

DÜZCE İLİNDE YAPI HASARLARININ ZEMİN BÜYÜTME ÖZELLİKLERİ VE YAPI REZONANS UYUMU İLE İLGİSİNİN ARAŞTIRILMASI

Ali ATEŞ^{1*}, Baran TOPRAK², Burak YEŞİL³

¹ Düzce Üniversitesi Teknoloji Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Konuralp Düzce

² Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, Beşevler Ankara

³ Düzce Üniversitesi, Düzce M.Y.O., İnşaat Teknolojileri Bölümü, Düzce

Özet Bu çalışma Düzce şehir merkezinde gerçekleştirilmiş ve Şehir merkezinde bulunan mevcut zemin formasyonlarının taşıma kapasitesinin yeterliği araştırılmıştır. Çalışma alanı birinci derece deprem bölgesi içinde bulunmaktadır. Arazide Kayma Dalgası Testi (V_s) çalışması yapılmıştır. Çalışma alanının deprem etkisinde zemin büyütme özellikleri araştırılmıştır. Ayrıca deprem etkisinde zemin parametrelerinin değişeceği düşüncesiyle, depremlerde yapıların yıkılma ve yenilme nedeni olan zemin yapı rezonans uyumu araştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler- Kayma dalgası, zemin büyütmesi, Düzce, zemin parametreleri

SOIL PARAMETERS AND BEARING CAPACITY STUDY OF THE INFLUENCE OF CHANGES IN EARTHQUAKE

Abstract- The study has been undertaken at town of Duzce city. The study was aimed evaluating the competence of the soil surface formations as bearing capacity of foundation. Study area is in the first degree of earthquake zone. Seismic shear waves (V_s) were investigated. Furthermore, the magnification of soil properties under the earthquake was investigated. On the account of the parameters of the soils under the effect of earthquake, the resonance compatibility of soils those cause the damage the structures has been investigated.

Key Words- Shearing waves, soil magnification, Duzce, soil parameters

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Ülkemizin büyük bir bölümü deprem kuşağı üzerinde bulunmaktadır. Düzce, tarih boyunca maruz kaldığı depremlerde çok büyük can ve mal kaybına uğramıştır. Ancak, 17 Ağustos 1999 depreminden sonra can ve mal kaybını en aza indirmek için Düzce Belediyesi ile Düzce Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü ortak bir çalışma başlatmıştır. Bu çalışma ile Düzce’de inşa edilen yapılarda bir kalite standardına ulaşılmaya çalışılmaktadır. Ancak, bu aşamada sadece kullanılan malzeme ve betonun miktar ve kalite bakımından yeterli olup olmadığı, inşaatın her aşamasında titizlikle kontrol edilmekte ve gerekli laboratuvar deneyleri ile test edilmektedir

* alicates@duzce.edu.tr

Son otuz yıl içinde 12 Kasım 1999 deprem öncesine kadar çarpık ve hızlı yapılaşmaya maruz kalmıştır. Çalışma alanı, Düzce Havzası'nın etrafında bulunan Dağlardan kaynaklanan kalın alüvyon yelpazelerle (Kuvaterner) örtülmüştür. Yerleşim alanı birinci derece deprem bölgesinde yer alması ve merkez ilçenin aktif faylar tarafından kesilen alüvyon yelpazeler üzerinde gelişmiş olması nedeniyle deprem tehlikesiyle karşı karşıya kalmış bir durumdadır. Bu çalışma ile olası büyük bir depremde hasarın en aza indirilmesi amaçlanmıştır. Düzce alüvyon zemini zayıf jeomühendislik parametrelerine sahiptir. Bu nedenle kuvvetli yer hareketleri ($M > 5.0$) sırasında olumsuz zemin-yapı etkileşimine yol açmaktadır. Çalışmalar yüzeyde yer alan üst toprak zeminle beraber altta yer alan birbirine geçişli olan formasyonların bulunduğunu göstermiştir. Üst zeminde kalınlığı 1.0 m civarında değişen bitkisel toprağın altında kalınlığı 5-8 m arasında değişen siltli kum ve çakıldan oluşan alüvyon tabakası bulunmaktadır. Bu tabakanın altında ise konkordans olarak çakıl ve siltli kum katmanları yer almaktadır.

Gösterilen bu duyarlılık yapıların projelendirilmesi aşamasında başlatılmadığı sürece, amaçlanan hedefe ulaşılması mümkün değildir. İyi bir projelendirme için zemin-yapı etkileşiminin, dolayısıyla da zeminin geoteknik özelliklerinin bilinmesi gerekmektedir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM (MATERIAL AND METHOD)

2.1. Çalışma Alanı (Study Area)

Düzce İli, Batı Karadeniz Bölgesi'nin güneyinde yer almaktadır. Çalışma alanı, 12 Kasım 1999 tarihinde meydana gelen Düzce Depreminde can ve mal kaybının en yoğun yaşandığı bölgedir. Bu bölge 3444 hektar büyüklüğündeki şehir merkezi ve yakın civarını kapsamaktadır. Çalışma alanını gösteren harita, Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Çalışma alanını (Düzce) haritası (Study Area)

Çalışma alanında, mevsimlere bağlı olarak yüzeysel sular görülmekle beraber yeraltı su seviyesi oldukça yüzeye yakın bulunmaktadır.

