ Newmark Yöntemi, şev deplasman miktarını tahmin etmek için sık kullanılan bir yaklaşımdır./ Newmark Method is a frequently used approximation to predict the amount of slope displacement.

Grafik Özet (Graphical Abstract)

Newmark Metodu'na göre zemin kayan bir blok şeklinde modellenmiş olup (Şekil a) bu bloğu harekete geçiren kritik bir ivme değeri (a_c) vardır. Bu kritik ivme değeri deprem ivme kaydında işaretlendiğinde (Şekil b) kritik ivme çizgisinin üstünde kalan deprem ivme değerlerinin kaymaya neden olduğu, altında kalan ivme değerlerinin ise harekete sebebiyet vermediği kabul edilmiştir./ According to Newmark Method, ground modeled as a sliding block (Fig. a) has a critical acceleration (a_c) value that activates this block. When this critical acceleration value is marked in the earthquake acceleration record (Fig. b), it is assumed that the earthquake acceleration values above the critical acceleration line cause sliding and the acceleration values below it do not cause movement.



Şekil a) Kayan Blok Modeli, b) Newmark Analizi / **Figure a) Sliding Block Model, b) Newmark Analysis**

Amaç (Aim)

Yeni bir yararlı denklemin elde edilmesi amaçlanmıştır./ It is aimed to obtain a new useful equation

Tasarım ve Yöntem (Design & Methodology)

Newmark Kayan Blok Modeli yöntemi kullanılmıştır./ Newmark Sliding Block Model has been used.

Özgünlük (Originality)

Çalışma tamamen özgündür / The study is a completely original.

Bulgular (Findings)

Sonuçlar regresyon parametreleri açısından karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmaya göre yeni yaklaşım daha uygun regresyon sonuçları vermiştir./ The results have been compared in terms of the regression parameters. According to this comparison the new approach has given more suitable regression results.

Sonuç (Conclusion)

Newmark deplasmanını tahmin etmek için yeni regresyon denkleminin daha uygun olduğu belirlenmiştir./ It has been determined that the new regression equation is more convenient in order to estimate Newmark displacement.

Etik Standartların Beyanı (Declaration of Ethical Standards)

Bu makalenin yazarı çalışmalarında kullandığı materyal ve yöntemlerin etik kurul izni ve/veya yasal-özel bir izin gerektirmediğini beyan eder. / The author of this article declares that the materials and methods used in this study do not require ethical committee permission and/or legal-special permission.

Newmark Yöntemine Göre Zemin Deplasmanının Tahmin Edilmesi

Araştırma Makalesi / Research Article

Adil YİĞİT*

İGDAŞ (İstanbul Gaz Dağıtım A.Ş.)-İstanbul, Türkiye

(Geliş/Received : 26.12.2019 ; Kabul/Accepted : 29.05.2020 Erken Görünüm/Early View : 11.06.2020)

ÖZ

Deprem kaynaklı meydana gelmesi muhtemel zemin deplasman miktarının tahmin edilmesi hem üstyapılar hem de alt yapılar için önem arz etmektedir. Bu hareketin miktarını tahmin edebilmek için literatürde bazı yöntemler geliştirilmiştir. Bu yöntemlerin en önemlilerinden biri de Newmark Kayan Blok Modeli'dir. Bu yaklaşıma dayalı olarak birçok regresyon formülü üretilmiştir. Öncelikle daha önce ortaya konan bu formüllerin bu çalışmada kullanılan dünya genelindeki deprem verilerine göre yeniden analizi gerçekleştirilmiş ve elde edilen sonuçlar irdelenmiştir. Sonrasında bu makale kapsamında yeni bir regresyon denklemi elde edilmiştir. Regresyon analizlerinin karşılaştırılması sonucunda, yeni formülün standart sapma ve R^2 açısından daha uygun sonuçlara sahip olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Newmark kayan blok modeli, deprem, zemin kayması.

Estimation of Ground Displacement According to Newmark Method

ABSTRACT

Prediction of the amount of possible ground displacement caused by an earthquake is important for both superstructures and infrastructures. In literature, some methods have been developed to estimate the amount of this movement. One of the most important models of these methods is Newmark Sliding Block Model. Many regression formulas have been produced based on this approximation. Primarily, these formulas have been re-analyzed according to world-wide earthquake data used in this study and the results have been examined. Then, a new regression equation has been obtained within the scope of this paper. In consequence of the comparison of the regression analyses, it has been determined that the new formula has more appropriate results in terms of the standart deviation and R^2 .

Keywords: Newmark sliding block model, earthquake, landslide.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Zeminde meydana gelebilecek her türlü hareket (deplasman) hem üstyapılara hem de altyapılara etkisi anlamında yapı mühendisliği açısından önem arz etmektedir. Zeminde oluşacak oturma, kayma, sıvılaşma gibi hareketlerin üst yapılarla etkisi zemin mekaniği anabilim dalındaki önemli çalışmalar ile eskiden beri dikkate alınmaktadır. Ancak altyapılara olan etki ve bu etkinin insanın yaşam kalitesine yansması hususundaki farkındalık, üstyapılara kıyasla, daha yeni bir anlayış olarak karşımıza çıkmaktadır. Altyapı sistemlerinin yaygınlaşması ve zemin-boru hattı etkileşimine bağlı problem ve kazaların meydana gelmesi bu farkındalığın artmasında önemli rol oynamaktadır. Yakın zamanda (14 Ocak 2019) Sakarya'da meydana gelen zemin kaymasına bağlı boru hattındaki patlama bu duruma örnek olarak gösterilebilir (Şekil 1).

Şev (zemin) kaymasını tetikleyen en önemli etkenlerden biri de depremdir. Hangi etkene bağlı olarak meydana gelirse gelsin zemin deplasman miktarı hem üstyapılar hem de altyapılar için önem arz etmektedir. Şevlerde

meydana gelebilecek deprem kaynaklı zemin deplasman miktarının hesaplanabilmesi için Newmark tarafından geliştirilen Kayan Blok Modeli literatürde sıkça kullanılan bir yaklaşım olarak bilinmektedir [2]. Bu yaklaşıma göre zemin kayan bir blok şeklinde modellenmiş olup (Şekil 2a) bu bloğu harekete geçiren kritik bir ivme değeri (a_c) vardır. Bu kritik ivme değeri (Denklem-1) deprem ivme kaydında işaretlendiğinde (Şekil 2b) kritik ivme çizgisinin üstünde kalan deprem ivme değerlerinin kaymaya neden olduğu, altında kalan ivme değerlerinin ise harekete sebebiyet vermediği kabul edilmiştir.

