ZEMİNİN SİSMİK ÖZELLİKLERİNİN COĞRAFİ VERİTABANI TASARIMI

Sunay Mutlu[1], Ebru Akdeniz[2], Uğur Avdan[3], Emrah Pekkan[4], Muammer Tün[5], Yücel Güney[6] ve Berkan Ecevitoğlu[7]

[1] *Yüksek L. Öğr., Uydu ve Uzay Bil. Araştırma Enstitüsü, Anadolu Üniversitesi, İki Eylül Kampüsü, Eskişehir*
[2] *Yüksek L. Öğr., İnşaat Mühendisliği Bölümü, Anadolu Üniversitesi, İki Eylül Kampüsü, Eskişehir*
[3] *Arş. Gör., Uydu ve Uzay Bil. Araştırma Enstitüsü, Anadolu Üniversitesi, İki Eylül Kampüsü, Eskişehir*
[4] *Yrd. Doçent, Uydu ve Uzay Bil. Araştırma Enstitüsü, Anadolu Üniversitesi, İki Eylül Kampüsü, Eskişehir*
[5] *Arş. Gör., Uydu ve Uzay Bil. Araştırma Enstitüsü, Anadolu Üniversitesi, İki Eylül Kampüsü, Eskişehir*
[6] *Doçent, Uydu ve Uzay Bil. Araştırma Enstitüsü, Anadolu Üniversitesi, İki Eylül Kampüsü, Eskişehir*
[7] *Profesör, Uydu ve Uzay Bil. Araştırma Enstitüsü, Anadolu Üniversitesi, İki Eylül Kampüsü, Eskişehir*
Email: sunaymutlu1985@gmail.com

ÖZET:

Türkiye, jeolojik konumu itibariyle dünyanın önemli deprem kuşakları arasında yer almaktadır. Bundan dolayı yeni yerleşime açılacak alanlarda ve mevcut yerleşim yerlerinde, yapılaşmaya uygunluk haritalarının hazırlanmasında zemin mühendislik parametrelerinin belirlenmesi gerekir. Bu parametrelerin belirlenmesinde kullanılan yöntemlerden birisi de sismik yöntemlerdir. Bu yöntemlerden elde dilen sismik verilerin etkin bir şekilde kullanılması jeofizik, jeoloji, inşaat, çevre, mimarlık, ulaşım ve şehir planlama gibi mühendislik dalları için büyük önem taşır. Zeminlerin yer mühendislik parametreleriyle uğraşan mühendislik dallarında Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) kullanımı gün geçtikçe artmaktadır. CBS, konumsal verilerin görselleştirilmesi, depolanması, analiz edilmesi ve yönetilmesi için kullanılan etkili bir araçtır. Bu bağlamda zeminlerin sismik özelliklerini içeren konumsal veri tabanının (Geo-Database) tasarımı ve geliştirilmesi mühendisler için karar verme ve coğrafi verilerin yönetimi açılarından kullanılabilir olacaktır. Bu çalışmada zeminlerden toplanılan sismik verileri içeren bir konumsal veritabanı tasarımı yapılmıştır. Bu veritabanı kullanılarak, zeminin mühendislik çözümlemelerinin etkili bir şekilde yapılması hedeflenmektedir. Bu çalışma sonucunda, sismik verilerle zenginleştirilmiş bir CBS veritabanının mühendislik uygulamalarındaki etkinliği gösterilmektedir.

ANAHTAR KELİMELER: Zeminlerin sismik özellikleri, konumsal veri tabanı, coğrafi bilgi sistemleri

1. GİRİŞ

Türkiye, üzerinde bulunduğu Anadolu yarımadasının neotektonik konumu nedeniyle, dünyada diri fayların en yoğun olduğu ülkelerden biridir. Ülkemiz topraklarının 2/3'si hasar yapıcı şiddette deprem tehdidi altındadır. Bu yüzden deprem konusu ülkemiz için ciddi bir olgudur. Deprem sonrasında karşılaşılan ağır can ve mal kayıpları konunun önemini arttırmaktadır [1, 2].

