

Zemin Sıvılaşma Potansiyelinin Yapay Sinir Ağları İle Modellenmesi

*¹Ayşe Bengü Sünbül ve ²Rukiye Uzun

*¹ İnşaat Mühendisliği Bölümü, Bülent Ecevit Üniversitesi, Zonguldak, Türkiye

² Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Bülent Ecevit Üniversitesi, Zonguldak, Türkiye

Özet

Çalışmada depremler sırasında zeminlerde meydana gelen zemin sıvılaşma potansiyeli, çok katmanlı perseptron (Multi-Layered Perceptron: MLP) yapay sinir ağ (YSA) modeli kullanılarak belirlenmiştir. Araştırmacılar zemin sıvılaşma potansiyelini belirlerken; zemin türü ve kıvam limitleri, yeraltı su seviyesi, dane çapı değerleri ve deprem büyüklüğüne göre değerlendirme yapan yaklaşım formüllerini ya da kabul tablolarını kullanırlar. Sıvılaşma analiz formülleri de denilen bu formüllerin kullanımı çok sayıda parametre ve aynı zamanda daha uzun zaman gerektirmektedir. Buna karşın bu analizlerde YSA' ların kullanımı daha az parametreyle daha kısa zamanda sonuç alınmasına imkân tanımaktadır. Zemin ve deprem parametreleri arasındaki karmaşık ilişkinin belirlenmesinde YSA'nın kullanımı literatürdeki birçok çalışmada bulunmaktadır. 1999 Marmara Depremi'nde olumsuz zemin koşullarına bağlı zemin sıvılaşması gözlenen Adapazarı şehir merkezi arazi gözlemleri ve gerçek deprem verilerinin kullanıldığı bu çalışmada zemin sıvılaşma potansiyeli YSA ile belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar; bölge için Önalp ve Arel (2002)' in çalışmasındaki Adapazarı Kriteri doğrultusunda da değerlendirilmiştir. Çalışmada YSA'nın test edilmesinde ve eğitiminde; bölgede yapılmış sondaj çalışmalarından temin edilen 100 adet sıvılaşma verisinden, 60'ı eğitim 40'ı test için kullanılmıştır. Analizlerde sonuçlar “sıvılaşma olasılığı düşük”, “sıvılaşma olasılığı orta” ve “sıvılaşma olasılığı yüksek” olarak üç kısımda değerlendirilmiştir. Alınan sonuçlar önceden yapılmış analitik çözümler ile karşılaştırıldığında yüksek oranda uyumlu sonuçlar vermiştir. Bu çalışma sonucunda, YSA' ların zemin ve deprem parametreleri arasındaki ilişkiyi doğru ve hızlı tahmin etmesi ve analitik yöntemlerle uyumlu sonuçlar vermesi açısından sayısal yöntemlere göre daha pratik ve kullanışlı bir yöntem olduğu sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Zemin Sıvılaşması, Yapay Sinir Ağları, 1999 Marmara Depremi

Modelling of Soil Liquefaction Potential by Artificial Neural Network

Abstract

In this study, soil liquefaction potential during earthquakes occurring in ground, were determined using a multi-layered perceptron (Multi-Layered Perceptron MLP) artificial neural network (ANN) models. Researchers in determining soil liquefaction potential use formulas or accepted tables according to the value of the assessment approaches soil type, consistency limits, underground water level, grain size and magnitude of the earthquake. Wherein these also called liquefaction analysis formulas requires of many parameters to use and also more time. In contrast, this analysis ANN 's use less parameter gives the possibility to obtain results in a shorter time. The complex relationship between soil and seismic parameters in determining the use of ANN are many studies in the literature. In 1999 earthquake, soil liquefaction negative depending on ground conditions observed in Adapazarı city centre and field observations of real earthquake data used in this study was determined by soil liquefaction potential ANN. The results obtained from this study; Önalp for the region and Arel (2002) 's work has been evaluated in accordance with criteria in the Adapazarı. In the study of ANN in testing and training;