Buna göre Şekil 2b incelendiğinde ivme-zaman grafiği üzerinde kritik ivme, $a_c=0,2g$ durumunda X noktasının sol tarafında ivme kaydının a_c değerinin altında olduğu görülmektedir. X noktasının sağ tarafında ise, a_c değerinin üzerinde olan, yani harekete neden olan, ivme kaydının zamana göre integrasyonu ile hız-zaman grafiği elde edilmektedir. Hız Y noktasına kadar artmakta ve Y noktasında bir maksimum nokta oluşturmaktadır. Y noktasından sonra ise, ivme değeri kritik ivme değerinin altına düşmesine rağmen ataleti nedeniyle blok Z noktasına kadar hareketine devam etmektedir. Sürtünme ve zeminin ters yönde hareketi nedeniyle hız Z

*Sorumlu Yazar (Corresponding Author)
e-posta : adilyigit75@hotmail.com

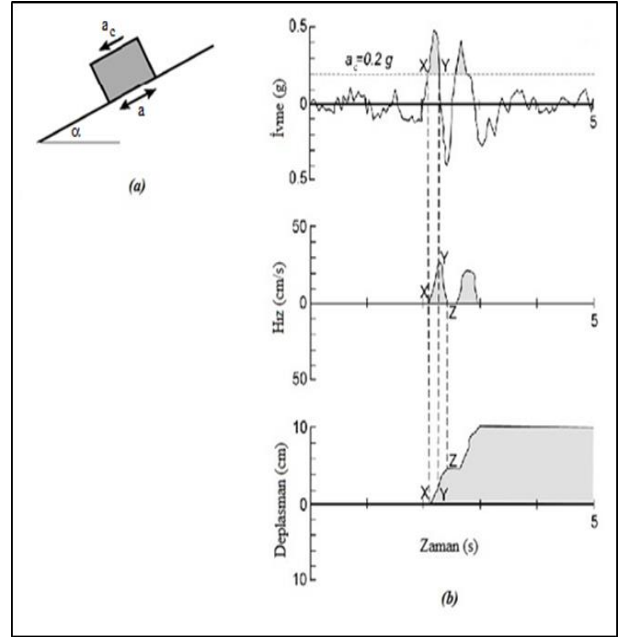
noktasında sıfırlanmakta ve bloğun kayması (hareketi) durmaktadır. a_c kritik ivme değerinin aşıldığı diğer tüm noktalarda aynı işleme devam edilerek sonuçta bloğun (zeminin) toplam yer değiştirmesi (kayması) hesaplanmış olmaktadır.



Şekil 1. Doğalgaz Boru Hattı Patlaması-Sakarya, Türkiye (Natural Gas Pipeline Explosion-Sakarya, Turkey) [1]

Yukarıda belirtildiği üzere, bu yöntemle göre zeminin blok halinde kaydığı kabul edilmesinin yanında zeminin statik ve dinamik kesme dayanımının homojen olduğu, dinamik boşluk suyu basıncının ihmal edildiği, kritik ivmenin analiz boyunca sabit kaldığı ve kayan bloğun ters yönde hareketinin engellendiği kabul edilmektedir. Bu nedenle kohezyonsuz zemin gibi blok halinde kaymayan, boşluksuyu basıncının artması ve sıvılaşma gibi yöntemin kabul sınırlarının dışındaki durumlarda bu modelin kullanılması uygun görülmemektedir.

Boşluk suyu basıncının sıfır olduğu durumda kritik ivme ifadesi, g cinsinden, kohezyon (c), zeminin birim hacim ağırlığı (γ), zeminin içsel sürtünme açısı (ϕ), şev eğimi (α) ve kayan zeminin kalınlığına (h) bağlı olacak şekilde aşağıdaki denklemle ifade edilmektedir [3].



Şekil 2. a) Kayan Blok Modeli (Sliding Block Model), b) Newmark Analizi (Newmark Analysis)

$$a_c = g \left[\frac{c}{\gamma h} + \cos \alpha \cdot \tan \phi - \sin \alpha \right] \quad (1)$$

Ambraseys ve Menu (1988) [4] tarafından 11 adet depreme ait 50 adet kuvvetli yer hareketi kaydı kullanılarak Newmark zemin deplasmanını (δ , cm) kritik ivme (a_c , g) ile maksimum deprem ivmesi (a_{max} , g) değerlerine bağlı hesaplayan, Ambraseys Formu olarak adlandırılacak olan, aşağıdaki regresyon denklemi önerilmiştir:

$$\log \delta = 0,90 + \log \left[\left(1 - \frac{a_c}{a_{max}} \right)^{2,53} \left(\frac{a_c}{a_{max}} \right)^{-1,09} \right] \pm 0,30 \quad (2)$$

Aynı denklem Jibson tarafından (2007) yenilenmiş ve Modifiye Ambraseys Formu olarak adlandırılacak bu yeni denklem (Denklem 3) için $R^2=0,84$ olarak tespit edilmiştir [5].

$$\log \delta = 0,215 + \log \left[\left(1 - \frac{a_c}{a_{max}} \right)^{2,341} \left(\frac{a_c}{a_{max}} \right)^{-1,438} \right] \pm 0,51 \quad (3)$$

Newmark Kayan Blok Yöntemini esas alarak deprem kaynaklı zemin deplasmanını hesaplayabilmek için Wilson ve Keefer (1983); Wiczorek vd. (1985); Houston vd. (1987); Jibson (1993); Jibson ve Keefer (1993); California Division of Mines and Geology (1997); Jibson vd. (1998); Mankelow ve Murphy (1998); Bray ve Rathje (1998); Luzi ve Pergalani (1999); Miles ve Ho (1999); Jibson vd. (2000); Miles ve Keefer (2000,

2001); DelGaudio vd. (2003); Pradel vd. (2005); Haneberg (2006); Rathje ve Saygili (2006) tarafından çeşitli yaklaşımlar ortaya konmuştur [6-23].

Bu çalışmaların en yaygın olarak kullanılanlarından biri Jibson (1993) tarafından yapılmıştır. Arias İndeksi (I_a) ile kritik ivmenin bir fonksiyonu olacak şekilde $a_c=0,02g$; $0,05g$; $0,1g$; $0,2g$; $0,3g$; $0,4g$ için 11 adet kuvvetli yer hareketi kaydı kullanılıp Jibson 93 Formu olarak anılan aşağıdaki eşitlik (Denklem 4) elde edilmiştir. Bu eşitliğin belirleme katsayısı $R^2=0,87$ olarak verilmektedir.

$$\log \delta = 1,460 \log I_a - 6,642 a_c + 1,546 \pm 0,409 \quad (4)$$

Burada yer değiştirme δ (cm), kaymayı başlatan kritik ivme a_c (g), Arias İndeksi I_a (m/s)'dir. Arias İndeksi (Arias,1970) [24] aşağıdaki gibi ifade edilmektedir:

$$I_a = \frac{\pi}{2g} \int_0^{\tau_d} [a(t)]^2 dt \quad (5)$$

Zamana bağlı ivmenin $[a(t)]$ 'nin karesinin integrasyonu olarak Denklem 5 ile ifade edilen Arias İndeksi (m/s) için Wilson ve Keefer (1983) tarafından deprem büyüklüğü (M) ve deprem merkez üssü mesafesi (R , km) esas alınarak Denklem 6 önerilmiştir.

$$\log I_a = M - 2 \log R - 4,1 \quad (6)$$

Denklem 4, 13 adet depremden sağlanan 555 adet veri kullanılarak Jibson vd. (1998) tarafından aşağıdaki gibi güncellenmiştir. Bu form bu çalışma kapsamında Jibson98 Formu olarak adlandırılacak olup $R^2=0,83$ olacak şekilde tespit edildiği belirtilmektedir.

$$\log \delta = 1,521 \log I_a - 1,993 \log a_c - 1,546 \pm 0,375 \quad (7)$$

Yapılan çalışma ile $\log \delta - \log I_a$ ve $\log \delta - a_c$ dağılım uyumunun istatistiksel olarak daha iyi olduğu öne sürülmüş ve Hesieh vd. (2011) tarafından aşağıdaki eşitlik geliştirilmiştir. Bu form Hesieh Formu olarak isimlendirilecek olup $R^2=0,89$ 'dur [25].