2. Çalışma Alanının Coğrafi Konumu ve Morfolojisi (Morfology of the Study Area)

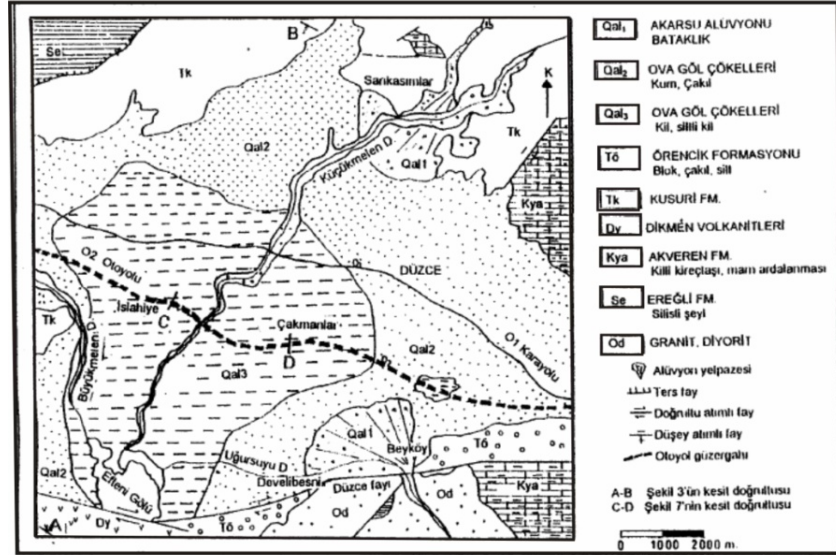
Düzce Kenti yerleşim alanının da içinde yer aldığı Düzce havzası, Batı Karadeniz bölgesinin yüksek ve engebeli fizyografyası içerisinde bir dağ arası havza özelliği sunmaktadır. Havza sağ yönlü doğrultu atımlı Düzce fayının Karadere ve Kaynaşlı segmentleri arasında gelişen oluşmuştur. Düzce, tabanında Kuvaterner yaşlı alüvyonların birikimi sonucu oluşmuş, yaklaşık 370 km² genişliğinde ova yer almaktadır. Kabaca beşgen şekilli geometrisi olan bu ova genelde fay sarplıklarına karşılık gelen yüksek eğimli yamaçlarla çevrilidir (Şekil 2). Küçük Melen, Asarsu ve Aksu çayları havzaya gelen ana akarsulardır. Bunlardan Aksu çayı ile kent merkezi içerisinde geçen Asarsu çayı aktif nitelikteki düzce fayı boyunca açılmış fay vadileri içerisinde yerleşmiştir.



Şekil 2. Düzce Morfolojik Haritası (Morphology map of the study area) [1]

2.2. Çalışma Alanının Jeolojisi (Geology of the Study Area)

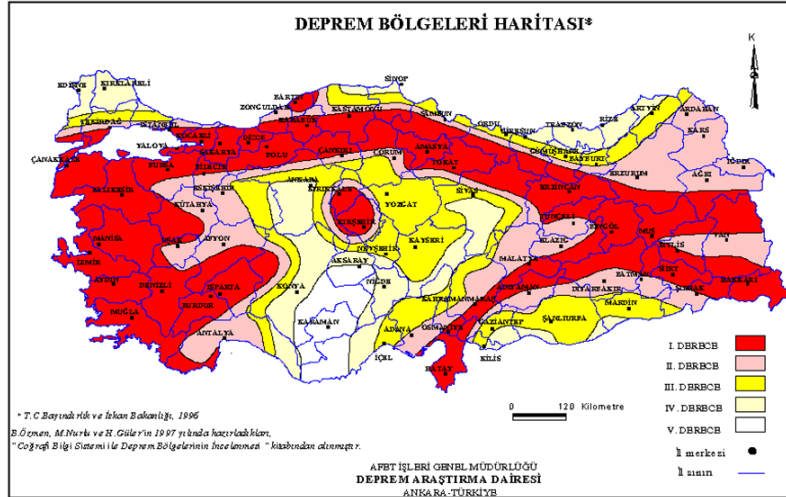
Düzce jeolojik bakımdan IV. Zaman (kuarterler) alüvyon teşekküllerini kapsamaktadır. Alüvyon malzemeler akarsular boyunca oluşmuştur. Ova genel olarak toprak arazi ile kaplıdır. Yamaç, arazi ve tepelerde yer yer volkanik, andazit ve diabaz kayalar ile kesilmiştir. Çalışma alanında, kuvaterner yaşlı alüvyonlar gözlenmektedir ve geniş yayılım gösteren ince elemanlı alüvyonlar, küçük boyutlu, çakıllı, kumlu, siltli, killi, az bloklu, yanal ve düşey geçişli seviyeler birbirleri içinde merceklenmeli, kamalanmalı, gevşek ve tutturulmamıştır. Çalışma alanının olduğu bölgelerde yaklaşık 1.00 m kalınlığında dolgu ve toprak yüzlek verir. Açılan sondajdan alınan örneklerin gözle yapılan tanımlamalardan yukarıdan aşağıya doğru; az kumlu siltli kil, siltli kil kum, siltli iri kumlu kil çakıl, iri kum çakıl serileri geçmektedir (Şekil 3), [2]. Bölgenin kuzeydoğu kısmında da kalker örtülerine rastlanmıştır. Çalışma alanı birinci derece deprem kuşağı üzerinde bulunmaktadır.



