



Antik Konuralp Kentinde Tarihsel Dönem Depremlerinin Antik Yapılara Etkisinin ve İzlerinin Araştırılması

Ali Ateş^{1*}

¹Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Bolu, Türkiye, (ORCID:0000-0001-6297-85-71), aliates@ibu.edu.tr

(İlk Geliş Tarihi 18 Mayıs 2021 ve Kabul Tarihi 4 Ağustos 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.938673)

ATIF/REFERENCE: Ateş, A. (2021). Antik Konuralp Kentinde Tarihsel Dönem Depremlerinin Antik Yapılara Etkisinin ve İzlerinin Araştırılması. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (25), 582-593.

Öz

Düzce ili Dünyada ve Türkiye’de aktif hareketliliğin en yoğun olarak yaşandığı bir kuşak üzerindedir. Avrupa ve Asya kıtaları arasında, Karadeniz ve Akdeniz ile sınırlanan sismik bir bölgede yer almaktadır. Çalışma alanını etkileyen en önemli fay ise Kuzey Anadolu Fay Zonu’dur (KAFZ). KAFZ sismik aktivite yüksek olan bir fay zonudur. 17 Ağustos 1999 İzmit ve 12 Kasım Düzce Depremi bu fay zonu üzerinde meydana gelmiştir. Ayrıca bu bölgede yıkıcı hasarlar, can ve mal kayıpları meydana gelmiştir. Tarihi ve aletsel kayıtlara bakıldığında yıkıcı depremlerin meydana geldiği tarihi kalıntılardan ve yeraltında kalmış enkazlardan anlaşılmaktadır. Bu çalışmada Düzce ilinde yer alan ve tarihi ve arkeolojik harabeler ve tarihi Prusias kentinin de yok olmasına sebep olmuş tarihsel dönem depremleri ve izleri araştırılmıştır. Ayrıca, Konuralp yerleşkesi çevresinde bulunan antik kentteki bazı tarihi yapılarda tarihsel depremlerin meydana getirdiği izler ve arkeolojik kalıntılardan örnekler sunulmuştur. Bu araştırmada tarihi antik kentlerdeki Roma dönemine ait bazı tarihi kalıntıların karakteristikleri belirtilerek oluşan depremler neticesinde meydana gelen hasarlar incelenmiştir. Araştırma sonunda Konuralp çevresinde meydana gelen yer hareketlerinin etkilediği antik dönem yapılarının bu depremler sonucunda tamamen yıkıldığı sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Konuralp (Düzce), tarihsel dönem depremler, antik harabeler, Roma kalıntıları

Investigations of the Effect and Traces of Historical Period of Earthquake to the Antique Structures in the Antique Konuralp City

Abstract

Düzce province is located where the land has the most movability; this is seen on the belt in the World. It is located in a seismic zone between the European and Asian continents bordered by the Black Sea and the Mediterranean. The most important fault affecting the study area is the North Anatolian Fault Zone (NAFZ). NAFZ is a fault zone which has high activity. The earthquake of the 17 th of August 1999, located in İzmit and the earthquake of the 12 th of November in Düzce, has occurred on this fault zone, with devastating damages, loss of life and property under the light of looking at the historical and instrumental records, it is understood from the historical remains and underground debris that devastating earthquakes have occurred. The earthquakes have been investigated and traced to the ancient city of Prusias in Düzce Province, where the destruction of historic magnitude and archaeological ruins have been discovered. In addition, the samples which belong to the historical ruins created by the earthquakes could have now been seen on the ancient structures in the historic city around the Konuralp campus. In this research, the characteristics of some historical ruins belonging to the Roman period in historical ancient city was determined and damages caused by earthquakes were investigated. At the end of the research, it is was concluded that the ancient period of buildings affected by the ground movements which occurred in Konuralp Campus were completely destroyed as the result of these earthquakes.

Keywords: Konuralp (Düzce), historical earthquakes, historical ruins, Roman ruins

* Sorumlu Yazar: aliates@ibu.edu.tr

1. Giriş

Türkiye, Doğu Anadolu sınırımızda İran'dan başlayarak, yine ülkemizin batı sınırında Tekirdağ körfezinde sonlanan Kuzey Anadolu Fayı (KAF) ve ayrıca Arap Plakasının devamı niteliğinde olan Bitlis-Zagros Bindirme bölgesi olarak tanımlanan fay zonuna paralel bir şekilde Türkiye'nin doğusundan başlayarak Türkiye'nin güneyinde son bulan Doğu Anadolu Fay Zonu ile sınırlandırılmıştır. Türkiye, Alpin sisteminin kuzey ve güneyden etkisi altında olduğu için Hersiniyen Orojenize ait izler, genel olarak bozulmuştur. Kuzeydeki kol, tektonik bakımdan tali bölümlere ayrılmaktadır [1]. Kuzey Anadolu'da doğu batı doğrultusunda uzanan devamlı bir çöküntü alanı yer alır. Saros körfezinden başlayarak Kuzey Marmara çukurunu ve Düzce – Bolu depresyon alanını içine alan bir hat mevcuttur. Bu hat Kelkit vadisi, Erzincan Erzurum Pasinler'i içine alarak Aras çukurluğu ile Türkiye'den çıkmaktadır [1].

Bu bağlamda Ülkemiz aktif bir deprem kuşağı üzerinde bulunmaktadır. Bu fay zonlarına ilave olarak Ege bölgesi Batı Anadolu fay zonu da aktivitesi ile aktif deprem bölgeleri arasındadır. Bu bağlamda aletsel dönem ve tarihsel kayıtlara bakıldığında çok sayıda yıkıcı depremler yaşanmıştır. Bu yıkıcı depremlerin son örneği 30 Ekim 2020'de İzmir'de (Mw=6,9) 6,9 büyüklüğünde bir deprem meydana gelmiş, can ve mal kayıplarına neden olmuştur. Düzce, aktif bir deprem kuşağı içinde yer almaktadır. Tektonik bakımdan çok hareketli olan bu bölge Düzce'de de etkisini göstermektedir. Düzce ve çevresinin zemin yapısı henüz oturmuş ve yerleşmiş jeolojik bir yapıda değildir. Düzce bölgesi tarihsel ve aletsel dönemlerde de çok sayıda deprem yaşamıştır. Son dönemde 17 Ağustos 1999'da Adapazarı İzmit depremi 7,4 büyüklüğünde bir deprem olarak kayıtlara geçmiştir.

Bu depremin devamında 12 Kasım 1999 tarihinde Düzce'de 7,2 büyüklüğünde bir deprem meydana gelmiştir. Bu depremlerde bölgede çok sayıda can ve mal kayıpları yaşanmıştır. Bu bölge aktivitesinin yüksekliği ile bilinmektedir [1, 2]. Bu çalışmada Düzce ve Çevresinin tarihsel dönem depremlerinin bu bölgede yaşamış uygarlıklara ve uygarlıkların meydana getirdiği antik yapıları etkisi araştırılmıştır. Bu bağlamda bu bölgede olmuş depremler ve yine bu bölgenin depremselliği ve etkileri araştırılmıştır.