$$\log \delta = 0,847 \log I_a - 10,62 a_c + 6,587 a_c \log I_a + 1,84 \pm 0,295 \quad (8)$$

Jibson (2007) tarafından sunulan çalışma kapsamında moment magnitüd (M) ve kritik ivme oranına (a_c/a_{max}) bağlı olacak şekilde Denklem 9 önerilmiş olup $R^2=0,87$ olan söz konusu bu denklem bu çalışma kapsamında Jibson 2007/1 Formu olarak isimlendirilecektir.

$$\log \delta = -2,71 + \log \left[\left(1 - \frac{a_c}{a_{max}} \right)^{2,335} \left(\frac{a_c}{a_{max}} \right)^{-1,478} \right] + 0,424M \pm 0,454 \quad (9)$$

Jibson tarafından kritik ivme oranı ve Arias İndeksine bağlı geliştirilen aşağıdaki diğer bir denklem için belirleme katsayısı $R^2=0,75$ olup bu denklem ise Jibson 2007/2 Formu olarak isimlendirilecektir [26].

$$\log \delta = 0,561 \log I_a - 3,8331 \log \left(\frac{a_c}{a_{max}} \right) - 1,474 \pm 0,616 \quad (10)$$

Yerel (Türkiye) deprem verilerine göre de bir kıyasın yapılması anlamında bakıldığında Türkiye genelinde 1976-2013 yılları arasında oluşmuş $M_w \geq 5,5$ olan deprem verileri kullanılarak yukarıda belirtilen regresyon denklemleri Yiğit vd. (2017) tarafından yerel verilere uyarlanmış olup aşağıdaki eşitlikler elde edilmiştir [27]. Buna göre;

Ambraseys Formu:

$$\log \delta = 0,07 + \log \left[\left(1 - \frac{a_c}{a_{max}} \right)^{1,461} \left(\frac{a_c}{a_{max}} \right)^{-1,506} \right] \quad (11)$$

Jibson93 Formu:

$$\log \delta = 1,34 \log I_a - 8,202 a_c + 1,71 \quad (12)$$

Jibson98 Formu:

$$\log \delta = 1,492 \log I_a - 2,021 \log a_c - 1,5125 \quad (13)$$

Hesieh Formu:

$$\log \delta = 1,1586 \log I_a - 9,4776 a_c + 5,6268 a_c \log I_a + 1,7158 \quad (14)$$

Jibson 2007/1 Formu:

$$\log \delta = -2,785 + \log \left[\left(1 - \frac{a_c}{a_{max}} \right)^{1,793} \left(\frac{a_c}{a_{max}} \right)^{-1,313} \right] + 0,459M \quad (15)$$

Jibson 2007/2 Formu:

$$\log \delta = 0,536 \log I_a - 1,844 \log \left(\frac{a_c}{a_{max}} \right) - 0,322 \quad (16)$$

olarak tespit edilmiştir [27].

Bu denklemlerde yer değiştirme δ (cm), kaymayı başlatan kritik ivme a_c (g), Arias İndeksi I_a (m/s)'dir. Yine Yiğit vd. (2017) tarafından yapılmış olan bu çalışmada yaklaşımlar arası kıyas yapılabilmesi için aşağıdaki tablo (Çizelge 1) verilmiştir. Bu tabloda kıyas iki parametre açısından yapılmış olup birincisi belirleme katsayısı (R^2), ikincisi ise standart sapma (σ) değeridir. Bu kıyasa göre iyi bir regresyon uyumunda düşük standart sapma yüksek R^2 değeri olması istenir. (Bu tabloya orijinalinde olmayan Ambraseys Formu bilgileri bu çalışma kapsamında ilave edilmiştir).

Çizelge 1. Bağlıntıların Kıyaslanması (Comparison of Equations)

		R^2	σ (standart sapma)
Ambraseys	Modifiye Bağntı	0,84	0,510
	Türkiye Verilerine Göre Elde Edilen	0,67	0,550
Jibson93	Orijinal Bağntı	0,87	0,409
	Türkiye Verilerine Göre Elde Edilen	0,79	0,442
Jibson98	Orijinal Bağntı	0,83	0,375
	Türkiye Verilerine Göre Elde Edilen	0,85	0,365
Hesieh	Orijinal Bağntı	0,89	0,295
	Türkiye Verilerine Göre Elde Edilen	0,82	0,406
Jibson2007/1	Orijinal Bağntı	0,87	0,454
	Türkiye Verilerine Göre Elde Edilen	0,78	0,45
Jibson2007/2	Orijinal Bağntı	0,75	0,616
	Türkiye Verilerine Göre Elde Edilen	0,77	0,460

Bu çizelgeye göre yerel (Türkiye) deprem verileri açısından bakıldığında Jibson98 Formunun en uygun form olduğu anlaşılabilmektedir.

2. ANALİZLER (ANALYSES)

Bu çalışma kapsamında kullanılan Türkiye deprem verileri Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD) Deprem Dairesi Başkanlığı veri tabanından elde edilmiştir [28]. Uluslararası veriler için ise Berkeley Üniversitesi Pacific Earthquake Research Center (PEER) web-sitesinden yararlanılmıştır [29]. Buna göre bu çalışma kapsamında yukarıdaki kaynaklardan elde edilip analizler için kullanılan deprem veri bilgileri Çizelge 2'de verilmektedir.

Hem yerel (Türkiye) hem de uluslararası toplam 35 adet deprem vakasına ait 2519 deprem kaydı ($M_w \geq 6,0$) kullanılarak bu çalışma tamamlanmıştır. Kritik ivmenin $a_c=0,02g$; $0,05g$; $0,1g$; $0,2g$; $0,3g$; $0,4g$ değerleri dikkate alınarak deprem ivme grafikleri üzerinden Newmark Deplasmanları hesaplanmıştır.

Çizelge 2. Depremler (Earthquakes)

No	Yıl	Deprem	M_w	Kayıt Sayısı
1	1952	Kern County-ABD	7,4	12
2	1971	San Fernando-ABD	6,6	130
3	1976	Denizli-Türkiye	6,1	3
4	1976	Friuli-İtalya	6,5	15
5	1978	Tabas-İran	7,4	21
6	1979	Imperial Valley-ABD	6,5	96
7	1980	Mammoth Lakes-ABD	6,1	9
8	1983	Erzurum- Türkiye	6,6	3
9	1983	Çanakkale- Türkiye	6,1	4
10	1983	Coalinga- ABD	6,4	290
11	1984	Morgan Hill- ABD	6,1	71
12	1985	Nahanni-Kanada	6,8	8
13	1986	Malatya- Türkiye	6,0	3
14	1986	North Palm Springs- ABD	6,1	96
15	1987	Superstition Hills- ABD	6,5	28
16	1988	Adana- Türkiye	6,2	5
17	1989	Loma Prieta- ABD	6,9	248
18	1992	Erzincan- Türkiye	6,6	3
19	1992	İzmir- Türkiye	6,0	2
20	1992	Cape Mendocino- ABD	7,0	39
21	1992	Landers- ABD	7,3	231
22	1994	Northridge- ABD	6,7	302
23	1995	Afyon- Türkiye	6,4	3
24	1995	Kobe-Japonya	6,9	66
25	1999	Düzce- Türkiye	7,1	9
26	1999	Kocaeli- Türkiye	7,6	14
27	1999	Chi-Chi-Tayvan	7,6	300
28	2000	Çankırı- Türkiye	6,0	3
29	2002	Afyon- Türkiye	6,5	2
30	2003	Bingöl- Türkiye	6,3	3
31	2004	Niiigata Ken Chuetsu-Japonya	6,6	303
32	2011	Van- Türkiye	7,0	5
33	2014	Ege Denizi - Türkiye	6,5	87
34	2017	Ege Denizi - Türkiye	6,2	48
35	2017	Bodrum - Türkiye	6,5	57