* İlgili yazar: Adres: Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Bülent Ecevit Üniversitesi, 67100, Zonguldak, Türkiye. E-mail: bengusunbul@yahoo.com, TEL: +905336267033

drilling operations conducted in the region of the data obtained from the condensation of 100, 60 for training and 40 for testing the. Analysis of the results in "the possibility of liquefaction low", "medium probability of liquefaction" and "a high probability of liquefaction" has been evaluated in three portions. Results from pre-made solutions compared with analytical results were highly compatible. In conclusion, ANN 's the soil and seismic parameters of the relationship between the fast and accurate prediction and analytical methods compatible with the results in terms of providing numerical methods more practical and useful method that has been concluded.

Keywords: Soil Liquefaction, Artificial Neural Networks, 1999 Marmara Earthquake

Giriş

Zemin sıvılaşma kavramı 1930'lu yılların sonlarında, suyun zemin ortamından uzaklaşmadığı koşullarda, suya doymuş kohezyonsuz zeminlerin tekdüze, geçici veya tekrarlanmalı şekilde örselenmesinden kaynaklanan zemin deformasyonlarını kapsayan davranış biçimlerinin tümü için kullanılmıştır. Suya doymuş gevşek kum/kumlu zeminler, tekrarlı yükler (deprem vb.) etkisinde sıkışma ve hacim daralması eğilimi gösterirler. Bu durum drenajın olmadığı koşullarda boşluk suyu basıncını artırır. Tekrarlı yükler kum tabakası içindeki boşluk suyu basıncının artmasını destekler. Sonuç olarak toplam normal gerilme boşluk suyu basıncına eşit değere ulaşır ve kohezyonsuz zemin bir sıvı gibi davranarak büyük yer değiştirmelerine maruz kalır [1].

Zemin sıvılaşması her zeminde her koşulda meydana gelen bir davranış biçimi olmayıp, belirli jeolojik ortamlarda ve hidrojeolojik koşullar altında gerçekleşmektedir. Genellikle jeolojik anlamda genç ve gevşek çökellerin özellikle kum ve silt dane boyutundaki malzemenin depolandığı ve yeraltı suyunun sığ olduğu ortamlar sıvılaşmanın gelişmesi için en uygun ortamlardır. Sıvılaşmaya karşı en duyarlı çökeller; Halosen yaşlı (10000 yıldan daha genç) delta, akarsu, taşkın ovası, taraça ve kıyı ortamlarındaki çökelleme süreçleri sonucunda birikmiş sedimanlardır. Bu ortamlarda egemen olan çökelleme süreçleri, danelerin aynı dane boyutunda ve gevşek halde depolanmasına neden olmaktadır. Pleyistosen yaşlı (0.1-1.8 milyon yıl arası) çökellerin ise son yüzyılda meydana gelen depremlerde sıvılaştığı ender olarak görülmüştür. Ülkemizdeki depremler sırasında meydana gelen zemin sıvılaşmasının Halosen yaşlı çok genç çökellerin bulunduğu alanlarda gözlenmesi bu olguyu desteklemektedir [2].

Zemin sıvılaşması, geçmiş depremlerde zemin yapıları, alt yapı tesisleri ve yapı temelleri için başlıca hasar nedeni olarak gösterilmiştir. Örnek olarak; 1920 California Calveras, 1938 Montana Fort Peck ve 1971 California San Fernando depremlerinde barajlarda gözlenen hidrolik dolgunun gövde akmaları ile 1964 Alaska Anchorage'deki zemin akmaları ve 1964 Niigata, 1948 Fukui, ve 1980 Mino-Owari depremlerinde gözlenen yapısal hasarlar gösterilebilir. Ülkemizde ise 1992 Erzincan Depremi, 1998 Adana-Ceyhan Depremi ve 1999 Marmara Depremi'nde zemin sıvılaşması ile buna bağlı diğer zemin hareketleri ve etkileri yaygın şekilde gözlemlenmiştir. Deprem bölgelerinde, yapısal hasarların azaltılabilmesi ve sıvılaşabilir bölgelerin önceden belirlenebilmesi için çalışmalar yapılmaktadır [2].