2. Konuralp ve Çevresinin Depremselliği

Düzce ve çevresi depremsellik açısından ülkemizin ve Dünyanın aktif ve risk seviyesi yüksek, bir deprem kuşağı üzerindedir. Ve çalışma bölgesi Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun (KAFZ) etki alanı içindedir. Anadolu levhası, Avrasya ve Arap levhasının etkisi ile Batı yönünde Helenik Yay tarafına doğru saatin tersi yönünde hareket etmektedir. Afrika Levhası ise Helenik Yay ve Kıbrıs Yayı boyunca Anadolu levhasının altına doğru ilerlemektedir [3].

Asya-Avrupa levhası ile güneyde Anadolu levhacığını birbirinden ayıran Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ), yaklaşık uzunluğu 1200 km olan sağ yönlü doğrultu atımlı bir fay sistemi olup ülkemizin en önemli tektonik yapılarından biridir ve bu fay sisteminin çalışma alanını da etkileyeceği bilinmektedir. 17 Ağustos ve 12 Kasım 1999 depremlerinin bu zon üzerinde

meydana gelmesi aktivitenin devam ettiğinin açık bir işaretidir. Türkiye Diri Fay Haritasında çalışma alanı ve çevresinde risk oluşturabilecek 3 adet diri fayın mevcut olduğu bilinmektedir [4]. Bunlar;

Düzce Fayı; Düzce Havzasını morfolojik olarak Düzce ilini güneyden sınırlayan bu fay, Akyazı, Düzce arasında toplam 80 km uzunluğundadır. Birbirini bütünleyen üç alt parçadan (segment) oluşan Düzce Fayı sağ yönlü doğrultu atımlı sismik olarak aktivitesi belirgin faydır. Fayın Akyazı bölümünde Kuvaterner öncesi temel kayalar içerisinde geçtiği izlenmektedir. Bu fay sistemi aktivitesini 17 Ağustos ve 12 Kasım depremleriyle de ortaya koymuştur. 17 Ağustos depreminde (M=7,4) gelişmiş olan 130 km. uzunluğundaki yüzey kırığının 30 km'lik doğu segmenti Düzce Fayı üzerinde bulunmaktadır.

Hendek Çilimli Fayı Düzce Havzası batısında Sapanca Gölü-Hendek-Cumayeri arasında uzanan D-GB uzanımlı fay Hendek Fayı olarak adlandırılmaktadır. Sağ yönlü doğrultu atımlı olan bu fay yaklaşık 50 km uzunluğunda olduğu bilinmektedir [4]. Adapazarı Ovasında olası olarak haritalanmış olan bu fay Hendek-Cumayeri arasında 25 km'lik bölümünde morfolojik olarak çok belirgin bir şekilde mostra vermektedir. Morfolojide sağ yönde ötelenmeler ve büyük boyutlu basınç sırtlarının gelişmiş olduğu zonda Pliyo-Kuvaterner yaşlı Karapürçek formasyonu bu fay tarafından kesilmekte, fay bu formasyonla temel kayalar arasında dokanak oluşturmakta, doğu bölümünde ise temel kayalar içerisinde devam etmektedir. 1994 Düzce-Hendek depremi (M=6,5) olasılıkla bu fay üzerinde gerçekleşmiş olduğu bilinmektedir [4,5]. Fay üzerinde son depremlerde Hendek'in kuzeybatısında yüzey kırığı tespit edilmiş ve gözlenmiştir. Oluşan bu kırık sağ yönlü doğrultu atımlıdır. Kırık boyunca küçük boyutlu deformasyonlar, 2-5 cm. arasında sağ yönlü ötelenmeler ve kaymalar gelişmiştir. Fay üzerinde tespit edilen ve boyutu ile oransız olan bu yüzey kırılması 17.08.1999 depremiyle Hendek fayı üzerinde aşırı stres birikiminin olduğunu gösteren bir veri olarak kabul edilmektedir [4,5]. Çalışma alanının etkisi altında olduğu diri faylar Şekil 1'de sunulmuştur.

KAFZ ve etkisi altında olan çalışma alanında geçmişten günümüze kadar tarihsel ve aletsel kayıtlarda bir çok deprem kaydı mevcuttur. Bunlardan en önemlileri ve son depremler 17 Ağustos 1999 (Mw=7,4) ve 12 Kasım 1999 (Mw=7,2) depremleridir [5].



Şekil 1. Çalışma alanı tektonik yapı ve Düzce Fayının kolları (Özmen 2000'den alınmıştır) [5]

2.1. Konuralp ve Çevresinin Deprem Tehlike Analizi

Düzce ve Çevresini etkileyen aletsel dönem depremleri (1900–2016) Kandilli Rasathanesi Deprem Araştırma Enstitüsünün deprem verilerinden derlenmiş ve deprem risk

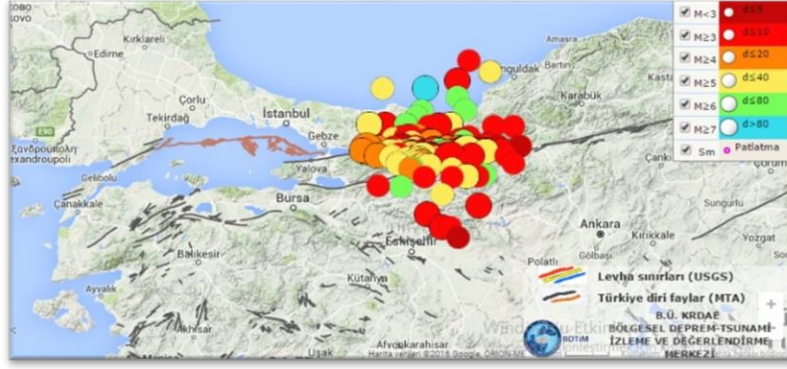
analizlerinde bu veriler kullanılmıştır. 1900 ila 24.07.2016 yılları arasında 100 km'lik bir dairesel yarı çapta, magnitudü 4,5-7,5 arasında olan 132 adet deprem kayıtlara geçmiştir (Çizelge 1), (Şekil 2, 3), [6].

Çizelge 1. Çalışma alanında 100 km'lik çap içinde meydana gelen tarihsel depremler [6]