Şekil 3. Çalışma alanının jeoloji haritası (Geology map of the study area)

2.3. Depremsellik (Earthquake)

Çalışma alanı ve yakın çevresi Bayındırlık ve İskan Bakanlığınca yayınlanan ve 5 bölgeye ayrılmış olan "Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası (1996)" na göre 1. derecede Deprem Bölgesi içinde kalmaktadır (Şekil 4.). Bölgede oluşan depremlerin magnitüdü ortalama olarak 7.0 veya daha yüksek olabileceği düşünülmelidir.



Şekil 4. Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası (1996) (Turkish earthquake regional map) [3]

2.3.1. Çalışma alanı ve çevresi diri fayları (Live faults presented around the study area)

Aşağıda çalışma alanını etkileyebilecek en yakın diri faylar hakkında genel bilgiler verilmiştir. Türkiye Diri Fay Haritasında çalışma alanı ve çevresinde 3 adet diri fay mevcuttur [2]. Bunlar;

a) Kuzey Anadolu Fayı

Düzce Havzasını morfolojik olarak Güneyden sınırlandıran bu fay, Akyazı, Düzce arasında toplam 70 km uzunluğundadır. Birbirini bütünleyen üç alt parçadan (segment) oluşan Düzce Fayı, sağ yönlü doğrultu atımlı aktif bir faydır. Akyazı bölümünde Kuvaterner öncesi temel kayalar içerisinde izlenmektedir. Kuzeyde Asya-Avrupa levhası ile güneyde Anadolu levhacığının birbirinden ayıran Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ), yaklaşık uzunluğu 1200 km. olan doğrultu atımlı bir fay sistemi olup ülkemizin en önemli tektonik yapılarından biridir. Düzce ve Bolu havzası bu fay üzerinde bulunmaktadır. KAFZ Bolu'nun batısında iki kola ayrılmıştır. Güneydeki kol ise Dokurcun'un batısında tekrar iki kola ayrılmıştır. Kuzey koldaki fay Düzce Fayı diye isimlendirilmiştir. 17 Ağustos ve 12 Kasım 1999 depremlerinin bu zon üzerinde meydana gelmesi aktivitenin devam ettiğinin bir göstergesidir. Kuzey Anadolu Fay zonunun batı segmentinin çalışma alanı içindeki kesimi yaklaşık Doğu-Batı doğrultusunda Düzce-Akyazı- Sapanca gölü ve İzmit arasında genellikle sağ yönlü doğrultu atımlı faylardan oluşan dar bir zon biçiminde gözlenmektedir. Çalışma alanının depremselliğini bu zon belirlemektedir [2].

b) Düzce Fayı

Düzce Havzasının morfolojik olarak Güneyden sınırlandıran bu fay, Akyazı, Düzce arasında toplam 75 km uzunluğundadır. Birbirini bütünleyen üç alt parçadan (segment) oluşan Düzce Fayı sağ yönlü doğrultu atımlı aktif bir faydır. Akyazı bölümünde Kuvaterner öncesi temel kayalar içerisinde izlenmektedir. Fayın aktivitesini 17 Ağustos ve 12 Kasım depremleriyle ortaya çıkarmıştır. 17 Ağustos depreminde (M=7.4) gelişmiş olan 130 km. uzunluğundaki yüzey kırığının 30 km'lik doğu bölümü Düzce Fayı bölümünde yer almaktadır. Bu deprem Düzce Fayının Efteni Gölü'ne kadar olan kesiminde gerçekleşmiştir. Düzce Havzası bölümünde ise genelde yine Kuvaterner yaşlı alüvyonlarla temel kayalar arasında dokanak oluşturmaktadır. Günümüz morfolojisinde izlenen drenaj özellikleri, fay sarplıkları, ötelenmiş dere ve sırtlar bu fayın aktivitesini gösteren verilerdir [2].

c) Hendek Çilimli fayı'dır.