*Corresponding author: Address: Faculty of Engineering, Department of Civil Engineering Sakarya University, 54187, Sakarya TURKEY. E-mail address: caglar@sakarya.edu.tr, Phone: +902642955752 Fax: +902642955601

Uygulamada, sismik faaliyetleri yüksek bölgelerde yer alan gevşek kum/siltli kum zemin tabakalarının sıvılaşabilirliğini belirleyen değişik yöntemler bulunmaktadır. Bu yöntemler laboratuvar ve arazi deneylerine dayanmaktadır; bunun yanında sismik özellikler ve zemin koşullarını dikkate alan deneye dayalı (ampirik) ilişkiler de çıkarılmıştır. Standart penetrasyon deneyi (SPT) verilerini esas alan ve jeofizik yöntemler ile de zemin sıvılaşma potansiyeli belirlenebilmektedir [2].

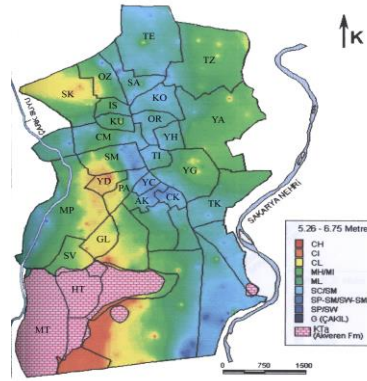
İnsan biyolojik sinir sistemini temel alarak geliştirilen YSA; insanın düşünme yapısını anlamak ve bunun benzerini ortaya çıkaracak bilgisayar işlemlerini geliştirmeye çalışan programlanmış bilgisayarlara düşünme yeteneği sağlama girişimidir. YSA, giriş ve çıkış veri kümelerini kullanarak sistem davranışını öğrenebilen esnek bir matematiksel modelleme yöntemidir. YSA, birbirine paralel şekilde bağlanmış ve doğrusal olmayan bir yapıya sahip olan nöron olarak adlandırılan birçok elemandan oluşmaktadır [3].

Mekanik ve geoteknik problemlerin çözümünde YSA'nın kullanımı birçok araştırmacı tarafından önerilmektedir. YSA kullanılarak geoteknik modelleme, zemin sıvılaşma potansiyeli tahminlerinin yapılması ve yanal yayılmanın belirlenmesi literatürde birçok çalışmada değerlendirilmiştir [4,5,6,7]. Bunların dışında, YSA zamana bağlı deformasyon analizine kullanılmıştır. Aşırı konsolidasyon oranı, piyezokoni test sonuçlarına göre YSA modeli ile belirlenmiştir. Koni penetrasyon deneyi (CPT) test sonuçları ve SPT ile alınan numunelerle bulunan tane boyu dağılımları kullanarak zemin sınıfını YSA kullanılarak tahmin edilmiştir [8,9,10].

Bu çalışma kapsamında; 1999 Marmara depreminde yerel zemin koşullarına bağlı yapısal hasar görmüş Adapazarı şehir merkezi için deprem ve arazi verileri kullanılarak zemin sıvılaşma potansiyeli güvenlik sayısı değerleri YSA ile tahmin edilmiştir. Zemin sıvılaşması için gerekli tekrarlı gerilim oranı ($CRR_{7.5}$), depremin oluşturduğu tekrarlı gerilim oranı (CSR), yeraltı suyu seviyesi (YASS), SPT düzeltilmiş değerleri, deprem büyüklüğü- maksimum deprem ivmesi ve ince dane oranı (% C) girdi parametreleri olarak seçilmiştir. Elde edilen sonuçlar, hesaplanan deney sonuçları ile karşılaştırılmış ve YSA'nın sıvılaşma analizinde kullanılan güvenlik sayısının tahmin edilmesinde kullanılabilirliği tartışılmıştır.