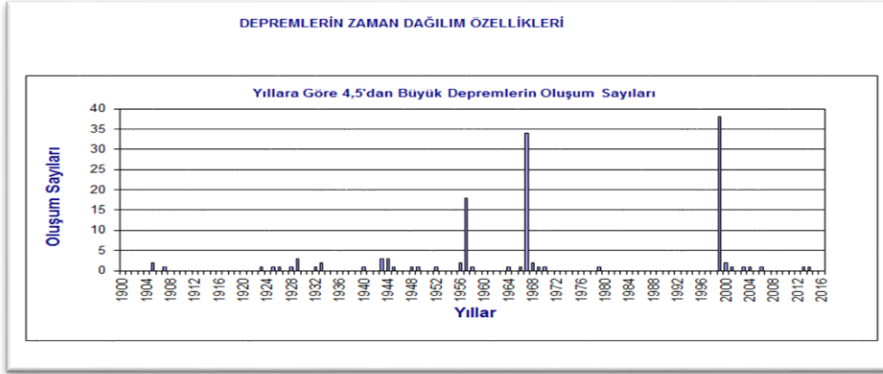
No	Deprem Kodu	Enlem	Boylam	Der (Km)	M	Yer
1	20141022171105	40.4065	30.1147	007.5	4.5	Taşoluk-Geyve (Sakarya) [South West 3.4 Km]
2	20131124204937	40.7848	31.8763	007.6	4.6	Ulumescit (Bolu) [North East 0.4 Km]
3	20060208040741	40.7108	30.3648	008.7	4.5	Arifiye (Sakarya) [South East 0.4 Km]
4	20040413214722	40.7500	31.6400	0010	4.6	Yeniköy (Bolu) [South 2.6 Km]
5	20030521082150	40.7800	30.9600	0014	4.5	Yeşilova-Gölyaka (Düzce) [North East 0.6 Km]
6	20010826004112	40.9800	31.5400	0006	4.6	Ciftlik-Yığılca (Düzce) [South 0.9 Km]
7	20000823134127	40.7100	30.7500	0009	5.0	Çamlıca-Hendek (Sakarya) [North West 0.6 Km]
8	20000214065634	40.9800	31.7800	0009	4.8	Yeşilöz-Devrek (Zonguldak) [South West 7.3 Km]
9	19991213191337	40.7000	30.7400	0007	4.7	Çamlıca-Hendek (Sakarya) [South West 1.3 Km]
10	19991119195907	40.7800	30.9700	0009	5.0	Yazlık-Gölyaka (Düzce) [South West 0.4km]
11	19991117081526	40.8000	31.4600	0009	5.0	Kızılağıl (Bolu) [North West 5.9 Km]
12	19991116175117	40.7900	31.6000	0001	4.9	Kozlu (Bolu) [South West 1.3 Km]
13	19991113025200	40.7800	30.3000	0010	4.7	Cubuklu-Serdivan (Sakarya) [North East 0.3 Km]
14	19991113005400	40.7200	31.0000	0010	4.7	Bakacak-Gölyaka (Düzce) [South East 2.4 Km]
15	19991112222100	40.7500	31.3900	0010	4.8	Darıyeri bakacak-Kaynaslı (Düzce) [East 0.4 Km]
16	19991112205400	40.7600	31.3800	0010	4.5	Darıyeri bakacak-Kaynaslı (Düzce) [North West 1.2Km]
17	19991112200500	40.7400	31.0000	0010	4.5	Yunusefendi-Gölyaka (Düzce) [South West 1.1 Km]
18	19991112191600	40.7400	31.3800	0010	4.7	Yeşiltepe-Kaynaslı (Düzce) [North East 0.2 Km]
19	19991112190700	40.7700	31.2000	0010	4.5	Güven (Düzce) [South West 0.5 Km]
20	19991112182400	40.7600	31.1100	0010	4.7	Aydınınar (Düzce) [South East 0.3 Km]
21	19991112181400	40.7500	31.3600	0010	5.0	Yeşiltepe-Kaynaslı (Düzce) [North West 2.0 Km]
22	19991112180500	40.7000	31.7000	0010	4.7	Demirciler (Bolu) [North East 1.8 Km]
23	19991112175700	40.7400	31.4000	010	4.8	Darıyeri bakacak-Kaynaslı (Düzce) [South East 1.6 Km]
24	19991112175400	40.7700	31.2600	0010	4.7	Fındıklı-Kaynaslı (Düzce) [South East 0.4 Km]
25	19991112175200	40.7600	31.2200	0010	4.8	Özyanık (Düzce) [South West 1.4 Km]
26	19991112174700	40.7200	30.9500	0010	4.8	Saçmalınar-Gölyaka (Düzce) [South 1.7 Km]
27	19991112173000	40.7500	31.4500	0010	5.2	Elmalık (Bolu) [North 2.2 Km]
28	19991112172700	40.7500	31.4000	0010	5.2	Darıyeri bakacak-Kaynaslı (Düzce) [East 1.2 Km]
29	19991112172300	40.7600	31.1600	0010	5.1	Kaledibi- (Düzce) [South West 1.3 Km]
30	19991112171800	40.7400	31.0500	0010	5.4	Hamamüstü-Gölyaka (Düzce) [South East 1.2 Km]
31	19991112171700	40.7500	31.1000	0010	5.2	Aydınınar (Düzce) [South West 1.6 Km]
32	19991112165720	40.7400	31.2100	0025	7.2	Uğur (Düzce) [North East 0.3 Km]
33	19991111144125	40.7400	30.2700	0022	5.7	Aşağıdereköy-Serdivan (Sakarya) [South 1.6 Km]
34	19991107165442	40.7100	30.7000	0010	5.0	Altındere-Akyazı (Sakarya) [North 2.1 Km]
35	19990917194906	40.7200	30.1000	0015	4.5	Sirinsulhiye-Kartepe (Kocaeli) [North 2.3 Km]
36	19990913115528	40.7700	30.1000	0019	5.8	Bayraktar-Izmit (Kocaeli) [South East 2.0 Km]
37	19990831083323	40.7800	29.9600	0010	4.6	Izmit (Kocaeli) [North East 3.1 Km]
38	19990831081051	40.7500	29.9200	0017	5.2	Kocaeli [South West 0.8
39	19990829101455	40.8800	31.2300	0007	4.8	Esentepe (Düzce) [South West 1.6 Km]
40	19990822143059	40.7400	30.6800	0005	5.0	Ortaköy-Hendek (Sakarya) [North East 0.9 Km]
41	19990819130412	40.7900	30.5800	0006	4.8	Catalköprü-Akyazı (Sakarya) [North East 1.1 Km]
42	19990817211407	40.4900	31.0200	0006	4.5	Güveytepe-Mudurnu (Bolu) [South East 1.1 Km]