Yapılan istatiksel analizler her 8 ayda bir ülkemizde hasar yapıcı deprem meydana geldiğini göstermektedir. Türkiye'de son yüz yılda meydana gelmiş 193 adet yıkıcı depremde yaklaşık 100.000 kişi hayatını kaybetmiş, 495,000 bina yıkılmıştır. Sadece 1999 Kocaeli ve Düzce depremlerinde yaklaşık 20,000 insanımız hayatını kaybetmiş, 124,000 yıkık-ağır hasarlı konut, 110,000 orta hasarlı konut ve 100,000 az hasarlı konut olmak üzere toplam 334,000 konutta hasar saptanmış, bu depremlerin ülkemize verdiği ekonomik zararlar 20 milyar TL' ye ulaşmıştır [1]. Ülkemiz, yukarıda bahsedilen verilerle, deprem tehlikesi ve deprem riski çerçevesinde değerlendirildiğinde, durumun ciddiyeti açıkça görülmektedir.

Ülkemizde yaşanan depremlerde karşılaşılan yapısal hasarlar ve çökmeler göstermiştir ki; yapılaşmaya uygun olmayan zeminlerdeki depreme dayanıksız yapı stoku, bu kayıpların meydana gelmesinin en önemli nedenidir. Bundan dolayı bölgesel deprem tehlike analizlerinin yapılması ve deprem master planlarının oluşturulmasına yönelik çalışmalar, hızla kentleşen ve endüstrileşen kentsel yaşam alanlarımızda oldukça gerekli ve önemlidir. Bölgesel deprem tehlike analizi araştırmalarında iki genel yaklaşım vardır. Bunlar depremin zemine bağlı etkisi ve zeminin depremden etkilenmesidir. Depremin zemine bağlı etkisi diğer bir deyişle zeminin depreme etkisi büyütme etkisidir, zeminin depremden etkilenme biçimi ise sıvılaşma, taşıma gücü kaybı gibi yerel zemin koşullarındaki ani değişimlerdir. Deprem tehlike analizi çalışmalarının başında zemin mühendislik parametrelerinin belirlenmesi gelir. Gerek zeminin büyütme etkisi gerekse sıvılaşma analizi gibi değerlendirmelerde sismik yöntemler etkin bir şekilde kullanılan bilimsel araştırma teknikleridir.

Deprem olduğunda konutun ve yerin nasıl davranacağını öğrenmenin yolu jeofizik çalışmalardır. Bu çalışmalarda elde edilen veriler, yerin düşey yapı ile yatay deprem yükü altında deprem dalgasına karşı nasıl davranacağını tanımlamaktadır. Jeofizik(sismik) ölçüler deprem dalgası konuta geldiğinde yer ile taşıdığı yapı nasıl esner, nasıl karşı koyar onu belirlemektedir [3].

Depremin meydana geldiği odak noktasında oluşturduğu etki ile yeryüzünde bulunan bir yapıya etki eden güç aynı değildir. Deprem meydana geldiği an itibariyle yer içinde sismik dalgalar vasıtasıyla yayılır. Yeryüzündeki sismik dalgalar geçtikleri ortamların zemin özelliklerinden etkilenirler ve zeminde var olan yapıları etkilerler. Bu etki büyüklüklerinin araştırılması amacıyla uygulanan sismik araştırma yöntemleri, yer altındaki jeolojik tabakaların durumlarını saptamada elastik dalgaların, arz içerisinde yayılması ile ilgili fizik prensiplerine dayanır. Sismik yöntemlerden elde edilen sismik veriler kullanılarak mevcut yerleşim bölgelerinde deprem anında zemin de meydana gelebilecek deformasyon biçimleri ve deprem dalgalarının yerel zemin koşullarına olan etkileri belirlenebilmektedir. Ayrıca yeni inşası planlanan yapılar için de istenilen ve sismik yöntemler uygulanarak ölçülen zemin mühendislik parametreleri de büyük önem arz etmekte ve bu yapılar için yerleşime uygun yer seçimi kentsel mikrobölgeleme çalışmaları kapsamında belirlenen zemin özelliklerine göre yapılabilmektedir.

Dünyada ve ülkemizde afet zararlarını en aza indirmek için çeşitli yöntemler geliştirilmekte ve kullanılmaktadır. Bu çalışmaların başında o bölgenin afet tehlike durumunu ortaya koymak ve mevcut planları buna göre yapmak gelir. Bu amaçla kent ölçeğinde yapılacak olan imar planlamalarında kullanılmak üzere, sağlıklı kentleşme ve güvenli yapılaşma için kentsel mikrobölgeleme çalışmaları yürütülür. Sismik yöntemler, kentsel mikrobölgeleme çalışmaları kapsamında yürütülen arazi çalışmalarından biridir. Mikrobölgeleme çalışmalarından edilen verilerin depolanması, coğrafi veri formatında değerlendirilmesi, analiz edilmesi ve yorumlanmasında Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) teknikleri etkin bir araç olarak kullanılmaktadır [4].