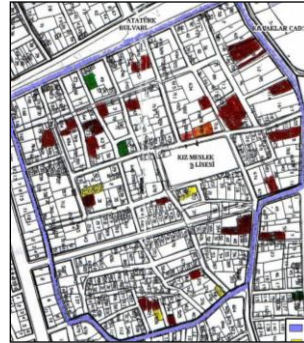
Materyal ve Metot

Bu çalışmada; basitleştirilmiş yöntem olarak bilinen ve ilk kez Seed ve Idriss [11] tarafından önerilen ardından Youd [12] tarafından geliştirilen zemin sıvılaşması için gerekli tekrarlı direnç oranının ($CRR_{7.5}$) depremin oluşturduğu tekrarlı gerilim oranına (CSR) bölünmesi ile bulunan güvenlik sayısı hesaplanarak zemin sıvılaşma potansiyeli belirlenmiştir. Önalp ve Arel [13] in çalışmasındaki Adapazarı Kriteri göre; siltlerde kesin sıvılaşma belirmesi için; inceleme alanındaki siltlerin, düşük plastisiteli silt (ML) sınıfında olması, numunelerin doğal su muhtevasının (w) likit limite (w_L) eşit olması, w_L değerinin 30'dan küçük olması ve zeminin içerdiği kil danelerinin boyutu ($0.002mm \geq D$) %15'ten az olması durumunun aynı anda oluşması gerekmektedir [2,13].



Şekil 1. Adapazarı merkezi 5.26–6.75 m arası için zemin haritası [14]

Yapay sinir ağları, giriş ve çıkış veri kümelerini kullanarak sistem davranışını öğrenebilen esnek bir matematik modelleme yöntemidir. Bu çalışma kapsamında kullanılan veri grubu; 1999 Marmara Depremi sonrasında yapılan arazi araştırmalarının ve Sakarya Üniversitesi (SAU) Geoteknik Laboratuvarı'ndan alınan bölgeye ait zemin etütlerinden 30 adet rapor incelenerek ve zemin sıvılaşma potansiyeli olan alanların literatürde geçen verileri ile kontrol edilmesiyle belirlenmiştir [2].



Şekil 2. Eğitim ve test işlemleri için gerekli veri elde edilen zemin sondaj yerleri[2]

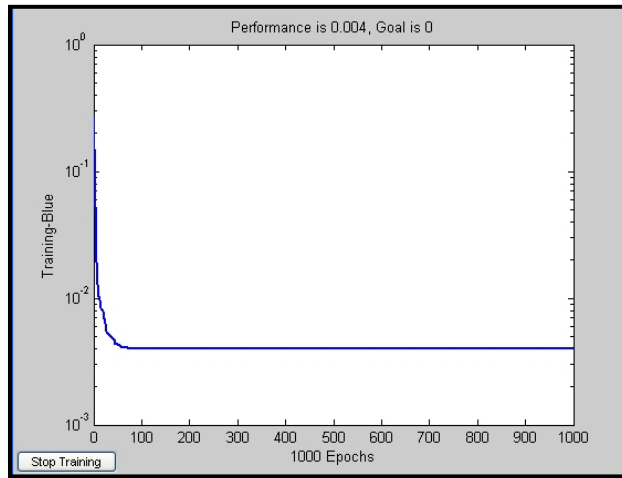
YSA Kullanılarak Sıvılaşma Potansiyel Analizi

Bu çalışma kapsamında zemin sıvılaşması için gerekli tekrarlı gerilim oranı (CRR7.5), depremin oluşturduğu tekrarlı gerilim oranı (CSR), yeraltı suyu seviyesi (YASS), Standart Penetrasyon Deneyi (SPT) düzeltilmiş değerleri, deprem büyüklüğü- maksimum deprem ivmesi ve ince dane oranı (% C) girdi parametreleri olarak seçilmiştir. YSA'nın eğitim ve test işlemleri için temin edilen 100 adet sıvılaşma verisinden 60'ı eğitim 40'ı test için kullanılmıştır.