43	19990817115809	40.5700	30.5100	0016	4.5	Belpınar-Geyve (Sakarya) [North East 3.8 Km]
44	19990817090212	40.7700	31.1100	0016	5.0	Çınarlı (Düzce) [North West 0.2 Km]
45	19990817031401	40.6400	30.6500	0015	5.5	Kuzuluk-Akyazı (Sakarya) [North East 1.5 Km]
46	19990817000137	40.7600	29.9700	0018	7.4	Başiskele (Kocaeli) [North East 2.0 Km]
47	19790628212209	40.7800	31.8500	0000	4.7	Yayladınlar- (Bolu) [South East 0.8 Km]
48	19700419133341	40.0000	30.9000	010.0	5.3	Taycılar-Tepebaşı (Eskisehir) [North West 2.4 Km]
49	19690212084305	40.7000	30.2900	030.0	4.6	Uzunkum-Sapanca (Sakarya) [West 1.8 Km]
50	19680328171220	40.5000	31.3400	006.0	4.8	Dedeler-Mudurnu (Bolu) [South East 2.4 Km]
51	19680318054000	40.8300	30.5300	039.0	4.7	Yeşilyurt-Adapazarı (Sakarya) [North East 1.4 Km]
52	19670918233934	40.8600	30.3000	033.0	4.5	Nasuhlar-Adapazarı (Sakarya) [South 2.3 Km]
53	19670814200925	40.7400	30.3700	025.0	4.8	Serdivan (Sakarya) [South East 2.8 Km]
54	19670814113419	40.6800	30.2700	033.0	4.5	Nailiye-Sapanca (Sakarya) [North West 0.2 Km]
55	19670814014556	40.7500	30.3800	023.0	4.5	Serdivan (Sakarya) [South East 2.3 Km]
56	19670802153323	40.6700	30.4600	030.0	4.5	Kayalar Resitbey-Erenler (Sakarya) [South East 1.9 Km]
57	19670801010510	40.4000	30.4000	046.0	4.5	Aydınlar-Geyve (Sakarya) [South East 1.6 Km]
58	19670801001334	40.7200	30.5200	026.0	4.9	Teketaban-Karapürçek (Sakarya) [North 3.8 Km]
59	19670730190548	40.7000	30.8000	010.0	4.5	Bakacak-Hendek (Sakarya) [South West 0.5 Km]
60	19670730185846	40.7500	30.4600	027.0	4.8	Küçük Esence-Erenler (Sakarya) [South West 3.7 Km]
61	19670730102510	40.7700	30.5600	022.0	4.5	Çatal Köprü-Akyazı (Sakarya) [South West 1.9 Km]
62	19670730015718	40.7000	30.5800	007.0	4.5	Meşepınarı-Karapürçek (Sakarya) [North East 3.1 Km]
63	19670730013101	40.7200	30.5200	018.0	5.7	Teketaban-Karapürçek (Sakarya) [North 3.8 Km]
64	19670730011931	40.7100	30.5800	023.0	4.9	Bediltahirbey-Akyazı (Sakarya) [South East 4.0 Km]
65	19670726091606	40.6100	30.6700	021.0	4.6	Şerefiye-Akyazı (Sakarya)
66	19670723231914	40.6100	30.6300	015.0	4.6	Taşburun-Akyazı (Sakarya) [East 1.1 Km]
67	19670723155709	40.6300	30.5900	023.0	4.7	Bickidere-Akyazı (Sakarya) [North East 1.2 Km]
68	19670723074223	40.7400	30.3600	011.0	4.4	Serdivan (Sakarya) [South 2.6 Km]
69	19670723044855	40.6300	30.3600	033.0	4.9	Boğazkoy-Geyve (Sakarya) [South 1.7 Km]
70	19670723040339	40.6100	30.3500	021.0	4.8	Fındıksuyu-Geyve (Sakarya) [North West 1.3 Km]
71	19670722234159	40.6400	30.5300	030.0	4.9	Karapürçek (Sakarya) [South West 0.9 Km]
72	19670722220835	40.8000	30.5200	040.0	4.6	Hacılar-Adapazarı (Sakarya) [South East 1.2 Km]
73	19670722212741	41.0000	30.4500	049.0	4.8	Konuklu-Ferizli (Sakarya) [North West 0.6 Km]
74	19670722212141	41.0000	30.4500	049.0	4.9	Konuklu-Ferizli(Sakarya) [North West 0.6 Km]
75	19670722203540	40.7900	30.4200	004.0	5.0	Köprübaşı-Adapazarı (Sakarya) [South West 1.7 Km]
76	19670722194730	41.0700	30.5900	059.0	4.9	Konacık-Karasu (Sakarya) [North West 0.7 Km]
77	19670722181400	40.7000	30.8000	010.0	4.5	Bakacak-Hendek (Sakarya) [South West 0.5 Km]
78	19670722180955	40.7200	30.5100	035.0	5.4	Ekinli-Erenler (Sakarya) [North East 3.5 Km]
79	19670722180854	40.7000	30.8000	010.0	4.8	Bakacak-Hendek (Sakarya) [South West 0.5 Km]
80	19670722174806	40.6600	30.6200	026.0	5.2	Alağaç-Akyazı (Sakarya) [North West 0.5 Km]
81	19670722173007	40.7300	30.5300	010.0	5.1	Bediltahirbey-Akyazı (Sakarya) [South West 2.7 Km]
82	19670722171854	40.7000	30.8000	010.0	4.5	Bakacak-Hendek (Sakarya) [South West 0.5 Km]
83	19670722171410	40.7000	30.8000	006.0	5.5	Bakacak-Hendek (Sakarya) [South West 0.5 Km]
84	19670722165658	40.6700	30.6900	033.0	6.2	Güzlek-Akyazı (Sakarya) [North 1.5 Km]
85	19670407174007	40.0000	31.0000	010.0	4.5	Belkese-Alpu (Eskişehir) [East 0.9 Km]
86	19661230015709	40.7400	30.7400	031.0	4.5	Suleymaniye-Hendek (Sakarya) [South West 0.2 Km]
87	19641213140902	40.7000	31.0000	010.0	4.5	Camlibel-Gölyaka (Duzce) [South West 4.3 Km]
88	19581123130738	40.4900	30.6900	010.0	4.6	Kaşıkcıseyhler-Göynük (Bolu) [North 2.5 Km]
89	19570602011200	40.7100	30.7800	010.0	4.9	Kızanlı-Hendek (Sakarya) [South West 1.6 Km]
90	19570601210820	40.6800	30.8400	040.0	4.9	Kurtuluş-Hendek (Sakarya) [South East 1.2 Km]
91	19570601052659	40.7500	30.8600	050.0	5.3	Değirmentepe-Gölyaka (Duzce) [North West 1.8 Km]