CBS (Coğrafi Bilgi Sistemi) yeryüzünde coğrafya ile ilişkilendirilecek her tür veriyi haritalamaya ve konumsal veriler arasında ilişki kurmaya yönelik bir bilgi sistemidir. Bu sistemler çok miktarda konumsal ve tablosal veri biriktirme, üzerinde değişiklikler yapabilme, bu verilere yönelik istatistiksel çözümleme ve gösterebilme özelliğine sahiptir. CBS ile sistem harici bir program ve yüksek seviyeli bir veri tabanı sistemi ile bağlantı kurulabilir. Bütün bu özellikleri ile CBS, diğer bilgi sistemlerinden ayrılır ve sonuçların kolay ve hızlı algılanması açısından da diğer sistemlere göre üstünlük sağlar. CBS kapsamlı bir bölgesel sismik bölgeleme, tehlike ve risk çalışmaları içinde ideal bir ortam oluşturur. Sistem sismik mikrobölgelemeye yönelik her bir adımın birbirinden bağımsız ele alınarak birleştirilmesinde kullanılabilir. Kapsamlı bir sismik mikrobölgeleme çalışmasında pek çok faktörün etkisi birleştirilmelidir. Bu faktörlerin her biri konumsal ve tablosal verilerin modellemesini ve çözümlemesini kapsar [5].
Veri tabanı, verilerin düzenli şekilde depolandığı bir nesnedir. Genel olarak bu tanımlama ile kullanılan veritabanı sözcüğü, verilere düzenli erişim imkânı sağlayan, yönetilebilen, güncellenebilen, taşınabilen ve veri

kümeleri arasında ilişkiler kurulabilen bilgiler kümesi olarak tanımlanabilir. CBS açısından incelendiğinde; veri tabanının tek amacı verileri depolamak değil, veriler üzerinde çeşitli kriterlere göre sorgulama yapılabilmesi ve bu şekilde yeni bilgilerin türetilebilmesidir [6].

Coğrafi veri tabanları (Geo-Database) ise coğrafi verinin en uygun şekilde depolandığı veri tabanı yönetim sistemleridir ve geniş ölçekteki konumsal verinin yönetiminde kullanılır [7].

Arazi uygulamalarından elde edilen veriler konumsal veri özelliğinde olup, verilerin depolanması, sorgulanması ve analiz edilmesinde Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) etkin bir şekilde kullanılmaktadır. Bu bağlamda zeminlerin sismik özelliklerini içeren amaca uygun konumsal veri tabanının (Geo-Database) tasarımı ve geliştirilmesi, mühendisler için karar verme ve coğrafi verilerin yönetimi açılarından kullanılabilir olacaktır. Bu çalışmada sismik araştırma teknikleri ile sahadan toplanan sismik verileri içeren bir konumsal veritabanı tasarımı yapılmıştır ve tasarımı yapılan bu veritabanı sayesinde, eldeki verilerin depolanması, analizi, yönetimi ve çözümlemelerinin etkin bir şekilde yapılabilmesi hedeflenmektedir.

18 Ağustos 2011 tarihinde Resmi Gazete de yayınlanan UDSEP-2023(Ulusal Deprem Stratejisi ve Eylem Planı-2023) belgesinde Strateji A.1.2. konu başlığında "Deprem Bilgi Bankası kurulacak ve işlevi sürekli kılınacaktır" emaresi yer almaktadır. Bu başlık altında, AR-GE çalışması yürüten kurum ve kuruluşlardan sağlanacak deprem konusundaki bilgi, veri ve raporların derleneceği, bu verilere ulaşımın tek elden yapılmasının kullanıcılara büyük kolaylık ve zaman kazandıracağı vurgulanmıştır. Bu nedenle bu kaynakların sanal ortamda depolanmasının kurulacak olan Deprem Bilgi Bankası içinde önemli bir veritabanı oluşturacağı belirtilmiştir [8]. Çalışmamız kapsamında oluşturacağımız konumsal veritabanı, UDSEP-2023 kapsamında oluşturulacak Deprem Bilgi Bankası açısından da kullanılabilir olmasından dolayı büyük önem taşımaktadır.