2.1. Mevcut Regresyon Denklemlerinin Analizleri (Analysis of Existing Regression Equations)

Bu çalışma kapsamında öncelikli olarak daha önce yapılmış olan regresyon analizleri, Çizelge 2'de verilen depremlere ait veriler ışığında, yeniden analiz edilmiştir. Bu analiz için kullanılan tüm deprem ivme kayıtlarına sabit $a_c=0,02g$; $0,05g$; $0,1g$; $0,2g$; $0,3g$; $0,4g$ değerleri çizilmiştir. Sonraki adımda, Newmark yöntemi izah edilirken anlatıldığı üzere, bu sabit ivme değerlerine karşılık gelen deplasmanlar elde edilmiştir. Bu

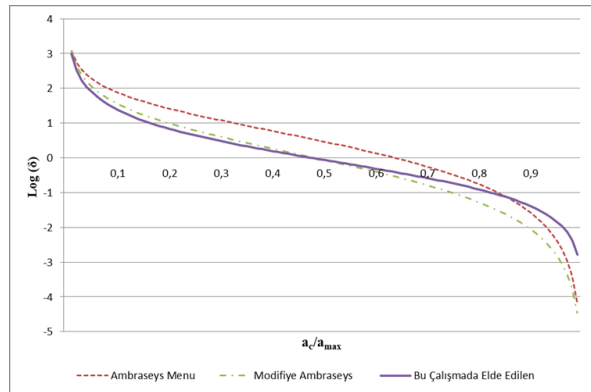
deplasmanların karşılığı olan “ a_c/a_{max} ” ve “ $1- a_c/a_{max}$ ” değerleri hesaplanmıştır. Her bir (2519 adet) deprem kaydı için Denklem-5 yardımıyla ayrıca Arias İndeksleri hesaplanmıştır. Kullanılan tüm 2519 deprem kaydı için bu veriler elde edildikten sonra çıktı kısmında deplasman olacak şekilde regresyon analizinde kullanılan parametrelere göre regresyon analizleri yapılmıştır. Önceki formların eldeki veriler doğrultusunda yapılan analizleri sonucunda, sırasıyla, aşağıdaki regresyon denklemleri elde edilmiştir.

a) Ambraseys Menu Formu

Yapılan regresyon analizi sonucunda bu çalışma kapsamında ilk sırada belirtilmiş olan regresyon denklem formu olan Ambraseys Menu Formu aşağıdaki gibi elde edilmiştir:

$$\log \delta = -0,132 + \log \left[\left(1 - \frac{a_c}{a_{max}} \right)^{1,3268} \left(\frac{a_c}{a_{max}} \right)^{-1,565} \right] \quad (17)$$

Elde edilen bu eşitliğin belirleme katsayısı (R^2) %67,3 ve standart sapması (σ) 0,523 olarak tespit edilmiştir. Elde edilen bu denklem ile orijinal ve modifiye denklemler Şekil 3'teki grafiklerle kıyaslanmıştır.



Şekil 3. Ambraseys Menu Formu Kıyası (Comparison of Ambraseys Menu Form)

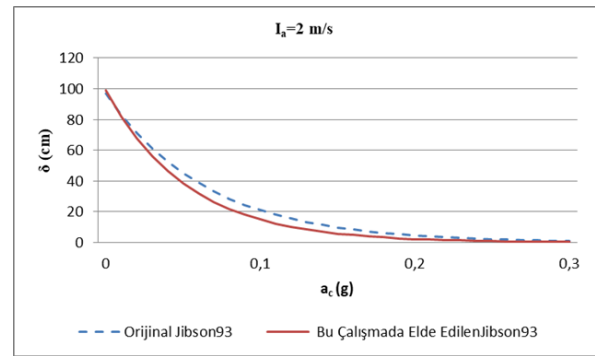
Buna göre; irdelenen üç regresyon denkleminin de başlangıçta yaklaşık olarak aynı değeri verdiği görülebilmektedir. Bu çalışmayla elde edilen denklem ile Modifiye Ambraseys denkleminin kritik ivme oranına (a_c/a_{max}) bağlı olarak başlangıçtan bu değer yaklaşık 0,6 olduğu duruma kadar yaklaşık aynı eğilimi gösterdiği anlaşılmaktadır. Bu noktadan sonra yaklaşık 0,85 değerine kadar ise yeni denklem orijinal denkleme yaklaşmaktadır. Kritik ivmenin (a_c) değeri daha da maksimum ivme değerine (a_{max}) yaklaştığında ise bu çalışmayla elde edilen yeni denklemin verdiği deplasman değeri diğerlerine göre daha fazla olmakta olup orijinal ile modifiye denklemler ise birbirine yaklaşmaktadır.

b) Jibson93 Formu

Arias İndeksinin logaritması ile kritik ivme değeri bağlı olarak ifade edilen Jibson93 denklem formu ise kullanılan verilere göre;

$$\log \delta = 1,3877 \log I_a - 8,22 a_c + 1,5775 \quad (18)$$

şeklinde elde edilmiştir. Standart sapması 0,489 olan bu regresyon denkleminin R^2 değeri %71,3 olmuştur. Orijinal denklemle bu çalışmada elde edilen denklemin kıyası için sabit bir Arias İndeksi durumuna göre ($I_a=2$ m/sn) bakıldığında (Şekil 4) iki regresyon eşitliği arasında yaklaşık olarak iyi bir uyumun varlığından, özellikle çok düşük ve çok yüksek kritik ivme değerlerinde, söz edilebilmektedir. Bu durum Arias İndeksi'nin diğer değerleri için de yaklaşık olarak aynı sonucu vermektedir.



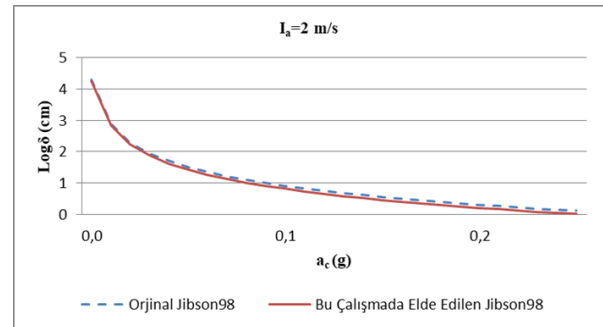
Şekil 4. Jibson93 Formu Kıyası (Comparison of Jibson93 Form)

c) Jibson98 Formu

Jibson vd. tarafından bir nevi Jibson93 Formunun modifiyesi sayılabilecek şekilde önerilmiş olan Jibson98 Formu Arias İndeksi ile kritik ivmenin logaritmik değişim değerine bağlıdır. Söz konusu bu form bu makalede kullanılan veriler ışığında Denklem 19 şeklinde elde edilmiştir.

$$\log \delta = 1,5168 \log I_a - 2,023 \log a_c - 1,6648 \quad (19)$$

Orijinal Form ile bu çalışmada elde edilmiş Jibson98 Formu bir örnek olarak Arias İndeksi'nin 2 m/sn değeri için karşılaştırıldığında (Şekil 5) son derece yüksek bir uyumun olduğu anlaşılmaktadır. Bu durumun sadece Arias İndeksinin bu değeri için değil tüm değerleri için de aynı olduğu yapılan analizler sonucu görülmüştür.