92	19570530142951	40.6500	31.2400	010.0	4.5	Samandere (Düzce) [South West 5.5km]
93	19570530130756	40.6200	31.7800	010.0	4.5	Çaygökpınar (Bolu) [Southeast 1.0 Km]
94	19570529101748	40.8300	30.7700	020.0	5.2	Nuriye-Hendek (Sakarya) [North East 2.0 Km]
95	19570529084752	40.7200	31.0400	020.0	4.9	Güzeldere-Gölyaka (Duzce) [South 0.6 Km]
96	19570528053348	40.5700	31.0200	040.0	4.9	Taskesti-Mudurnu (Bolu) [South East 1.1 Km]
97	19570528000953	40.5800	30.5300	050.0	4.9	Ahmediye-Karapürçek (Sakarya) [South West 3.8 Km]
98	19570527110134	40.7300	30.9500	050.0	5.8	Saçmalpınar-Gölyaka (Duzce) [South West 0.6 Km]
99	19570527082424	41.1300	30.6500	070.0	4.8	Ihsaniye-Karasu (Sakarya) [North East 1.5 Km]
100	19570527070514	40.8400	31.1700	080.0	4.9	Düzce (Düzce) [North East 0.6 Km]
101	19570527062037	41.1400	31.1900	080.0	4.5	Beyhanlı-Akçakoca (Duzce) [North West 6.5 Km]
102	19570526093638	40.7600	30.8100	010.0	5.9	Harmantepe-Hendek (Sakarya) [South 0.9 Km]
103	19570526091640	41.4200	31.0900	010.0	5.2	Akçakoça- Açıkları-Düzce
104	19570526091359	41.3400	30.7000	100.0	5.3	Kocaali Açıkları-Sakarya
105	19570526085451	40.6000	30.7400	040.0	5.5	Durmuşlar-Akyazı (Sakarya) [North West 1.0 Km]
106	19570526063335	40.6700	31.0000	010.0	6.7	Güzeldere-Gölyaka (Duzce) [South West 7.1 Km]
107	19560714190107	40.3200	30.9000	040.0	4.8	Dedeler-Göynük (Bolu) [North East 0.6 Km]
108	19560106145259	41.0000	30.2000	010.0	5.2	Mancarlar-Kandıra (Kocaeli) [South East 0.9km]
109	19520122231500	40.8000	30.4000	015.0	4.6	Adapazarı (Sakarya) [North 2.4 Km]
110	19491128184718	40.9800	30.7400	010.0	4.9	Kurudere-Karasu (Sakarya) [South West 0.3 Km]
111	19481213020000	41.0000	30.0000	015.0	4.5	Hacışeyh-Kandıra (Kocaeli) [North West 0.9 Km]
112	19450209022800	40.5000	31.2000	030.0	5.2	Esenkaya-Mudurnu (Bolu) [South East 2.4 Km]
113	19440405044043	40.8400	31.1200	010.0	5.6	Mamure (Düzce) [South East 0.8 Km]
114	19440202033317	40.7400	31.4400	040.0	5.3	Elmalık (Bolu) [North West 1.4 Km]
115	19440201060852	40.7000	31.2700	010.0	5.3	Samandere (Düzce) [North East 0.6 Km]
116	19430906163247	40.2100	31.3500	010.0	5.2	Akdere-Nallıhan (Ankara) [North East 1.8 Km]
117	19430620164757	40.8400	30.7300	010.0	5.6	Kahraman-Hendek (Sakarya) [North 3.0 Km]
118	19430620153254	40.8500	30.5100	010.0	6.4	Türkbeylikışla-Soğutlü (Sakarya) [South East 0.9 Km]
119	19400613110200	41.3400	30.1700	030.0	4.8	Ağva Açıkları-İstanbul (Karadeniz)
120	19330515032305	41.2600	31.0900	060.0	4.9	Akçakoca Açıkları Düzce (Karadeniz)
121	19330205053000	41.5000	31.5000	010.0	6	Kozlu Açıkları Zonguldak
122	19321015221954	40.9000	30.6000	015.0	4.7	Aktefek-Hendek (Sakarya) [South East 1.3 Km]
123	19290427221806	40.5100	31.4300	070.0	4.9	Sarpıncık-Mudurnu (Bolu) [South West 1.9 Km]
124	19290405231815	41.5000	31.5000	033.0	4.9	Kozlu Açıkları-Zonguldak (Karadeniz)
125	19290405082655	41.6100	31.2300	010.0	4.8	Ereğli Açıkları-Zonguldak
126	19280124073611	40.9900	30.8600	010.0	5.5	Kovukpelit-Kocaali (Sakarya) [South East 0.7 Km]
127	19261216175405	40.1300	30.7200	010.0	5.8	Beyyayla-Sarıcakaya (Eskisehir) [South East 1.5 Km]
128	19250624000034	40.8800	30.3900	010.0	4.8	Kayrancı-Adapazarı (Sakarya) [South East 4.4 Km]
129	19230529113402	41.0000	30.0000	025.0	5.6	Hacışeyh-Kandıra (Kocaeli) [North West 0.9 Km]
130	19070821000000	40.7000	30.1000	015.0	5.6	Sirinsulhiye-Kartepe (Kocaeli) [East 0.3 Km]
131	19051022034200	41.0000	31.0000	027.0	5.4	Esmahanım-Akçakoca (Duzce) [North East 1.4 Km]
132	19050501190001	39.9000	31.1000	005.0	4.9	Ağachisar-Alpu (Eskisehir) [South West 4.6 Km]



Şekil 2. Düzce ve çevresi 100 km çapında tarihsel depremlerin harita dağılımı [6]



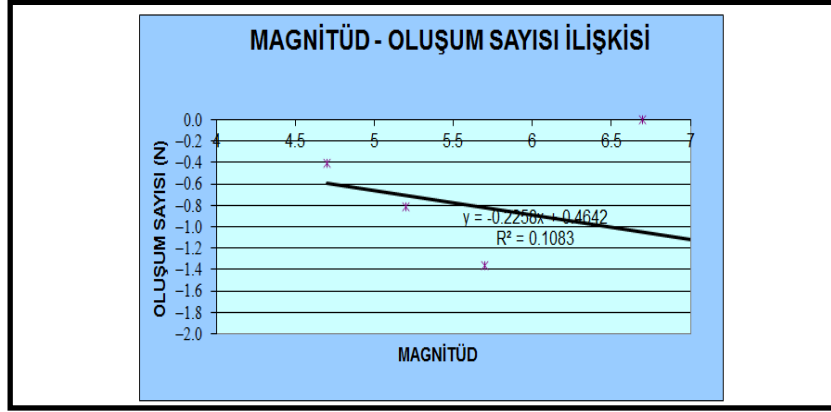
Şekil 3. Konuralp yerleşkesi 1900-2016 yılları arasında oluşmuş 4.5 ve daha büyük depremlerin dağılım grafiği [6]

Düzce ve 100 km çevresindeki 4,5'den büyük deprem kayıtlarından hareketle, inceleme alanı için Poisson Olasılık Dağılımı ile Probabilistik Deprem Tehlike Analizi yapılmıştır. Analizde, Mikrosoft®exel yazılım programı kullanılmıştır [7]. Depremsellik açısından, Düzce ve çevresini etkileyen Düzce fayının başlıca ana kaynağı KAFZ'dur. Dolayısıyla, Düzce ilinin deprem tehlikesini belirlemede, çalışma alanı için deprem

oluşturma potansiyeli olarak Düzce fayının deprem üretme potansiyelinin varlığı dikkate alınmaktadır. Düzce Fayı için 12 Kasım 1999 depreminde yaklaşık 45 km'lik fay segmenti kırılmış ve $M_w = 7,2$ büyüklüğünde bir deprem üretmiştir. 116 yıllık kayıtlara göre hesaplanan 100 yıllık olasılık değerleri, Çizelge 2 ve Çizelge 3'de verilmiştir. Deprem risk analizi program çıktıları ise Şekil 4'de sunulmuştur [7].

Çizelge 2. Probabilistik deprem tehlike analizi

PROBABİLİSTİK DEPREM TEHLİKE ANALİZİ					
YIL 116					
Poisson Olasılık Dağılımı ile Deprem Risk Analizi					
Regresyon için Veri Sayısı	5				
Magnitüd Aralıkları	4.5 £ M <5.0	5.0 £ M < 5.5	5.5 £ M <6.0	6.5 £ M <7.0	7.0£ M <7.5
Ni (Oluşum Sayıları)	28	13	3	0	2
Ortalama Magnitüd M yada (Xi)	4,7	5,2	5,7	6,7	7,2
SNi (Kümülatif Oluş Sayıları)	46	18	5	0	2
SNi/t	0,396551724	0,155172414	0,0431	0	0,017241
Log SNi/t yada (Yi)	-0,401700158	-0,809185484	-1,3655	0	-1,76343
SXi	29,5000000		a	0,464189379	
SYi	-4,3398016		b	-0,225788085	
SXi^2	178,3500000				
SXiYi	-26,5757183		Log (N) = a - b* M		
S(Xi)^2	870,2500000				



Şekil 4. poisson olasılık dağılımı ile hesaplanan farklı büyüklükteki depremlerin farklı zaman süreleri için oluşum olasılıkları ve aşılma oranları