Düzce Havzası batısında Sapanca Gölü- Hendek-Cumayeri arasında uzanan KD-GB uzanımlı fay Hendek Fayı olarak bilinmektedir. Sağ yönlü doğrultu atımlı olan bu fay yaklaşık 50 km. uzunluğundadır. Adapazarı Ovasında olası olarak haritalanmış olan bu fay Hendek-Cumayeri arasında 25 km'lik bölümünde morfolojik olarak çok belirgindir. Morfolojide sağ yönde ötelenmeler ve büyük boyutlu basınç sırtlarının gelişmiş olduğu zonda Pliyo-Kuvaterner yaşlı Karapürçek formasyonu fay tarafından kesilmekte, fay bu formasyonla temel kayalar arasında dokanak oluşturmakta, doğu bölümünde ise temel kayalar içerisinde yer almaktadır. 1994 Düzce-Hendek depremi (M=6.5) olasılıkla bu fay üzerinde gerçekleşmiştir. Fay üzerinde son depremlerde Hendek'in kuzeybatısında yüzey yarığı oluşmuştur. Oluşan bu kırık sağ yönlü doğrultu atımlıdır. Kırık boyunca küçük boyutlu deformasyonlar, 2-5 cm. arasında sağ yönlü ötelenmeler gelişmiştir. Fay üzerinde gelinen ve boyutu ile orantısız olan bu yüzey kırılması 17.08.1999 depremiyle Hendek fayı üzerinde aşırı stres birikiminin olduğunu gösteren bir veri olarak kabul edilebilir [2].

Çalışma alanında inceleme sahasının yaklaşık 22.5 km güneyinden KAF'ın güney kolu geçmektedir, bu fay Akyazı, Düzce arasında toplam 70 km. uzunluğundadır. Düzce ilçesinin kuzeyinden ise 13 km mesafede 72 km uzunluğundaki düzce fayı geçmektedir. Yaklaşık 63.5 km mesafe kuzeyinden ise 50 km uzunluğundaki hendek fayı geçmektedir.

Çilimli fayı, Düzce havzasının kuzeyinde Cumayeri-Konuralp arasında uzanan ve yaklaşık uzunluğu 13 km olan bir faydır. Fayın niteliği ve aktivesine ilişkin ayrıntılı veri toplanamamasına rağmen arazide fay boyunca uzamış şekilli basınç sırtlarının gözlenmesi ve fay çizgisi boyunca çok sayıda kaynak dizilimi gözlenmiş olması sebebi ile olasılıkla aktif fay olarak değerlendirilmiştir [2].

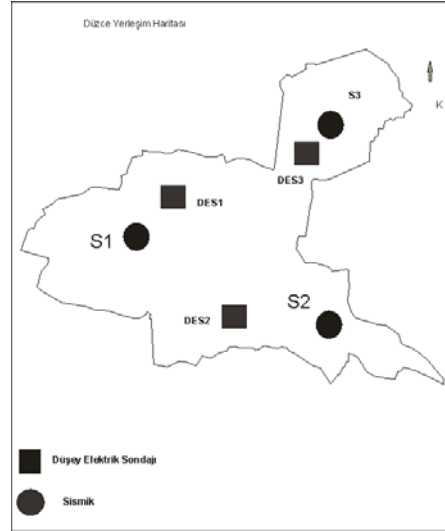
2.4. Jeofizik Çalışmalar (Geophysical Studies)

Çalışma alanında ilgili lokasyon haritasına bakıldığında S1,S2,S3 noktalarında 3 adet sismik kırılma verisi kullanılmıştır.

2.4.1. Sismik kırılma yöntemi (Method of seismic fracture)

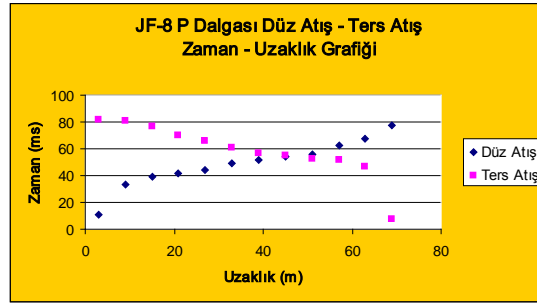
Sismik kırılma yöntemi yapıların oturduğu zeminlerin jeolojik yapısının etkili bir biçimde saptanmasında kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntemle zeminin elastik parametreleri de belirlenmekte ve statik bir yük altındaki zeminde oluşan elastik deformasyonun deneylerle belirlenmesi gibi iyi bir sonuç verir. Bu çalışmada İtalyan malı Doremi Marka Sayısal sismograf aleti kullanılmıştır. DOREMI her kanal için 30.000 örnek depolayabilecek bağımsız bir hafıza ünitesine sahiptir. Örnekleme aralığı 5-0.05 milisaniyeye programlanabilir olup 200'den 20.000 Hz'e kadar örnekleme frekanslarına tekabül ederler. Örnekleme uzunluğu 0.1'den 6000 saniyeye kadar seçilebilir. A/D dönüştürücüde 96dB, 155 dB toplam dinamik menzile mevcuttur. Bu profillerde P ve S atışları için 12 adet P ve S jeofonu kullanılmıştır. Etüt uygulaması S1,S2,S3 noktalarında toplam 24 adet açılım yapılmış olup, offset =2 m olarak seçilmiştir (Şekil 5).