2. ZEMİNİN SİSMİK ÖZELLİKLERİNDEN OLUŞAN KONUMSAL VERİTABANI TASARIMI

Jeofizik, jeoloji, inşaat ve deprem mühendisliği gibi bilim dallarının temel araştırma konusu zemindir. Bu dallar, zemini tanıma ve davranışlarını öğrenme amacıyla sismik yöntemlerden yararlanmaktadırlar. Çünkü yerin yapısını tanımak ve deprem esnasında göstereceği davranışları önceden bilmek bu meslek dalları için büyük önem arz etmektedir. Araştırmalar sonucunda ortaya çıkan sismik veriler hayati sonuçlar doğurabilmektedir. Bu verilerin doğru ve etkili bir şekilde kullanılması durumunda depremlerden daha az hasarla belki de hasarsız şekilde etkilenilmesi sağlanabilecektir.

2.1. Sismik Yöntemler

Sismik yöntemler, yer altı zemin mühendislik parametrelerinin belirlenmesinde oldukça önemlidir. Deprem araştırmaları yapan mühendislik dalları ihtiyaç duydukları sismik zemin verilerini elde etmek için uygun olan sismik yöntemi seçerek uygulamaya geçerler. Bu sayede, saha çalışmalarından elde edilen sismik veriler yardımıyla, deprem tehlike analizleri, sismik risk haritaların hazırlanması ve mikrobölgelme çalışmaları yapılabilmektedir.

Çalışma kapsamında kullanacağımız zeminin sismik özellikleri; sismik kırılma, sismik yansıma, kuyu aşağı (Down-Hole) ve mikrotremör yöntemlerinden elde edilen zeminlerin mühendislik parametrelerini kapsamaktadır.

2.1.1. Sismik Kırılma ve Yansıma Yöntemi

Sismik yöntemlerde bir kaynakta oluşturulan elastik dalgaların yerin farklı özelliklerdeki katmanları içinde kırılarak veya yansımaya uğrayarak yayılmalarına ilişkin yol alış (seyahat) zamanları ölçülür. Zaman uzaklık kayıtları daha sonra uygun yöntemler ile işlenerek tabakalı ortamların kalınlık ve sismik dalga hızlarını belirleyen yeraltı modelleri oluşturulur. Bu yöntemde sismik dalgaları üreten bir enerji kaynağına, yeryüzüne bir düzen içinde yerleştirilmiş bir seri alıcıya ve bu alıcılara gelen dalgaları kaydeden ölçüm aletine gerek vardır. Sismik yöntemler, kaynaktan yayılan sismik dalgaların takip ettiği ışın yollarına göre sismik yansıma (reflection), sismik kırılma (refraction) olmak üzere iki genel bölüme ayrılır. Bunlardan sismik yansıma yöntemi yeraltının iki veya üç boyutlu, ayrıntılı yapısal ve stratigrafik kesitinin elde edilmesinde kullanılır [9].

Sismik kırılma çalışması ise, yeraltında bulunan jeolojik tabakaların P ve S dalga hızlarını, yüzeyden olan derinlik ve kalınlıklarını tespit eder. Elde edilen P ve S dalga hızlarının kullanımı ile belirlenen tabakaların dinamik mühendislik özellikleri (elastik sabitler, periyod, zemin büyütmesi, yoğunluk, yerin karakteristik periyotları, vs.) belirlenir. Ayrıca yerin kazılabilirlik, sökülebilirlik özelliğinin belirtilmesinde, zemin sıvılaşma analizinde, kırık, boşluk ve yüzey pürüzlülüğü araştırmalarında, oturma ve yatak kat sayısı hesaplarında, heyelan yerçekimi ve alan sınıflaması çalışmalarında kullanılır [10].

Mühendislik jeofiziğinde en önemli sismik parametreler P ve S dalga hızlarıdır. P ve S dalga hızları zemin parametrelerinin tayininde kullanılırlar. Sismik hızlar, tamamen ortamın elastik özelliklerine bağlı olduğundan, zeminin fiziksel özellikleri sismik hızların fonksiyonları şeklinde sağlıklı olarak bulunabilmektedir [11]. Aşağıda sismik dalga hızlarından elde edilen zemin parametrelerinin tanımları ve neden önemli oldukları belirtilmiştir.

Sismik yöntemlerden elde edilen Vp ve Vs hızlarından yararlanılarak zeminlerin elastik parametrelerinden biri olan Poisson Oranı da belirlenebilmektedir. Kayacın gözenekliliğini, çimentolaşma derecesini ve gözeneklerin dolu olup olmadığını yansıtan elastik bir parametredir [12]. Poisson oranı, 0 ile 0,5 arasında değişir. Değer 0,5'e yaklaştıkça, suya doygunluk artar.