Çizelge 3. Poisson olasılık modeli için magnitüd-oluşum sayısı ilişkisi

Poisson Olasılık Dağılımı						
				Rm = 1 - e-(N(M) *D)		Ortalama
N(M)	Magnitüd	D (Yıl) için Olasılık (%)	D (Yıl) için Olasılık (%)	D (Yıl) için Olasılık (%)	D (Yıl) için Olasılık (%)	Tekrarlama Periyodu (Yıl)
		10	50	75	100	
0,280636	4,5	94,0	100,0	100,0	100,0	4
0,216396	5	88,5	100,0	100,0	100,0	5
0,166861	5,5	81,1	100,0	100,0	100,0	6
0,128665	6	72,4	99,8	100,0	100,0	8
0,076502	7	53,5	97,8	99,7	100,0	13
0,068947	7,2	49,8	96,8	99,4	99,9	15

Çizelge 4. Poisson Olasılık Dağılımı ile Hesaplanan Farklı Büyüklükteki Depremlerin 50 Yıl İçin Aşılma Oranları

D (yıl)	% Aşılma Olasılığı	M (magnitüd)
50	96,8	7,2

Çalışma alanı için deterministik analiz başlığı altında belirlenmiş olan, tek kaynak modellenmesinde Düzce Fayı için 7,2 büyüklüğündeki depremin 50 yıllık süreçte aşılma olasılığı %96,8 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4). Çalışma alanı tasarım depremi için, analiz programı, 2 km episentral uzaklık ve 10 km odak derinliği kabulü ile belirtilen aşılma oranında, beklenen

ivme değeri ve bu değer European Seismological Commission'a göre tehlike düzeyi yüksek tehlike düzeyindedir (Çizelge 5). Büyüklüğü 7,2 olan tasarım depreminin 50 yıl ve %96,8 aşılma oranı için 2 km episentral uzaklık ve 10 km odak derinliğinde beklenen ivme değerine karşılık tehlike düzeyi yüksek tehlikedir.

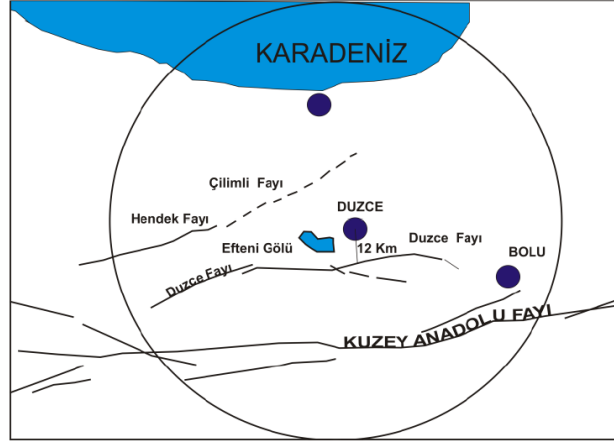
Çizelge 5. European Seismological Commission'a (ESC) Göre, ivme değeri – tehlike Düzeyleri ilişkisi

European Seismological Commission'a (ESC) Göre	
Tehlike Düzeyi	İvme Değerleri
Düşük Tehlike	<0,08g
Orta Tehlike	0,08g-0,24g
Yüksek Tehlike	>0,24g

2.2.Konuralp Yerleşim Yerini Etkileyecek Faylar ve Büyüklüklerinin Deterministik Yöntemle Hesaplanması

Düzce ve Çevresi KAFZ etkisi altındadır ve sismik olarak aktif bir kuşaktır. Hem tarihi kayıtlara hemde aletsel kayıtlara bakıldığında bu bölgenin aktif olduğu ve çok sayıda yıkıcı depremlerin oluştuğu görülmektedir. Bölgede bu bağlamda geçmiş döneme ait medeniyetlerin kalıntıları bulunmaktadır. Bu harabeler ve kalıntılar bu yörede dönemsel olarak ciddi yıkıcı depremlerin olduğunu ortaya koymaktadır. Çalışma alanında

etkinliği bilinen Düzce Fayı 17 Ağustos ve 12 Kasım 1999 yılında deprem büyüklüğü $M_w=7,6$ ve $M_w=7,2$ büyüklüğünde 2 adet deprem üretmiştir. Düzce ve çevresini etkileyecek olan fay yine aktifliği ve büyüklüğü ile bilinen Düzce fayı olacaktır. Tarihi ve arkeolojik kalıntılara bakıldığında muhtemelen bu fayın ürettiği depremin tarihi Prusias ad Hypium antik kentini yıktığı tahmin edilmektedir (Şekil 6).



Şekil 6. Düzce ve Çevresini etkileyen faylar

Dünyada olmuş olan depremler ve faylar incelendiğinde genel olarak fay segmenti $\frac{1}{2}$ oranında fay uzunluğu olarak bakıldığında ise $\frac{1}{3}$ oranında kırıldığı kayıtlara ve raporlara geçmiştir [8]. Çalışma alanını etkilemesi düşünülen Düzce fayının üreteceği depremin moment büyüklüğü Wells and Coppersmith [9] eşitliği ile tahmin edilebilmektedir.

$$M_w=4,86+1,32 \log L \text{ Eş. (1)}$$

Burada M_w : Fayın ürettiği enerjiye bağlı deprem büyüklüğü, L ise fay uzunluğunu (km) göstermektedir. Çalışma alanında bu Düzce Fayı segmentinin kırılması halinde yaklaşık $M_w=7,2$ büyüklüğünde bir deprem üretme potansiyelinin olduğu görülmektedir. Depremlerde yapıya gelecek deprem yükünü gösteren esas büyüklük depremin oluşturacağı ivme ile ölçülür. Bu nedenle çalışma alanında etkin olan fayın üreteceği ivme büyüklüğü ise Ulusay vd. [10] eşitliği ile tahmin edilebilmektedir.

$$PGA=2,18e0,0218(33,3M_w - Re+7.8427 SA +18.9282SB) \quad (2)$$

Burada; yumuşak zeminler için $S_A=0$, $S_B=1$ alınır. Re : yerleşim yerine olan kuş uçuşu en yakın dikey mesafedir. M_w : Deprem büyüklüğüdür.

Bu durumda burada oluşacak deprem yatay ivmesinin büyüklüğü $a_{max}=0,51g$, hatta ilk depremin olduğu anda $0,81g$ olarak kayıtlara geçmiştir. Bu büyüklük ciddi bir deprem büyüklüğüdür. Yapı hasarlarına oluşması için yeterlidir. Bu bağlamda Prusias ad Hypium Antik Kentinde ciddi can ve mal

kayıplarına neden olduğu tarihi kayıtlardan anlaşılmaktadır. Düzce Meteoroloji Müdürlüğü istasyonunda bulunan ivme-ölçer, Doğu- Batı yönünde 513 cm/sn^2 'lik bir ivme değeri ölçmüştür. Depremin dış merkezine (episantr) uzaklığı yaklaşık 60 km olan Sakarya Bayındırlık ve İskân Müdürlüğü'ndeki istasyonda ise, maksimum yatay pik ivme 25 cm/sn^2 olarak gerçekleşmiştir. Alüvyon bir zemin üzerinde olan Düzce istasyonuna karşıt, Sakarya'da nispeten kayalık bir zeminde bu değerler alınmıştır. Düzce ve Sakarya da alınan ivme katsayılarının Fourier spektrumu deprem dalgasının frekansı olan 1-10 Hz. arasında Butterworth-Band Pass filtreden geçirip gerekli düzeltmeler yapılarak hesaplanmıştır. Sakarya kaydının frekansı 5,6 Hz. yani periyodu 0,18 sn'dir. Düzce kaydının frekansı 2,3 Hz ve hakim periyodu 0,4 sn. dir. Düzce kaydının maksimum ivme genliğinin Doğu- batı yönlü 513,7 gal, kuzey- güney yönlü 407,6gal ve düşey yönde ise 339,61 gal olduğu dikkate alınırsa Prusias ad Hypium Antik Kentinin yıkılmasının nedeni anlaşılabilir.