...Düzce İlinde Yapı Hasarlarının Zemin Büyütme Özellikleri ve Yapı Rezonans Uyumu ile İlgisinin Araştırılması::

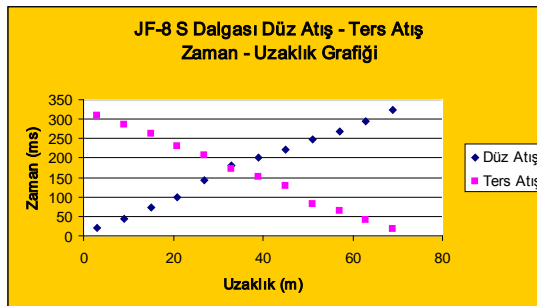


Şekil 5. Çalışma alanı sismik Nokta dağılımı (Distribution of seismic point in the study area)

Örnek olarak arazide yerinde yapılan ölçümlerle ilgili olarak düz atış-ters atış P ve S zaman uzaklık grafiği Şekil 6'da verilmiştir. Ayrıca arazide yapılan jeofizik ölçüm verileri Tablo 1'de verilmiştir [4].



a). S1-S3 no'lu sismik kırılma ölçüm noktası düz atış-ters atış P dalgası zaman uzaklık grafiği (Normal and reverse array p wave versus time graph at the point of S1-S3 seismic location)



(b). S1-S3 no'lu sismik kırılma ölçüm noktası S dalga hızı zaman-uzaklık grafiği (S wave versus time graph at the point of S1-S3 seismic location)

Şekil 6. (a), (b). Düz atış-ters atış zaman uzaklık grafiği (Graph of distance versus time of normal and reverse cycle) [4]

Tablo 1. Jeofizik veriler sonucu elde edilen V_p ve V_s dalga hızları (Velocities of V_p and V_s obtaining result of geophysic studies) [4]

SERİM NO	Tabaka	V_s (m/s)
S 1	1	210
	2	438
S 2	1	240
	2	484
S 3	1	190
	2	457

2.5.Method (Method)

2.5.1. Deprem tasarım parametrelerinin hesaplanması (Calculation of earthquake design parameters)

Deprem tasarım parametrelerinin bulunması için, çalışma alanını çevreleyen 100 km yarıçapında bir daire çizilerek, daire içinde kalan ve çalışma alanını etkileyebileceği düşünülen aktif sismik kaynaklara dik çizilerek bu sismik kaynakların çalışma sahasına en kısa mesafeleri kilometre (km) cinsinden ölçülmüştür (Şekil 7) [5]. Buradaki amaç bu bölgede olması beklenen depremin üreteceği etkin yatay deprem ivmesinin bulunarak ve zeminin, bulunacak ivmeyi büyütme etkisinin incelenmesidir. Çalışma sahasında en yüksek ivme yaratabilecek olan Düzce fay zonu, Mark [6] yaklaşımına göre olası bir depremde 1/3'nün kırılacağı yaklaşımıyla, tasarım depreminin moment büyüklüğü, Wells ve Coopersmith [7]'in eşitliği kullanılarak aşağıdaki gibi hesaplanabilmektedir.

$$M_w = 4,86 + 1,32 \log L \quad (1)$$

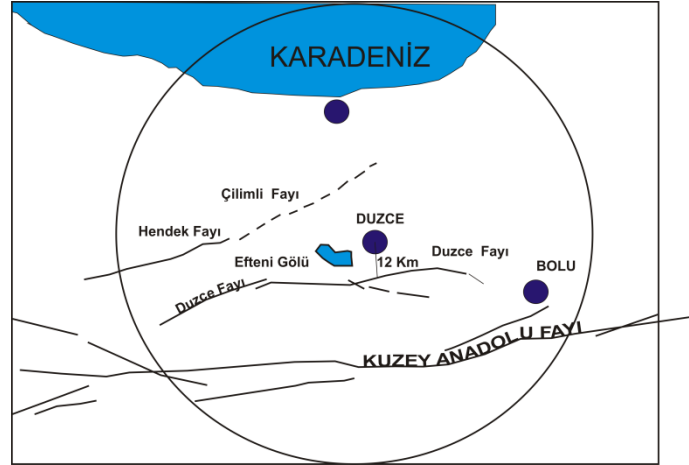
Bu yaklaşıma göre Fay uzunluğunun, 1/2'nün kırılması durumunda, "Moment Büyüklüğü" 7.1 olarak hesaplanmıştır.