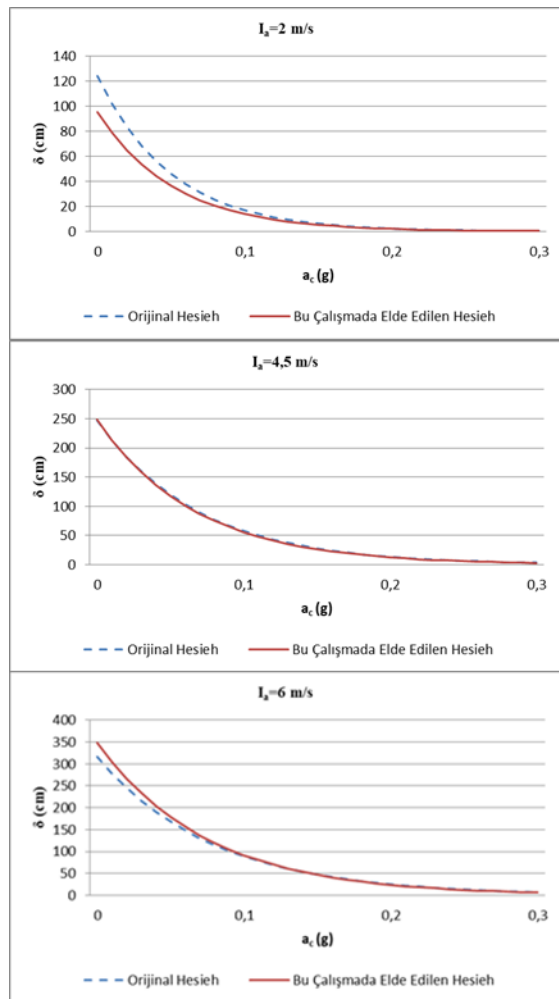
Şekil 5. Jibson98 Formu Kıyası (Comparison of Jibson98 Form)

Elde edilmiş olan yeni Jibson98 Formu (Denklem 19) için standart sapma 0,392 ve $R^2= \%81,6$ olarak tespit edilmiştir.

d) Hesieh Formu

$$\log \delta = 1,179 \log I_a - 9,886 a_c + 5,235 a_c \log I_a + 1,6246 \quad (20)$$

Yukarıdaki eşitlik (Denklem 20) Hesieh vd. tarafından geliştirilen formun çalışma kapsamındaki yeni verilere göre revize edilmiş hali olup bu yeni denklem için standart sapma 0,447 ve $R^2= \%76$ olarak tespit edilmiştir. Orijinal Hesieh denklemiyle yeni elde edilen Hesieh denklemi karşılaştırıldığında (Şekil 6) Arias İndeksinin 4,5 m/sn olduğu durumda her iki denklemin de hemen hemen örtüştüğü daha düşük Arias İndeks değerlerinde ise bu uyumun, özellikle düşük kritik ivme değerlerinde, bozulduğu görülmüştür. Düşük kritik ivme değerlerinde orijinal denklemden elde edilen deplasman miktarı daha büyük olmaktadır Arias İndeksi'nin 4,5 m/sn 'den daha büyük olduğu durumda ise orijinal denklemden elde edilen deplasman miktarı daha düşüktür.

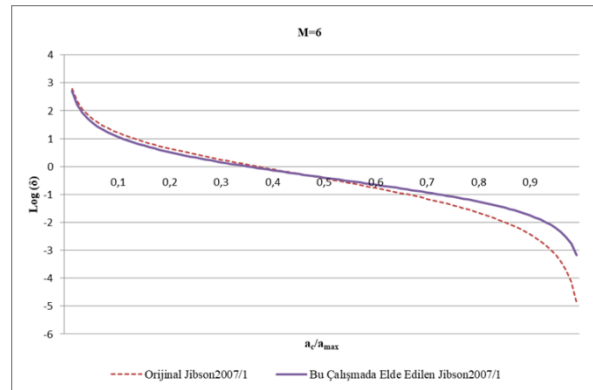


Şekil 6. Hesieh Formu Kıyasları (Comparisons of Hesieh Form)

e) Jibson2007/1 Formu

$$\log \delta = -3,037 + \log \left[\left(1 - \frac{a_c}{a_{max}} \right)^{1,359} \left(\frac{a_c}{a_{max}} \right)^{-1,586} \right] + 0,4288M \quad (21)$$

şeklinde belirlenmiştir. Bu yeni regresyon analiz denkleminin standart sapması 0,492 ve $R^2= \%71$ olarak elde edilmiştir. Yapılan kıyas analizleri sonucu (Şekil 7) $M=6$ örnek değerine göre kritik ivme oranının 0,6 değerine kadar orijinal ve yeni elde edilen formlar arasında iyi bir uyumdan söz edilebilir ancak bu değerden sonra (daha yüksek kritik ivme oranı durumunda) ise yeni regresyon denklemi daha az deplasman miktarı verecek şekilde davranış sergilemektedir. Deprem büyüklüğünün değişik değerleri için bu iki regresyon denklemi arasındaki eğilimin aynı olduğu tespit edilmiştir.



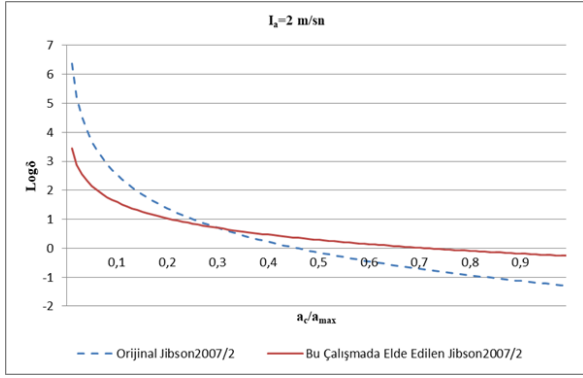
Şekil 7. Jibson 2007/1 Formu Kıyası (Comparison of Jibson 2007/1 Form)

f) Jibson2007/2 Formu

Arias İndeksi ile kritik ivme oranının logaritmik değerlerine bağlı olarak ifade edilen Jibson 2007/2 Formu eldeki kullanılan verilere göre Denklem 22 şeklinde yeniden derlenmiştir.

$$\log \delta = 0,4642 \log I_a - 1,8579 \log \left(\frac{a_c}{a_{max}} \right) - 0,411 \quad (22)$$

Söz konusu bu yeni denklem için $\sigma = 0,468$ ve $R^2= \%73,8$ olarak elde edilmiştir. Arias İndeksi'nin 2 m/sn'lik değeri için orijinal ve yeni denklemler karşılaştırılmış olup Şekil 8'den görülebileceği üzere iyi bir uyumdan bahsetmek mümkün gözükmemektedir.