Young modülü, yoğunluk ve sismik hızlardan hesaplanır. Bu parametre, jeofizik birimlerinin (formasyonun) sertliğinin ve sağlamlığının bir ölçüsüdür. Eğer, Elastisite Modülü yüzeyden derinliğe doğru değişik değerler alıyorsa, zeminin farklı derinliklerde farklı sıklıkta olduğunu gösterir [13].

Kayma Modülü, makaslama gerilmelerine karşı formasyonun direncini gösterir. Kayma modülü ne kadar yüksek ise formasyonun makaslama gerilimlerine karşı direnci de o kadar fazla demektir. Deprem hasarlarını tahmin etmede, kayma modülünün belirlenmesi önem taşımaktadır. Elastik dalgaları denetleyen önemli bir parametredir [13].

Boyuna ve enine sismik dalga hızları birbirine oranıyla güvenlik katsayısı elde edilir. Güvenlik katsayısı formasyonların konsolide olup olmadığı, gaz ve sıvı taşıyıp taşımadığını gösterir. [14].

Yukarıda bahsedilen zemin parametreleri ve bunlara ek olarak yoğunluk, tabaka kalınlığı ve anakaya derinliği gibi veriler zeminlerin deprem esnasında göstereceği davranışların önceden tahmin edilmesinde, mikrobölgeleme çalışmalarında ve sismik risk haritaları oluşturmada doğrudan ve dolaylı olarak kullanılmaktadır. Bu verilerin bu denli önemli olması sebebiyle veritabanımızda yer bulmaktadırlar.

2.1.2. Mikrotremör Yöntemi

Mikrotremör, hafif deprem, rüzgâr, atmosfer etkileri gibi doğal, trafik, sanayi gibi yapay nedenlerle oluşan küçük genlikli titreşimlerdir. Genlikleri 0.001 - 0.01 mm, periyodları ise 1-20 saniye arasında değişir.

Mikrotremörlerin çok duyarlı taşınabilir sismometrelerle algılanıp kaydedilmesi mümkün olup, bu veriler deprem sırasında oluşacak kuvvetli yer hareketleri sırasında, yapı veya zeminlerin davranışlarının önceden tahminde kullanılabilir. Kuvvetli yer hareketlerini ölçen sismometre kayıtlarının analizinden bulunan yatay ve düşey deprem hareketi arasındaki ilişkiler kullanılarak, zemin yüzeyinde ölçülen mikrotremörlerin yatay ve düşey bileşenlerinin spektral oranı hesaplanır. Hesaplanan bu oran yardımıyla yüzey zemininin sismik özellikleri belirlenebilir [15].

Yeryüzündeki sismik dalgalar, geçtikleri ortamların özelliklerinden etkilenerek zemin üzerindeki yapıları etkirler. Zemin büyütmesi, zemin yüzeyine ulaşan deprem dalgalarının, tabaka özelliklerinin farklılıklarından dolayı uğradığı kırılma ve yansımaların bir sonucu olarak üst üste yığılması ve zemin tabakaları içerisinde ilerleyen deprem dalgalarının genliklerinin yüzeye doğru artması ile meydana gelmektedir. Bunun sonucunda, yüzeye gelen deprem etkileri, zemin tabakasının fiziksel özelliklerine göre büyütülebilirler ve daha yıkıcı olabilirler. Zemin hakim titreşim periyodu, zemin tabakalarının sertlik sıkılık veya yumuşaklığı gibi fiziksel özelliklerinin elastik malzeme davranış kabulleri esas alınarak hesaplanan önemli bir parametredir. Zemin hakim periyodu, deprem zemin hasarı ile doğrudan bağlantılı bir parametre olmamakla beraber, depremler sırasında zemin ve yapı arasındaki etkileşim sonucunda ortaya çıkabilecek rezonans etkileri nedeni ile karşılaşılacak hasarın mertebesini arttırıcı rol oynayabilmektedir [16].

Zeminlerin en önemli dinamik özelliklerinden biri kayma dalgası hızıdır. Zeminlerin rijitlikleri hakkında doğrudan bilgi verdiğinden, zemin büyütme analizlerinde doğrudan kullanılır [15]. Kayma dalgası hızı, mikrotremör ölçümlerinden elde edilen verilerden frekans ve büyütme oranlarıyla kayma dalgası hızı(Vs) hesaplanabilmektedir.