Kayada maksimum yatay ivmenin büyüklüğü Ulusay vd. [8] tarafından önerilen Eş.2 kullanılarak bulunabilmektedir.

$$PGA = 2,18 e^{0,0218(33,3M_w - Re + 7,8427 S_A + 18,9282 S_B)} \quad (2)$$

Burada; yumuşak zeminler için $S_A = 0$, $S_B = 1$ alınır, Re yerleşim alanından ilgili fay zonuna en yakın dikey mesafedir, M_w Deprem büyüklüğüdür. Buna göre, tasarım depreminin meydana getirebileceği "yatay deprem ivmesi" 0,28g olarak hesaplanmıştır.

...:Düzce İlinde Yapı Hasarlarının Zemin Büyütme Özellikleri ve Yapı Rezonans Uyumu ile İlgisinin Araştırılması:..



Şekil 7. Çalışma sahasına 100 km çap içinde bulunan sismik kaynakların belirlenmesi (Determination of seismic sources in the radius of 100 km in study area) [5]

Çalışma alanında depremin neden olduğu yatay kesme dalgalarının ağırlıklı ortalama değeri Özaydın [9]'ın önerdiği Eş.3'e göre aşağıdaki gibi bulunmaktadır.

$$v_{k,0} = \frac{h_1 V_{k1} + h_2 V_{k2}}{h_1 + h_2} \quad (3)$$

Burada;

h: Temel kaya üstündeki zemin katmanı kalınlığı (m),

V_k :zemin katmanı içinde kayma dalası hızını(m/sn) ifade etmektedir.

Araziden elde edilen kayma dalgası hızları eşitlikte yerine konulduğunda ağırlıklı ortalama değerleri aşağıdaki Tablo 2'de hesaplanmıştır.

Tablo 2. Araziden elde edilen kayma hızlarının ağırlıklı ortalama değerleri (The values of weighted average of shear velocities obtained from study area)

SERİM NO	Tabaka	Vs (m/s)	530 mt.Ağırlıklı ort Vs hızı
S 1	1	210	324
	2	438	
S 2	1	240	362
	2	484	
S 3	1	190	324
	2	457	
			337

Çalışma alanındaki zeminlerin hakim titreşim periyodu Bray [10]'in önerdiği Eş.4 marifeti ile bulunabilmektedir.

$$T_z = \frac{4.h}{V_k} \quad (4)$$

Burada;

h: Temel kaya üstündeki zemin katmanı kalınlığı (m),

V_k :zemin katmanı içinde kayma dalası hızını(m/sn) ifade etmektedir.

Yukarıda Eş.3'den hesaplanan depremin oluşturacağı kayma dalgası Eş.4'de yerine konduğunda 0.31 sn bulunmuştur.

Yatay ivmenin maksimum değerinin kestirilmesi Borchardt ve arkadaşları [11] ve Özyayın [9] tarafından önerilen Eş.5 kullanılarak 0.4-2 sn periyodundaki ortalama rölatif yatay spectral amplifikasyon faktörü AHSA aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır.

$$AHSA = \frac{600}{V_{k,o}} \quad (5)$$

Burada;

AHSA: 0.4-2.0 s periyod aralığında ortalama yatay spektral büyütme

V1: 30 m derinlik içerisindeki ortalama kayma dalgası hızı (m/sn)

Yukarıdaki eşitlikte değerler yerine konduğunda AHSA değeri için hesaplanan ağırlıklı ortalama kayma dalgası hızı $V_{k,0}=337$ m/sn için hemen hemen aynı değerdedir. Buradan rölatif büyütme faktörü AHSA=1.76 olarak bulunmuştur.

3.BULGULAR (FINDINGS)

3.1. Büyütme Faktörünün Değerlendirilmesi (Evaluation of Magnification Faktor)

Burada “2.5.1 Metod” bölümünde bahsedilen eşitliklerden bulunacak parametrelerle ilgili eşitlikler yardımıyla rölatif yatay amplifikasyon faktörünün (AHSA) bulunması için aşağıdaki parametreler hesaplanmış ve bu değerler kullanılarak amplifikasyon faktörü Eş. 6 kullanılarak elde edilmiştir.

$$a_{zemin} = AHSA \cdot a \quad (6)$$

Burada;

AHSA : 1.76 (Eş. 6 kullanılarak bulunmuştur),

M_w :7.1 (Eş.1 kullanılarak bulunmuştur),

a :228 cm/sn² (Eş.2 kullanılarak bulunmuştur),

V_k :339 m/sn (Eş.3 kullanılarak bulundu),

Bu parametreler kullanılarak çalışma alanının formasyon yapısı ve zemin dokusu baz alınarak ilgili parametreler hesaplanmış ve bu parametreler kullanılarak rölatif yatay amplifikasyon faktörünü (AHSA) 1,76 bulunmuştur. Çalışma alanını etkilemesi tahmin edilen fayların üreteceği yatay deprem ivmesi ise, rölatif büyütme faktörünün etkisi de hesaplamanın içine katılması halinde şehir merkezinde inşa edilecek yapılara yansıtacak olan yatay deprem ivmesi 506 cm/sn² olarak hesaplanmıştır.