Şekil 8. Jibson 2007/2 Formu Kıyası (Comparison of Jibson 2007/2 Form)

Varılmış olan bu sonuç Arias İndeksi'nin muhtelif değerlerine göre de aynı özelliği göstermektedir. Kritik ivme oranının yaklaşık 0,3 değerinde her iki denklem yaklaşık aynı deplasman miktarını verirken başlangıç noktasından bu değere kadar orijinal eşitlik daha büyük deplasman sonucu vermektedir. Bu eşitlik noktasından ($a_c/a_{max} = 0,3$) sonraki daha büyük kritik ivme oranı değerlerinde ise orijinal form daha küçük deplasman değeri çıktısı vermektedir.

2.2. Yeni (Önerilen) Regresyon Denkleminin Analizi (Analysis of New (Suggested) Regression Equation)

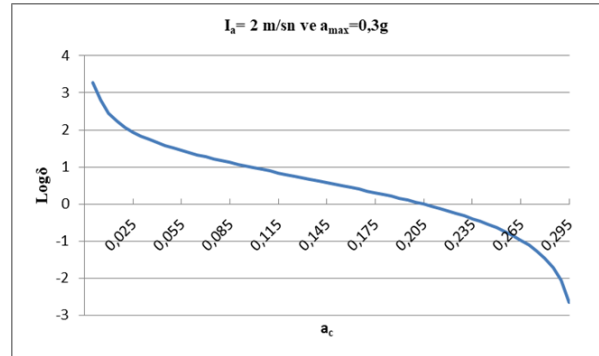
Çizelge 2'deki 35 adet depreme ait 2519 adet veri kaydı kullanılıp kritik ivmenin $a_c=0,02g$; $0,05g$; $0,1g$; $0,2g$; $0,3g$; $0,4g$ değerleri de dikkate alınarak, Bölüm-2.1'de izah edildiği üzere, aşağıdaki yeni regresyon denklemi (Denklem 23) elde edilmiştir:

$$\text{Log } \delta = 1,37 \log I_a - 1,62 \log a_c + 0,46 \log \left(\frac{a_c}{a_{max}} \right) + 1,93 \log \left(1 - \frac{a_c}{a_{max}} \right) - 0,493 \quad (23)$$

Burada yer değiştirme δ (cm), kaymayı başlatan kritik ivme a_c (g), deprem kaydının maksimum ivmesi a_{max} (g), Arias İndeksi I_a (m/s)'dir. Ambraseys Menu Formu ile Jibson98 Formunun kombinasyonu şeklinde elde edilmiş olan bu yeni denklemin standart sapması $\sigma = 0,333$ ve belirleme katsayısı $R^2 = \%86,7$ olarak tespit edilmiştir. Elde edilen regresyon denkleminin davranış grafiği irdelenmiş olup $I_a=2m/sn$ ve $a_{max}=0,3g$ sabit örnek değerleri için Şekil 9 elde edilmiştir. Elde edilen bu grafiğin eğilimi (davranış biçimi) Arias İndeksinin ve maksimum ivmenin diğer değerleri için de incelenmiş olup eğilimin değişmediği sadece beklenildiği gibi deplasman miktarının değiştiği tespit edilmiştir.

Bu çalışma kapsamında kullanılan veriler dikkate alınarak maksimum ivme (a_{max}) ile Arias İndeksi (I_a) arasındaki ilişki irdelenmiştir (Şekil 10). Denklem 5'te belirtilen Arias İndeksi ifadesinden de bekleneneği üzere çok iyi bir regresyon uyumunun olması doğaldır. Beklenen bu uyuma dayalı olarak ve deprem büyüklüğü

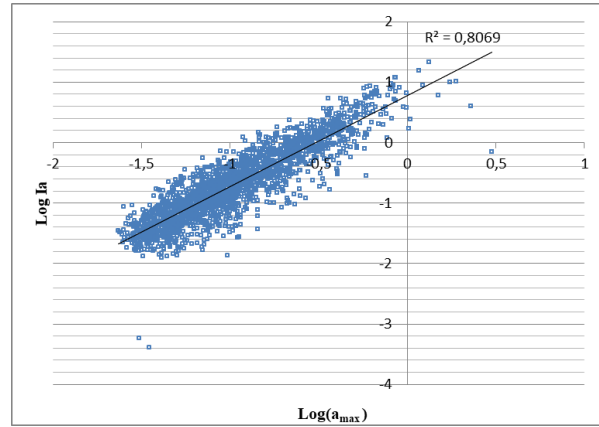
(M) de hesaba katılarak elde edilen aşağıdaki Denklem 24 için standart sapma $0,142$ ve $R^2 = \%85,4$ olarak belirlenmiştir.



Şekil 9. Yeni Denklem İçin Log δ-a_c İlişkisi (Log δ-a_c Relation for New Equation)

$$\log a_{max} = 0,5515 \log I_a - 3,13 \log M + 2,037 \quad (24)$$

Muhtemel bir deprem için olası deprem moment büyüklüğü ve Arias İndeksi tahmin edilebiliyorsa (örneğin Denklem 6 kullanılabilir) yukarıdaki eşitlik (Denklem 24) yardımıyla da depremin muhtemel maksimum ivmesi tahmin edilebilir.



Şekil 10. Log I_a - Log a_{max} İlişkisi (Log δ-Log a_{max} Relation)

Ayrıca Çizelge 1'deki sonuçların elde edildiği yerel (Türkiye) deprem verileri kullanıldığında ise bu çalışma ile önerilen Yeni Form, Bölüm-2.1'de izah edilen yöntemle, aşağıdaki gibi elde edilmiştir:

$$\text{Log } \delta = 1,38 \log I_a - 1,59 \log a_c + 0,56 \log \left(\frac{a_c}{a_{max}} \right) + 2,20 \log \left(1 - \frac{a_c}{a_{max}} \right) - 0,198 \quad (25)$$

Bu denklem için $R^2 = \%91,3$ ve $\sigma = 0,285$ olacak şekilde yüksek bir uyum gözlenmiştir.

3. BULGULAR (RESULTS)

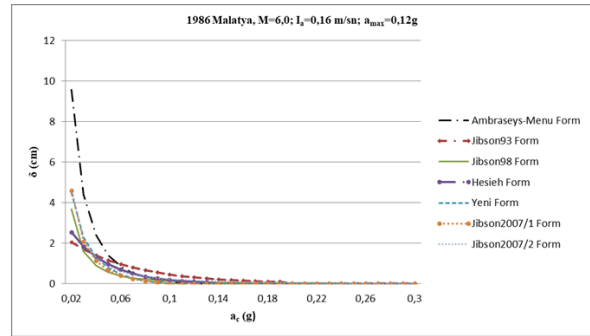
Regresyon denklemlerinden elde edilen sonuçların kıyaslanabilmesi için Çizelge 3 hazırlanmıştır. Hazırlanan bu çizelgeye göre standart sapma (σ) ve belirleme katsayısı (R^2) açısından en iyi sonucu veren denklemin bu çalışma kapsamında belirlenen ve Yeni Form olarak adlandırılan denklemin olduğu görülmektedir (Regresyon kıyasında standart sapmanın düşük, R^2 değerinin ise yüksek olması istenen sonuçtur).