3.Depremlerde Hasar Görmüş Antik Yapıların İncelenmesi

3.1. Prusias Ad Hypium

Prusias ad Hypium Antik Kenti, Düzce il merkezi Konuralp kasabasında yer almaktadır. Tarihi M.Ö. 3. yüzyıla kadar uzanan kent antik Bithynia Bölgesi'nde Hypios (Melen Çayı) kenarında kurulmuş olduğu tarihi kalıntılardan anlaşılmaktadır [11]. Geçmişten günümüze bu bölge bir çok medeniyete ev sahipliği yapmıştır. Ancak bilinen Düzce antik tarihinin Romalılar hakimiyetinde yaşadığı tarihi kalıntılara

bakınca daha net anlaşılabilir. Bu bağlamda Düzce ilinin kuzeyinde yer alan ve yerel kültürde kasaba olarak tanımlanan bu günkü adı ile Konuralp olarak bilinen yerleşkede geçmiş depremlerden hasar görmüş tarihi yapılar ve harabeler mevcuttur. Bu harabeler bu bölgede geçmiş de yaşanmış aletsel ve tarihsel dönemde büyük depremlerin izlerini taşımaktadır. Bu bölgede meydana gelen depremler nedeniyle Prusias'a ait yapılar günümüzde Konuralp olarak bilinen kasabanın altında kaldığı kazılardan ve kalıntılardan ortaya çıkarılmıştır [12].

3.2. Prusias ad Hypium (Kieros, Üskübü, Kasaba, Konuralp) kenti kalıntıları

3.1.1.Surlar ve Sanatsal Yapılar

Kent ovadan gelebilecek saldırılara karşı arkasını dağa doğru yaslanmış olarak tepeye kurulmuştur. Çevresi surlarla kuşatılmıştır. Kentin savunma hattını oluşturan kuleler ve duvarlar, araziyle uyumlu bir biçimde inşa edilmiştir [14]. Kale duvarları, birbiri üzerine konan yazıtlı sunaklar, kaideler, tiyatroya ait oturma yerleri (40 basamak) büyük bloklarla yapılmıştır. Akçakoca yolunu kente bağlayan yol üzerinde bulunan üzerinde at resmi olan kapı "Atlı kapı" olarak

Düzce kent merkezinin yaklaşık 10 km kuzeyinde bu günkü adı ile anılan Konuralp Yerleşkesi sınırları içinde kurulduğu tarihi kalıntılardan anlaşılmaktadır. Antik kentin tarihi M.Ö.3. yüzyıla kadar dayanmakta; kurulmasında ve gelişmesinde tarıma elverişli Hypios Irmağı'nın etkili olduğu ve ismini buradan aldığı düşünülmektedir [13,14]. Bu bölgede tarihi dönemlerde meydana gelen depremler zarar görmüş harabeler ve kalıntılar bugünkü adı ile Konuralp yerleşkesi olarak adlandırılan ilçe merkezi altında Prusias'a ait olduğu bilinen tarihi kalıntılar ve harabeler bulunmaktadır. Prusias Anadolu'nun kuzeybatısında, doğu ile batıyı birbirine bağlayan yollar üzerinde kurulmuştur. bilinmekte ve kentin bir diğer savunma duvarıdır (Şekil 7-10). Kapının üzerinde at resmedilmiş, üzerinde Grekçe bir yazıt vardır ve üzerinde Prusiaslı'nın annesine yaptırdığı mezar steli olan büyük bir lento mevcuttur. Kapıdan itibaren güneydoğu yönünde uzanan sur duvarı kare planlı bir kuleye bağlanmaktadır [14]. Konuralp Beldesi'nde yer alan Genç Hellenistik-Erken Roma dönemlerine ait sur duvarları, köprü, su kemerleri, atlı kapı ve tiyatro Prusias ad Hypium antik kentinden günümüze kadar ulaşan başlıca mimari eserlerdir.



Şekil 7. Roma dönemlerine ait sur duvarları



Şekil 8. Roma dönemlerine ait sur duvarları



Şekil 9. Tarihi Atlı kapı şehir giriş kapısı



Şekil 10. Roma (Prusias ve Hypium) dönemine ait su kemerleri

Roma İmparatorluğu'nun doğuya yaptığı seferlerde Prusias'a uğradıkları bilinmektedir. Roma'nın doğusuna doğru buradan yol uzandığı ve uzanan anayollarından biri olan Kuzey yolunun Prusias'tan geçtiği Hypios Çayı üzerine inşa edilen 3 gözlü taş köprüye ait harabelerden anlaşılmaktadır (Şekil 11-12). Tarihi köprüden, surlardan, su kemerlerinden ve diğer tarihi kent

eserlerinden bugün sadece enkazı kalmıştır. Düzce Valiliği tarafından korunma altına alınarak Konuralp Müzesine kazandırılmıştır. Ayrıca kazılarda tarihi köprünün etrafında bir insan iskeletine de rastlanılmıştır. Bu olay tarihi kent eserlerinin bir depremde yıkıldığını ve enkaz altında can ve mal kayıplarının yaşanmış olduğunu göstermektedir.



Şekil 11. Tarihi Roma dönemine ait üç gözlü köprü



Şekil 12. Prusias ve Hypium Tarihi Konuralp Harabeleri

3.2.2. Tiyatro

Kentte bulunan Roma dönemi antik tiyatrosunun bir kısmı hala ayakta olmakla birlikte zamana yenik düşmüştür. Ancak hala kalıntıları mevcuttur. Bu bölgede günümüze kadar gelebilen tek tiyatro Prusias ad Hypium kent tiyatrosunun olduğu bilinmektedir. Antik Tiyatro (Prusias Tiyatrosu) M.Ö. 10-M.S. 20 yılları arasında inşa edilmiştir. Yapıldığı dönemin en

görkemli eserlerinden biri olarak bilinmektedir. 77x100 m ölçülerinde bir oturma alanına sahiptir. Doğu Bithynia bölgesinde ayakta kalmış tek antik tiyatrodur (Şekil 13-14). Günümüzde antik kent tiyatrosunun sadece kalıntıları mevcuttur. Antik dönemde olmuş olan depremlerin etkisinde yıkıldığı enkaz altında kaldığı düşünülmektedir [15].