3.2. Rezanans Olayının Tahkiki (Evaluation of Resonance)

Rezonans olayı çalışma alanında yapılması planlanan binaların doğal periyodu ile zeminin doğal periyodunun örtüşmesidir. Zeminin Doğal periyodu yukarıda Eş.4 yardımı ile bulunmuştur. Burada yapılması planlanan yapıların periyodu ise Eş.7 kullanılarak bulunabilmektedir [12].

$$T=0.079 H^{3/4} \quad (7)$$

Burada;

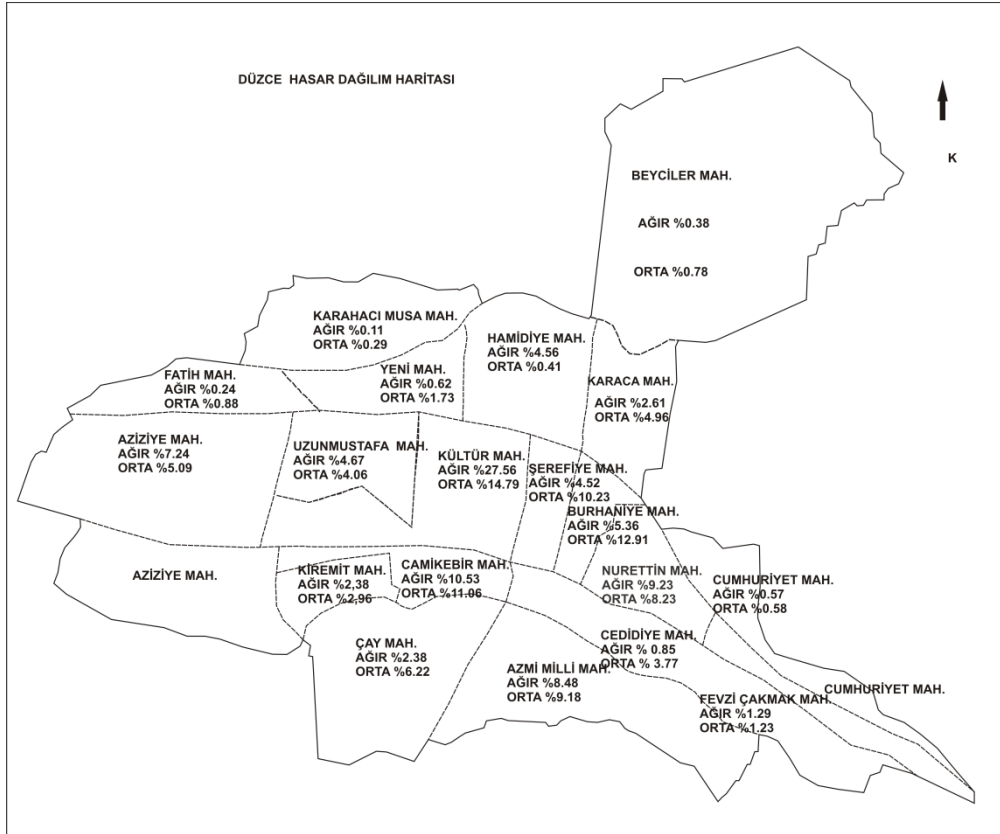
H:Yapının yüksekliği (m)

...:Düzce İlinde Yapı Hasarlarının Zemin Büyütme Özellikleri ve Yapı Rezonans Uyumu ile İlgisinin Araştırılması:..

Burada yapılar 10 kat olarak yapılacaktır, eşitlik yardımı ile yapının periyodu 1.01 sn olarak bulunmuştur. Zeminin periyodu ($T_z=0.31$) ise Eş.4 yardımı ile 0.31 sn olarak bulunmuştur. Buradan hareketle rezonans uyumunun oluşması için periyotlarının çakışması gerekmektedir ($T=T_z$), bu durumda yapı ile zeminin salınım periyotların çakışmayacağı anlaşılmaktadır ($0.31 \neq 1.06$ sn). Bu durumda yapılması planlanan yapılar için rezonans riski bulunmamaktadır.

3.3 Düzce Şehir Merkezinde Hasar Dağılımı (The Distrubution of the Damage in Duzce City Center)

12 Kasım 1999 Düzce Depreminde can ve kaybına yol açan yapı hasarlarının çoğunluğu zeminlerin niteliğine bağlı olarak gelişmiştir. Kent merkezinde çok sayıda yapı hasarı ve can kaybı gerçekleşmiştir. Yapılan gözlemlerde kentteki binaların çoğunluğunun üç ve daha fazla katlı yapılar olduğu dikkat çekmiştir. Düzce ovası gevşek alüvyon zeminler üzerindedir. Hasar yoğunluğu kent içerisinde belirli alanlarda gözlenmiştir. Düzce kenti hasar ve kayıplarının, zayıf ve yumuşak zemin özelliklerine bağlı olarak gerçekleştiği anlaşılmaktadır. Burada gevşek ve zayıf zeminlerin deprem dalgalarını sönmüleme yerine büyüttüğü düşünülmektedir. Buradan hareketle Düzce kentindeki can ve mal kayıplarının zemin büyütmesine bağlı olarak geliştiği kanaatine varılmış ve can ve mal kayıplarının oransal dağılımı Şekil 7’de verilmiştir.