Yapılan bu karşılaştırmaya göre bu çalışma kapsamında kullanılan verilerle elde edilen regresyon sonuçlarının orijinal verilere oranla daha düşük uyum gösterdiği görülmektedir. Bu anlamda bakıldığında orijinal regresyon verilerine en yakın sonuçlar Jibson98 ile Jibson 2007/2 Formlarından elde edilmiştir. Yeni Form'un en iyi regresyon uyumunu vermesinin yanı sıra önceki yaklaşımlara bakıldığında (Yeni Form'dan sonra) en iyi uyumu Jibson98 denklemi göstermektedir. Bu durum yerel (Türkiye) deprem kaydı verilerinin irdelenmiş olduğu Çizelge 1'de de aynıdır. Yerel verilerden elde edilmiş denklemlerin regresyon verileri uyumunda (Jibson98 ve Jibson 2007/2 hariç) azalma, Jibson98 ile Jibson 2007/2 Formlarının regresyon uyumlarında ise artma olmuştur. İlgili çizelgeden (Çizelge 1) de görülebileceği üzere yerel verilere göre de en iyi eşitlik Jibson98 Formuna uygun elde edilmiş olan eşitlik olmuştur.

Çizelge 3. Denklemlerin Kıyası (Comparison of Equations)

Denklem		R^2	σ
Ambraseys-Menu Form	Orijinal Modifiye Form (Denklem 3)	0,840	0,510
	Bu Çalışmada Elde Edilen (Denklem (17))	0,673	0,523
Jibson93 Form	Orijinal Form (Denklem 4)	0,870	0,409
	Bu Çalışmada Elde Edilen (Denklem (18))	0,713	0,489
Jibson98 Form	Orijinal Form (Denklem 7)	0,830	0,375
	Bu Çalışmada Elde Edilen (Denklem (19))	0,816	0,392
Hsieh Form	Orijinal Form (Denklem 8)	0,890	0,295
	Bu Çalışmada Elde Edilen (Denklem (20))	0,760	0,447
Jibson2007/1 Form	Orijinal Form (Denklem 9)	0,870	0,454
	Bu Çalışmada Elde Edilen (Denklem (21))	0,710	0,492
Jibson2007/2 Form	Orijinal Form (Denklem 10)	0,750	0,616
	Bu Çalışmada Elde Edilen (Denklem (22))	0,738	0,468
Yeni Form	Bu Çalışmada Elde Edilen (Denklem (23))	0,867	0,333

Newmark deplasman miktarını elde edebilmek için kullanılan metotlar ışığında bir depremin maksimum ivme, Arias İndeksi, moment büyüklüğü değerlerinden bir veya birkaçına; zeminin ise kritik ivme değerine ihtiyaç duyulmaktadır. Buna göre bu çalışma kapsamındaki tüm denklemlerin bir parametresinin kritik ivme değeri olduğu açıktır. Ambraseys-Menu Formu depremin maksimum ivme değerine hassasiyet göstermekte olup Jibson 2007/1 Formu bunun yanında deprem büyüklüğüne de duyarlıdır. Jibson93, Jibson98 ve Hsieh Formlarında ise depremin Arias İndeksi önemli bir parametre olmakla birlikte Jibson 2007/2 ve Yeni Form'da maksimum ivme de Arias İndeksi'nin yanında önemli rol oynamaktadır. Çizelge 2'de 13. Sırada yer alan 1986 Malatya depreminin $M=6,0$; $I_a=0,16$ m/sn ve $a_{max}=0,12g$ olan kaydı kullanılarak bu çalışmada elde edilmiş olan regresyon denklemlerinden doğabilecek deplasman miktarlarının kritik ivmeye bağlı değişimi Şekil 11'de irdelenmiştir.



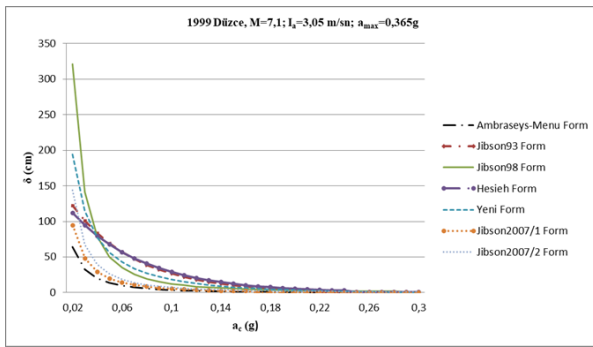
Şekil 11. 1986 Malatya Depremi'ne göre Newmark Deplasman Kıyası (Comparison of Newmark Displacement According to 1986 Malatya Earthquake)

Nispeten düşük Arias İndeksi ile maksimum ivme değerine sahip bu deprem kaydından en büyük deplasman miktarının maksimum ivme parametresinin aktif rol oynadığı Ambraseys Menu Formu'ndan elde edileceği görülmektedir.

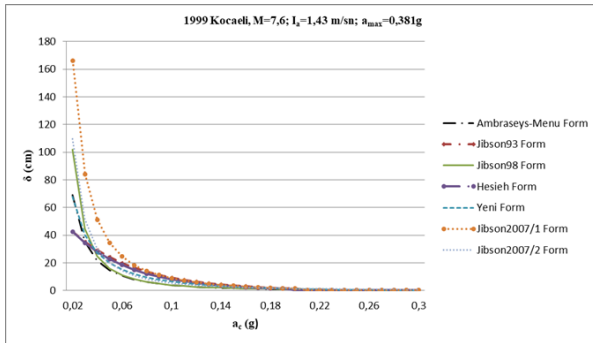
Aynı çizelgenin 25. sırasındaki 1999 Düzce depremine ait $M=7,1$; $I_a=3,05$ m/sn ve $a_{max}=0,365g$ olan kaydı kullanılıp deplasman değişimleri incelenmiştir (Şekil 12). Yüksek Arias İndeksi ve maksimum ivmeye bağlı olarak Jibson98 Formu'nun, kritik ivmenin $0,04g$ değerinden daha küçük değerlerinde daha büyük deplasman değerleri verdiği, $0,04g$ 'den daha büyük kritik ivme değerlerinde ise Jibson93 ve Hsieh Formlarının nispeten daha büyük deplasman değeri sonucu verdiği anlaşılmıştır.

Kocaeli (1999) depreminin (Çizelge 2, 26. sıradaki deprem) $M=7,6$; $I_a=1,43$ m/sn ve $a_{max}=0,381g$ değerlerine sahip kuvvetli yer hareketi kaydı verilerine göre yukarıdaki analiz yenilenmiştir (Şekil 13). Bu deprem kaydı 1999 Düzce kaydına kıyasla nispeten daha düşük Arias İndeksine sahip olup deprem büyüklüğüne duyarlı Jibson 2007/1 Formu yapılan inceleme sonucunda en fazla Newmark deplasmanı vermiştir.

Yapılan bu örnekleme çalışmalar sonucunda regresyon denklemlerinde parametre sayısının az olmasının hesap işlemlerinde kolaylık sağlayacağı ancak bağlı olduğu parametreye göre de söz konusu denklemin o derecede hassasiyet göstereceği anlaşılmıştır. Ayrıca hem Arias İndeksi'ne hem de kritik ivme oranına (a_c/a_{max}) bağlı Yeni Form'un hem regresyon analizi sonucu (σ ve R^2) daha iyi sonuç vermesi hem de değişik parametrelerin (I_a , a_c ve a_{max}) değişim hassasiyetlerine duyarlı olması nedeniyle daha uygun bir regresyon denklemi olduğu anlaşılmıştır. Buna göre değişik kuvvetli yer hareketi kaydı (1986 Malatya, 1999 Düzce ve Kocaeli) verileri ışığında, önerilen Yeni Form diğer regresyon eşitlikleriyle kıyaslandığında yaklaşık olarak ortalama bir deplasman sonucu vermektedir.