Çalışmada modele dayalı bir YSA kontrol edici olarak tasarlanmıştır. Uygulamada kullanılacak yapay sinir ağı modeli olarak ileri beslemeli ağ tipi seçilmiştir. Seçilen YSA modeli Geri Yayılım Algoritması kullanılarak eğitilmiştir. Performans fonksiyonu olarak da ortalama hataların karesi (MSE) kullanılmıştır. Diğer bir ifadeyle ampirik yöntemler ile yapılan zemin sıvılaşma potansiyeli tahmini ile yapay sinir ağlarına göre yapılan zemin sıvılaşma potansiyeli tahmini

arasındaki fark sıfıra indirgenmeye çalışılmıştır. Her bir veri eğitim sırasında; gizli katman sayısı, gizli katmandaki nöron sayısı, öğrenme derecesi, momentum katsayısı ve iterasyon sayısı deneme-yanılma yoluyla belirlenmiştir. Bu ağ yapısı ve mevcut veriler MATLAB neural network toolbox kullanılarak uygulanmıştır [15].

Kullanılan eğitim verisi ile yapay sinir ağı 1000 defa çalıştırılarak, süreç içerisinde kurulan yapay sinir ağı modelinin hata performansı minimize edilerek 1000 iterasyonluk eğitim sonrasında ortaya çıkan hata performansı ve istikrarı yeterli görülmüş, eğitim süreci sonlandırılmıştır. Yapay sinir ağı uygulamasının ikinci kısmında ise 40 veriden oluşan test seti kullanılmış ve eğitim sonrasında oluşan yapay sinir ağı modeline bu girilerek yapay sinir ağı ile zemin sıvılaşma potansiyeli tahmin edilmiştir. Bu aşamada, yapay sinir ağı modelinin 0,5'den küçük olan sıvılaşma sonuçları 0'a, 0,5'den büyük olan sıvılaşma sonuçları da 1'e yuvarlanmıştır. Kurulan yapay sinir ağı modelinin % 95' lik doğru sonuçlar verdiği görülmüştür.



Şekil 3. 1000 iterasyonluk eğitim boyunca yapay sinir ağının hata performansı

Sonuçlar

Bu çalışmada yapay sinir ağları ile zemin sıvılaşma potansiyeli analizi yapılmıştır. Kullanılan veri tabanı; Richter ölçeğine göre 7.4 büyüklüğünde 1999 Marmara Depremine maruz kalmış Kuzey Anadolu fay hattı üzerinde yer alan Adapazarı şehrinde, deprem sonrası SAU Geoteknik laboratuvarı tarafından yapılan zemin etütleri sonuçlarından elde edilmiştir. Kurulan modelde eğitim verileri için 100 adet veriden 60 adedi seçilerek geriye kalan 40 veri de test seti olarak ayrılmıştır. Oluşturulan YSA modeli, 40 verinin 37' sini doğru olarak tahmin edip % 95'lik bir başarı göstermiştir.

Kurulan modele göre, YSA modeli kullanılarak zemin sıvılaşma potansiyelinin büyük bir başarı yüzdesi ile tahmin edilebileceğini görülmüştür. Bu çalışmada kullanılan verilerin güvenilirliği ve sayısının fazla olması iyi sonuçlar elde edilmesine imkân vermiştir. Kullanılan veri tabanının artırılmasıyla, sonuçların doğruluğu ve güvenilirliği de o derece artmaktadır.