Şekil 7. Düzce Kent merkezinde zemin büyütmesine bağlı hasar dağılımı [13] (The Damage Distrubution in Duzce City Center due to Soil Magnification)

4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA (CONCLUSION AND DISCUSSION)

Bu çalışmada, Deprem Yönetmeliği'nde zorunlu kılınan 1. Derece deprem riski altındaki yerleşim bölgelerinin için, 0,4g değerinin gerçek hesaplamaların çok altında kaldığı deterministik hesapla ortaya konulmuştur. 1. Derece deprem bölgeleri için ilgili yönetmelikte önerilen 0,4g

değerinin yerine deterministik yöntemle ve zemin büyütmesinin de etkisiyle hesaplanması gereken yatay deprem ivmesinin bu bölge için 0,506g olarak kabul edilmesi tarafımızdan önerilmektedir.

Bu bölgede zeminlerin büyütme etkisinin de hesaba katılmasıyla yapıya yansımaları düşünülen yatay deprem ivmesinin ve yapı periyodu ile zeminin doğal salınım periyodunun rezonans uyumu açısından risk oluşturabileceği anlaşılmaktadır. Kent merkezi alüvyon zeminler üzerinde yerleşik olduğundan zeminler deprem dalgalarını büyütmektedirler, burada olan hasarların çoğunluğunun da zemin büyütmesine bağlı olarak geliştiği kanaatine varılmıştır. Bu durumda yerleşim alanında yapıların olası depremlerden daha az zarar görmesi için yapıların oturacağı zeminlerin ıslah edilerek zemin iyileştirilmesinin gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Bu tür hasarları önlemek için literatürde alternatif yöntemler olmakla beraber zemin güçlendirilmesinin gerekliliği ortaya çıkmış ve yerel idarelerin bu tür önlemleri uygulamaya koymasının gerekli olduğu kanaatine varılmıştır.

5. KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1]. İnternet: Düzce ilçesi sınırlarını gösteren bir uydu görüntüsü <http://maps.google.com>.
- [2]. M.T.A 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.
- [3]. T.C Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, 1996, “Deprem Bölgeleri Haritası”, Harita Genel Komutanlığı basımı.
- [4]. Ateş, A., “Jeolojik ve Geoteknik Etüt Raporu”, 15.03.2002 tarihli TOKİ, 2012.
- [5]. Şaroğlu, F., Emre, Ö., Kuşçu, İ., “Türkiye Diri Fay Haritası”, MTA Genel Müdürlüğü, Ankara, 1992.
- [6]. Mark, R. K., “Application Of Linear Statistical Model Of Earthquake Magnitude Versus Fault Length In Estimating Maximum Expectable Earthquakes”, *Geology*, 5: 464- 466, 1977.
- [7]. Wells, D.L. and K.J. Coppersmith,” New Empirical Relationships Among Magnitude, Rupture Length, Rupture Width, Rupture Area, And Surface Displacement”, *Bull. Seismol. Soc. America.*, 84, 974-1002, 1994.
- [8]. Ulusay, R., and Tuncay., E., and Sonmez, H., and Gokceoglu C., “An Attenuation Relationship Based On Turkish Strong Motion Data And İso-Acceleration Map Of Turkey”, *Engineering Geology*. 74: 265–291, 2004.
- [9]. ”Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik”, Yayın tarihi: 06.03.2007, Resmi Gazete No.:26454 Değişiklik : 03.05.2007, Resmi Gazete No.:26511
- [10]. Bray, J.D., “Geotechnical Earthquake Engineering” Chapter.24, *The Civil Engineering Handbook* (Ed: W.F. Chen), CRC Press. Inc,1995.
- [11]. Borchardt, R.D., Wentworth,C.M., Janssen,A., Fumal,T. & Gibbs,J. (1991) “Methodology for Predictive GIS Mapping of Special Study Zones for Strong Ground Shaking in the San Francisco Bay Region”, *Proc. 4th Inter. Conf. On Seismic Zonation*, (3) pp :545-552.
- [12].Scarlat, A., 1996. *Approximate Methods in Structural Seismic Design*, E&FN Spon, London.
- [13]. T.C Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü 2000. “Düzce Kenti I. Nolu Kesim 12 Kasım Depremi Sonrası Yeniden Yapılanma Kapsamında Jeolojik ve Jeoteknik İnceleme Raporu”, Ankara.