Şekil 13. Antik Tiyatro giriş kapısı



Şekil 14. Prusias ve Hypium Antik tiyatro harabeleri

4.Sonuçlar

Düzce ilinin de yer aldığı Batı Kara Deniz ve Doğu Marmara Bölgesi hem aletsel hem de tarihsel dönemlerde yoğun zemin hareketliliğinin yaşandığı anlaşılmaktadır. Bu bölgede hasar yapıcı depremler olarak 6 ve üzerinde depremlerin meydana geldiği aletsel ve tarihsel kayırlardan ve günümüze kadar gelen tarihi eserlerden ve kalıntılarında anlaşılmaktadır. Günümüzde deprem etkisinin yoğun olarak görüldüğü Kuzey Anadolu Fay Zonu üzerinde tarihsel dönemde oldukça fazla deprem yoğunluğu yaşandığı ve yıkıcı etkisinin olduğu çalışma alanındaki (Prusias ad Hypium) tarihi enkazlardan ve harabelerden anlaşılmaktadır. Zira bu bölge KAFZ zonu üzerinde yer aldığından Anadolu Plakasının batıya doğru hareketine bağlı olarak aktif bir bölgedir. Son 17 Ağustos 1999 Adapazarı ve 12 Kasım 1999 Düzce depreminde ciddi mal ve can kayıplarının meydana geldiğini ortaya koymuştur. Düzce ve civarında bu günkü adı ile Konuralp kasabası olarak bilinen (Prusias ad Hypium) tarihi kentinde ortaya çıkan Roma dönemi kalıntılarında bakıldığında bu bölgenin tektonik hareketliliği açısından ciddi risk taşıdığı ortaya konulmuştur. Tarihsel ve aletsel dönemlerde Konuralp (Prusias ad Hypium) kent merkezini etkileyen depremlerde depremin Roma dönemi sanatsal yapılarına etkisinin araştırıldığı bu araştırma makalesinde kent merkezinde M.Ö. 3. Yüzyılda inşa edilen antik yapılar araştırılmıştır. Bu araştırma sonucunda;

Roma dönemi antik yapılarının günümüze kadar ulaşamadıkları bu bölgede meydana gelen depremlerde yıkıldığı ancak kalıntılarının günümüze miras olarak kaldığı görülmüştür. Ayrıca yapısal inşa tarzlarının anlaşılabilirdiği kemer ve tonoz şeklinde olan yapıların tam olmasa da kısmi olarak ayakta kaldıkları, kesme taş veya moloz kagir taşlardan inşa edilmiş yapıların nerdeyse yıkıldığı veya yıkılma noktasına geldiği anlaşılmaktadır. Bu bilgiler ışığında tarihi kent yapılarının nerdeyse bütünüünün yıkılmış olduğu tahmin edilmektedir. Bu

harabeler Düzce Valiliği Konuralp Müze Müdürlüğü tarafından koruma altına alınarak tarihe kazandırılmıştır. Yıkıcı etki yaratabilecek aktif fay hatları bulunan Düzce İli deprem tehlikesi açısından önemli bir konumdadır. Son olarak 17 Ağustos 1999 ve 12 Kasım 1999 depremleri bunu göstermiştir. Bu bölge göç alan bir bölge konumundadır, hızlı yapılaşma trendi içine girmiştir. Geçmişte meydana gelmiş tarihi ve aletsel depremlerden ders çıkararak yeni yapılacak yapıların doğru ve sağlam zeminler üzerine ve deprem yönetmeliğine uygun, inşa edilmesi ile olabilecek yıkıcı deprem hasarlarının cana ve mala zarar vermesi önlenebilecektir.

5.Teşekkür

Düzce Konuralp Müzesi Müdürlüğü'ne Konuralp Yerleşkesindeki Yaptığı Kazı Çalışmalardan Dolayı Teşekkür ederim.

Kaynaklar

- [1]. MTA. Genel müdürlüğü ve Ankara Üniversitesi (A.U).1999, 17 Ağustos 1999 Depremi sonrası Düzce (Bolu) İlçesi Alternatif Yerleşim alanlarının Jeolojik İncelenmesi. TÜBİTAK Yer Deniz Atmosfer Bilimleri ve Çevre Araştırma Grubu Raporu 59s.
- [2]. B. Özmen. (1912). Türkiye Deprem Bölgeleri Haritalarının Tarihsel Gelişimi, Türkiye Jeoloji Bülteni, c. 55,s.1,ss.43-55, 2012.
- [3]. Şengör A.M.C. (1981). Yılmaz Y., "Tethyan evolution of Turkey: a plate tectonic approach", Tectonophysics, 75: 181-241, (1981).
- [4]. M.T.A, Genel Müdürlüğü ve Ankara Üniversitesi (A.U). (1999). "17 ağustos 1999 depremi sonrası düzce (bolu) ilçesi alternatif yerleşim alanlarının jeolojik incelenmesi", TÜBİTAK Yer Deniz Atmosfer Bilimleri ve Çevre Araştırma Grubu Raporu, Ankara.

- [5] B. Özmen, G. Bağcı. (2000). "12 kasım 1999 Düzce depremi raporu", T.C. Bayındırlık ve iskan bakanlığı afet işleri genel müdürlüğü deprem araştırma dairesi, Türkiye, 2000.
- [6].Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü Bölgesel Deprem –Tsunami İzleme ve Değerlendirme Merkezi. 2016.
<http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/2/tr/>,(2016).
- [7] Zemin Jeofizik Analiz, *Bilgisayar Programı*, Microsoft® Excel Programı: İ.Ü. Müh. Fakültesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü, 2005.
- [8]. Mark R. K. (1977). "Application of linear statistical model of earthquake magnitude versus fault length in estimating maximum expectable earthquakes", *Geology*, 5: 464- 466, (1977).
- [9]. Wells, D.L. and K.J. (1984). "Coppersmith, New empirical relationships among magnitude, rupture length, rupture width, rupture area, and surface displacement", *Bull, Seismol. Soc*, 84: 974-1002, (1984).
- [10].Ulusay R., Tuncay E., Sonmez H. and Gokceoglu C. (2004). "An attenuation relationship based on Turkish strong motion data and iso-acceleration map of Turkey", *Engineering Geology*, 74: 265–291, (2004).
- [11].Dikmen, B., Ç. ve Toruk, F. (2017). Prusias ad Hypium Antik Kenti Üzerinde Bir Yerleşim: Konuralp, *Researcher Social Science Studies*, 5(4), 176-210.
- [12]. Akıncı Kesim, G., Köylü, P. ve Girti, P. (2009). Roma Dönemi Kent Yerleşimleri ve Prusias ad Hypium (Kieros, Üskübü, Konuralp), *Düzce Üniversitesi Ormancılık Dergisi*, 1: 5-24.
- [13].Kurt, M. (1979). Prusias ad Hypium'un (Konuralp) Arkeolojik Yapısı. Atatürk Üniversitesi Edebiyat Fakültesi, Arkeoloji Bölümü Basılmamı Bitirme Tezi. Erzurum.
- [14]. Zeyrek, T., Çelik, G.B. (2005). Prusias ad Hypium (Kieros) Anadolu'nun Kuzeybatısında Antik Bir Kent (Konuralp/Üskübü). Ege Yayınları. İstanbul.
- [15].Akkoyunlu, M.F. (2021). Tarihsel Depremler ve Kullanılan Yöntemler, *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi Sayı 21, S. 587-590, Ocak 2021*.