Zemin büyütmesi ve zemin hakim titreşim periyodu ve kayma dalgası hızı deprem mühendisleri tarafından kullanılan en önemli sismik zemin özelliklerindendir. Bu nedenle bu veriler, veritabanımızdaki mikrotremör veri setinin özellik sınıflarını oluşturmaktadır.

2.1.3. Kuyu Aşağı (Down-Hole) Sismik Yöntemi

Dinamik zemin özelliklerinin arazide belirlenmesi için en uygun yöntem ise kuyu içi sismik deneyidir. Kuyu içi sismik deneyi zeminin düşey kesitine uygun olarak yüzeyden aşağıya doğru her bir tabakanın P ve S dalgası iletme hızını belirlemek amacıyla yapılır. Her bir tabakanın dalgaları farklı hızda iletmesi, deprem kayıtlarını etkilemektedir. Kuyu içi sismik verileri, bir kaynaktan gönderilen dalganın jeofona geliş süresinin kaynak jeofon mesafesiyle ilişkilendirilmesi sonucunda elde edilir. Elde edilen kuyu içi sismik verileri, ters evrişim işleminde dinamik özelliklerin tanımlanmasını sağlayan zemin bilgilerini içermektedir [17].

Kuyu içi sismik yöntemde p ve s dalga hızları belirlendikten sonra, Shear Modülü, Young Modülü, Poisson Oranı ve Bulk Modülü gibi zemin parametreleri bunlara bağlı olarak hesaplanabilmektedir. Dinamik zemin özelliklerini belirlenmesinde en etkili yöntemlerden olan Kuyu içi sismik yönteminden elde edilen veriler zemin mühendislik dalları için büyük önem taşımaktadır. Bu yüzden bu veriler, veritabanımızın Kuyu içi sismik yöntemi veri setinin özellik sınıflarının içinde yer almaktadır.

2.2. Zeminin Sismik Özelliklerinin Veritabanı Tasarımı

Deprem etkilerinin önceden belirlenebilmesi, etkilerinin en aza indirilmesi, yapılarda oluşabilecek hasarların tahmini, zeminlerin ve yapıların deprem esnasında göstereceği davranışların önceden bilinebilmesi gibi birçok araştırmalarda sismik zemin verileri etkin bir şekilde kullanılmaktadır. Bu coğrafi verilerin efektif bir şekilde kullanılması için, zeminin sismik özelliklerini içinde barındıracak bir konumsal veri tabanına ihtiyaç vardır. Bu

ihtiyacı karşılamak amacıyla hali hazırda elimizde var olan sismik verileri (Mikrotremör, Kuyu Aşağı, Sismik Kırılma ve Yansıma) içeren bir konumsal veritabanı tasarımı yapılmıştır.

Şekil 1' de zeminin sismik özellikleri için tasarlanan detay veri kümesi tasarımı gösterilmiştir.

Konumsal Nesne Sınıfları (Simple feature class) **Mikrotremor** — Geometri *Nokta*

Field name	Data type	Allow nulls	Default value	Domain	Precision	Scale	Length
OBJECTID	OID						
Shape	Geometry	Yes					
XKoordinatı	Double	Yes			2	0	
YKoordinatı	Double	Yes			2	0	
ZKoordinatı	Double	Yes			2	0	
HakimPeriyot	Double	Yes			2	0	
ZeminBüyütmesi	Double	Yes			2	0	
Vs	Double	Yes			0	0	

Konumsal Nesne Sınıfları (Simple feature class) **KuyuAsagi (Down-Hole)** — Geometri *Nokta*