Şekil 12. 1999 Düzce Depremi'ne Göre Newmark Deplasman Kıyası (Comparison of Newmark Displacement According to 1999 Düzce Earthquake)



Şekil 13. 1999 Kocaeli Depremi'ne Göre Newmark Deplasman Kıyası (Comparison of Newmark Displacement According to 1999 Kocaeli Earthquake)

4. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Bu çalışma kapsamında kullanılan dünya geneli kuvvetli yer hareketi kayıtlarına ve yerel deprem verilerine göre Newmark deplasman miktarını tahmin edebilmek için daha önce geliştirilmiş olan denklemlerden en iyi regresyon uyumunu veren eşitliğin Jibson98 Formu olduğu görülmüştür.

Ayrıca yapılan analizler sonucu elde edilen ve önerilen yeni denklemin (Yeni Form) önceki mevcut denklemlere kıyasla (Jibson98 Formu dahil) daha iyi regresyon uyumu sağladığı ($R^2 = \%86,7$ ve $\sigma = 0,333$) tespit

edilmiştir. Söz konusu bu uyumun yerel (Türkiye) verilere göre daha da arttığı gözlemlenmiştir ($R^2 = \%91,3$ ve $\sigma = 0,285$). Bu tespitler ışığında elde edilen yeni regresyon denkleminin Newmark deplasman miktarı tahmini için daha kullanışlı olduğu sonucuna varılmıştır.

ETİK STANDARTLARIN BEYANI (DECLARATION OF ETHICAL STANDARDS)

Bu makalenin yazarı çalışmalarında kullandığı materyal ve yöntemlerin etik kurul izni ve/veya yasal-özel bir izin gerektirmediğini beyan eder.

YAZARLARIN KATKILARI (AUTHORS' CONTRIBUTIONS)

Adil YİĞİT: Makaleyi hazırlamış ve sonuçlarını analiz etmiştir.

ÇIKAR ÇATIŞMASI (CONFLICT OF INTEREST)

Bu çalışmada herhangi bir çıkar çatışması yoktur.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Url-1 < <http://www.hurriyet.com.tr/>>, erişim tarihi: 14.01.2019.
- [2] Newmark N.M., "Effects of earthquakes on damsandembankments", *Geotechnique*, 15:139–159, (1965).
- [3] Siyahi B., Erdik M., Sesetyan K., Demircioğlu M.B. and Akman H., "Sıvılaşma ve şev stabilitesi hassasiyeti ve potansiyeli haritaları: İstanbul örneği", *Besinci Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı*, 26-30 Mayıs, İstanbul, (2003).
- [4] Ambraseys N.N. and Menu J.M., "Earthquake-induced ground displacements", *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 16: 985–1006, (1998).
- [5] Wilson R.C. and Keefer D.K., "Dynamic analysis of a slope failure from the 6 August 1979 Coyote Lake, California, earthquake", *Bulletin of the Seismological Society of America*, 73: 863–877, (1983).
- [6] Jibson R.W., "Regression models for estimating coseismic landslide displacement", *Engineering Geology*, 91:209–218, (2007).
- [7] Wiczorek G.F., Wilson R.C. and Harp E.L., "Map showing slope stability during earthquakes in San Mateo County California", *US Geological Survey Miscellaneous Investigations Map*, I-1257-E, scale 1:62, 500, (1985).
- [8] Houston S.L., Houston W.N. and Padilla J.M., "Microcomputer-aided evaluation of earthquake-induced permanent slope displacements", *Microcomputers in Civil Engineering*, 2:207–222, (1987).
- [9] Jibson R.W., "Predicting earthquake-induced landslide displacements using Newmark's sliding block analysis", *Transportation Research Record*, 1411: 9–17, (1993).
- [10] Jibson R.W. and Keefer, D.K., "Analysis of the seismic origin of landslides: examples from the NewMadrid seismic zone", *Geological Society of America Bulletin*, 105:521–536, (1993).

- [11] California Division of Mines and Geology, “Guidelines for evaluating and mitigating seismic hazards in California”, *California Division of Mines and Geology Special Publication*, 117:74, (1997).
- [12] Jibson R.W., Harp E.L. and Michael J.M., “A method for producing digital probabilistic seismic landslide hazard maps: an example from the Los Angeles, California area”, *US Geological Survey Open-File Report*, 98-113, (1998).
- [13] Mankelov J.M. and Murphy W., “Using GIS in the probabilistic assessment of earthquake triggered landslide hazards”, *Journal of Earthquake Engineering*, 2:593–623, (1998).
- [14] Bray J.D. and Rathje E.M., “Earthquake-induced displacements of solid-wastelandfills”, *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 124:242–253, (1998).
- [15] Luzi L. and Pergalani F., “Slope instability in static and dynamic conditions for urban planning: the “Oltre Po Pavese” case history (Regione Lombardia — Italy)”, *Natural Hazards*, 20:57–82, (1999).
- [16] Miles S.B. and Ho C.L., “Rigorous landslide hazard zonation using Newmark’s method and stochastic ground motion simulation”, *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 18:305–323, (1999).
- [17] Jibson R.W., Harp E.L. and Michael J.M., “A method for producing digital probabilistic seismic landslide hazard maps”, *Engineering Geology*, 58:271–289, (2000).
- [18] Miles S.B. and Keefer D.K., “Evaluation of seismic slope performance models using a regional case study”, *Environmental and Engineering Geoscience*, 6:25–39, (2000).
- [19] Miles S.B. and Keefer D.K., “Seismic Landslide Hazard for the City of Berkeley, California”, *US Geological Survey Miscellaneous Field Studies Map*, MF-2378, (2001).
- [20] Del Gaudio V., Pierri P. and Wasowski J., “An approach to time-probabilistic evaluation of seismically induced landslide hazard”, *Seismological Society of America*, 93:557–569, (2003).
- [21] Pradel D., Smith P.M., Stewart J.P. and Raad G., “Case history of landslide movement during the Northridge earthquake”, *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 131:1360–1369, (2005).
- [22] Haneberg W.C., “Effects of digital elevation model errors on spatially distributed seismic slope stability calculations: an example from Seattle, Washington”, *Environmental and Engineering Geoscience*, 12:247–260, (2006).
- [23] Rathje E. and Saygili G., “A vector hazard approach for Newmark sliding block analysis”, *New Zealand Workshop on Geotechnical Earthquake Engineering Workshop*, 20–23 November, University of Canterbury, Christchurch, New Zealand, 205–216, (2006).
- [24] Arias A., “A measure of earthquake intensity. In: Hansen, R.J. (Ed.), *Seismic Design for Nuclear Power Plants*”, *Massachusetts Institute of Technology Press*, 438–483, (1970).
- [25] Hesieh Shang-Yu and Chyi-Tyi Lee, “Empirical estimation of the Newmark displacement from the Arias intensity and critical acceleration”, *Engineering Geology*, 122,:34–42, (2011)
- [26] Jibson R.W., “Regression models for estimating coseismic landslide displacement”, *Engineering Geology*, 91:209–218, (2007).
- [27] Yiğit A., Lav M.,A and Gedikli A., “Türkiye Deprem Verilerine Göre Newmark Yönteminin Uygulanması”, *7. Uluslararası Katılımlı Geoteknik Sempozyumu*, İstanbul . (2017).
- [28] Url-2 < <https://deprem.afad.gov.tr/>>
- [29] Url-3 < <http://peer.berkeley.edu/>>