Sayısal ve bilgi destekli yapay sinir ağı uygulamaları, geoteknik mühendislerine geleneksel sınılaşma analizlerine alternatif yöntemler olarak sunulmaktadır. Arazi penetrasyon deneyleri sonuçlarına dayanan basitleştirilmiş sınılaşma potansiyeli analizleri düşük maliyetlerle oldukça güvenli sonuçlar vermektedir. Geleneksel yöntemlere ek olarak geri yayılmalı yapay sinir ağlarına dayalı analizler de literatürde mevcuttur. Sistemin geliştirilmesiyle yapay sinir ağı ile yapılacak olan sınılaşma tahminleri büyük bir yüzde ile doğru tahmin edilebilir. Benzer çalışmalar diğer yer bilimleri çalışmalarında da kullanılabilir.

Kaynaklar

- [1] Das, Braja M., Fundamentals of Soil Dynamics, Elver Science Publishers Co., Inc, New York, NY, 1983.
- [2] Sünbül, A.B. “Adapazarı Zeminlerinde Sınılaşma Unsurlarının Belirlenmesine ve Sınılaşmanın Önlenmesi için Çözümler Geliştirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya Üniversitesi, 2004.
- [3] Jang, J. S. R., Sun, C. T. and Mizutani, E., , Neuro-Fuzzy and Soft Computing, Prentice Hall, ISBN 0-13-261066-3, 1997, p. 607.
- [4] Wang, C. H., Prediction of the Residual Strength of Liquefied Soils, Phd Thesis’, University of Washington, USA. 2003.
- [5] Baziar, M. H., Dobry, R., and Elgamal, A-W. M., Engineering Evaluation of Permanent Ground Deformations Due To Seismically-Induced Liquefaction, Buffalo, Ny, National Centre For Earthquake Engineering Research Technical Report Nceer-92-0007, March 24. 1992.
- [6] Hanna, A. M., Ural, D., and Saygili, G., , Neural Network Model for Liquefaction Potential in Soil Deposits Using Turkey and Taiwan Earthquake Data, Soil Dynamics and Earthquake Engineering 27, 2007,pp. 521–540.
- [7] Finn, W.D.L., Ledbetter, R.H., and Wu,G “Liquefaction in Silty Soils: Design and Analysis.” Ground Failures under Seismic Conditions, Geotechnical Special Publication 44, ASCE, New York, . 1994, pp. 51-76.
- [8] Kurup, P.U., ve Griffin, E.P., Prediction of soil composition from CPT data using general Regression neural network, Journal of Computing in civil Engineering, ASCE, 20, 4, 2006, p. 281-289.
- [9] Wang, W. S., Some Findings In Soil Liquefaction, Water Conservancy And Hydroelectric Power Scientific Research Institute, Beijing, China. 1979.
- [10] Ural D., Saka H.,“ Liquefaction Prediction By Neural Networks, Electronic” J.Geotech. Eng. 1-4, 1998.
- [11] Seed, H. B., And Idriss, I. M. “Simplified Procedure For Evaluating Soil Liquefaction Potential.”, J.Geotech Eng. Div., ASCE 1971.
- [12] Youd et al. “Liquefaction Resistance of Soils: Summary Report from The 1996 NCEER And 1998 NCEER/NSF Workshops on Evaluation of Liquefaction Resistance Of Soils”. ASCE Journal of Geotechnical Eng. Geo Environmental Eng., 2001.
- [13] Önalp, A., ve Arel, E., “Siltlerin Sınılaşma Yeteneği: Adapazarı Kriteri”, Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği Dokuzuncu Ulusal Kongresi”, 1:363-372, 2002,Anadolu Üniversitesi, Eskişehir.
- [14] Bol, E.,“Adapazarı Zeminlerinin Geoteknik Özellikleri”, Doktora Tezi, Sakarya Üniversitesi, FBE, Esentepe, Sakarya. 2003.
- [15] MATLAB® Documentation Neural Network Toolbox Help, V:6.5, Release 13, The MathWorks, Inc. 2002.