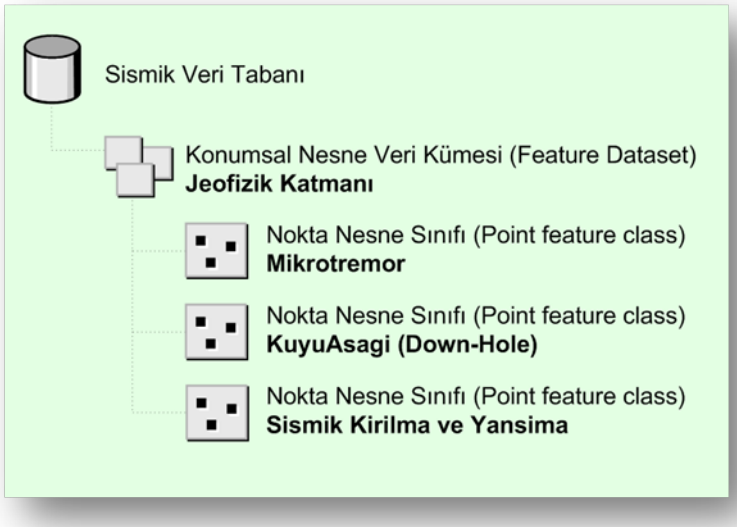
Field name	Data type	Allow nulls	Default value	Domain	Precision	Scale	Length
OBJECTID	OID						
Shape	Geometry	Yes					
XKoordinatı	Double	Yes			2	0	
YKoordinatı	Double	Yes			2	0	
KuyuNo	String	Yes					12
ShearModulu	String	Yes					12
YoungModulu	String	Yes					12
PoissonOrani	String	Yes					12
BulkModulu	String	Yes					12

Konumsal Nesne Sınıfları (Simple feature class) **Sismik Kırılma ve Yansıma** — Geometri *Nokta*

Field name	Data type	Allow nulls	Default value	Domain	Precision	Scale	Length
OBJECTID	OID						
XKoordinati	Double	Yes					10
YKoordinati	Double	Yes			2	0	
ZKoordinatı	Double	Yes			2	0	
DeneyYontemi	String	Yes					10
Vs	Double	Yes			2	0	
Vp	Double	Yes			2	0	
Vp/Vs	Double	Yes			0	0	
Yogunluk	Double	Yes			2	0	
KaymaModulu	Double	Yes			2	0	
YoungModulu	Double	Yes			2	0	
PoissonOrani	Double	Yes			0	0	
BulkModulu	Double	Yes			2	0	
HakimPeriyot	Double	Yes			2	0	
TabakaKalinligi	Double	Yes			2	0	
ZeminBuyutmesi	Double	Yes			0	0	
AnakayaDerinligi	Double	Yes			2	0	

Şekil 1. Zeminin sismik özellikleri için tasarlanan detay veri kümesi

Aşağıda görülen şekilde güncellenebilir, veri eklenebilir ve okunabilir, geliştirilebilir bir veritabanı tasarımı görülmektedir (Şekil 2).



Şekil 2. Tasarımı Yapılan Sismik Veri Tabanı Modeli

3. SONUÇ VE ÖNERİLER

Türkiye, her an yıkıcı bir deprem meydana gelebilecek potansiyele sahip bir ülkedir. Olası bir deprem afeti durumunda yurdumuzda oluşabilecek can ve mal kayıplarını en aza indirmek için, birçok sismik çalışmalar yapılarak zeminden veri toplanmaktadır. Zeminin sismik özelliklerini belirlemek amacıyla toplanılan bu verilerin sağlıklı bir şekilde kayıt edilmesi gerekmektedir. Aksi takdirde, zamanla biriken bu veriler, bir veri çöplüğü oluşturacaktır.

Zeminin sismik özellikleriyle yakından ilgili olan jeofizik, jeoloji ve inşaat vb. mühendislik dalları, ellerindeki verileri düzensiz halde depolamakta, veri kayıpları yaşamakta, verilerini bulmakta ve güncelleme yapmakta büyük sıkıntılar yaşamaktadır. Sorunun çözümü ise, yapılan çalışmalarda toplanılan sismik veriler için, konumsal veritabanı tasarımı yapılmasıdır. Bu sayede eldeki tüm verilerin doğru ve düzenli bir şekilde kayıt edilerek depolanması sağlanacak, veri kayıpları yaşanmayacak, verilerin bulunması ve güncellenmesi de oldukça kolaylaşacaktır. Ayrıca bu veritabanı sayesinde zeminin mühendislik parametreleriyle uğraşan bilim adamları ve karar vericiler için; deprem öncesi önlem almak, depremden kaynaklanan can ve mal kayıplarını en aza indirmek, deprem tehlike analizleri yapmak, mikrobölgeleme çalışmalarını yürütmek ve sismik risk haritaları oluşturmak amaçlarına hizmet etmek için kullanılabilir olacaktır. Konuma dayalı çalışmalar yürüten ve araziden veri toplayan her mühendislik dalının bu coğrafi veri tabanını tasarlayıp kullanması gerekmektedir.

Sonuç olarak, bu çalışma kapsamında sismik verileri kullanarak zeminin sismik özelliklerini içinde barındıran bir konumsal veri tabanı tasarımı yapılmıştır. Bu veritabanı sayesinde veriler üzerinde analizler ve sorgulamalar yapılabilmekte ayrıca sismik risk haritaları da oluşturulabilmektedir. Tasarlanan bu veritabanı önceden oluşturulan mikrobölgeleme haritalarına da altlık oluşturabilecek niteliktedir. Veritabanı tasarımı yapıldıktan ve aktif hale geçtikten sonra asıl yapılması gereken ise elimizdeki sismik veriler kullanılarak sismik tehlike haritalarının oluşturulması, bu haritaların çeşitli mühendislik dalları tarafından yorumlanması, bu yorumlamalar sonucunda ise afet öncesi ve sonrası için önlemler alınması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

[1] TUDAP, 2005. Türkiye Deprem Araştırmaları Programı 2005-2014 Raporu

[2] Deprem Şurası, 2004. Deprem Şurası Komisyon Raporları, T.C. Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, Ankara, Türkiye

[3] Ercan, A. E. (2009). Deprem, Yeri Nasıl Bozar? Yapı Nasıl Yıkılır? , Ulusal Deprem Sempozyumu, Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Bolu, Türkiye, 2009

[4] Avdan U., Alkış A., "Doğal Afetlere (Depreme) Yönelik Bütünleşik Konumsal Veri Tabanı Modelinin Geliştirilmesi" Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi 2011, 3(1) 17-26

[5] Ulutaş, E., Çetinol T., Güven İ.T., TUNÇ B., Irmak T.S.,Tunç S., Çaka D, Aşçı M. Ve ÖZER, M.F. (2005). Sismik Mikrobölgeleme Çalışmalarinda CBS (Coğrafi Bilgi Sistemi) Kullanım Yöntemi, Deprem Sempozyumu, Kocaeli, 2005

[6] Şenel, G, H., 2010, "Veritabanı Uygulamaları" Anadolu Üniversitesi Açık Öğretim Fakültesi Yayını, 2129. 1157, 3-19

[7] Karaş, İ. R., Baz, İ. ve Geymen, A.(2006). Farklı Formattaki Konumsal ve Özniteliksel Verilerin Otomatik Olarak Bir Coğrafi Veri Tabanına Dönüştürülmesi, 4. Coğrafya Bilgi Sistemleri Bilişim Günleri, Fatih Üniversitesi, İstanbul-Türkiye13-16 Eylül 2006

[8] UDSEP-2023. Ulusal Deprem Stratejisi ve Eylem Planı 2012-2023, Afet ve Acil Durum Yüksek Kurulunun 9/8/2011 Tarihli ve 2011/1 Sayılı Kararı, Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Ankara, 2011

[9] Yücesoy, E. E. (2006). İzmit Körfezi Çok Kanallı Sismik Yansıma Verilerinin Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul

[10] Kurtuluş, C., 2002. Sismik Arama Ders Kitabı, Kocaeli Üniversitesi Yayınları, Yayın No:5

[11] Aloğlu, S. (2006). Zemin Etüdü Sondaj Bulgularının Sismik ve Yer Radarı gibi Tekniklerle Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir

[12] Bowles, J.E., 1979. Physical and Geotechnical Properties on Soils. Mc-Graw-Hill Book Company, New York.

[13] Keçeli, A. (1990). Sismik Yöntemlerle Müsaade Edilebilir Dinamik Zemin Tasıma ve Oturmasının Saptanması, Jeofizik cilt 4, 83-92.

[14] Tuncel, A. (2008). Sismik Kırılma Yöntemi ve Mikrotremör Ölçümlerinden Elde Edilen Dinamik Zemin Paramerelerinin Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir

[15] Karasu, M. E. (2009). Bakırköy İlçesi' nin Mikrobölgelemesi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul

[16] Gülerce, Ü. (2002). İzmir İlindeki Zemin Hakim Titreşim Periyodu ve Zemin Büyütmesi Değişiminin Mikrotremor Ölçümleri ile Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul

[17] Beyaz, T. (2004). Zemin Etkisinden Arındırılmış Deprem Kayıtlarına Göre Türkiye İçin Yeni Bir Deprem Enerjisi Azalım Bağıntısının Geliştirilmesi, Doktora Tezi, Jeoloji Müh. Bölümü, Ankara Üniversitesi, Ankara