

ŞUBAT 2023 DEPREMLERİNİN HATAY-ERZİN 904 MW KOMBİNE DOĞALGAZ ÇEVİRİM SANTRALİNE ETKİSİ

THE EFFECT OF FEBRUARY 2023 EARTHQUAKES ON HATAY- ERZİN 904 MW NATURAL GAS COMBINED CYCLE POWER PLANT

Oğuz ÇALIŞAN¹
Volkan OKAN⁴

Fuat TİNİŞ²

Murat ERKİLET³
Can GÜLCAN⁵

ABSTRACT

Erzin Natural Gas Combined Cycle Power Plant (CCPP) was built at Erzin district of Hatay province in Turkey and started electricity generation in 2014. The power plant, which consists of two gas turbines and one steam turbine unit, has installed a capacity of 904 MWe. The plant in which construction commenced towards the end of 2011, was built on a challenging ground profile consisting of liquefaction susceptible sand/silty sand overlying silty clay/clay silt and base rock basalt. The facts that the power plant site is very close to Yumurtalık, Karataş-Osmaniye and East Anatolian fault lines and the ground consists of sandy/silty formations susceptible to liquefaction, had led to the necessity of considering liquefaction mitigation during design. During the foundation design of the structures within the power plant, stone columns and bored piles were used either individually or concurrently depending on the allowable displacement limits and importance of the structures. The design spectra determined by the site-specific seismic study commissioned by the Employer were used in the seismic design of the structures and foundations.

In this study, response spectra were created based on the acceleration values recorded at station 3134 (Dört Yol), 17.5 km away from the site, for Kahramanmaraş-Pazarcık (MW= 7.7), Gaziantep-Nurdağı (MW= 6.6) and Kahramanmaraş-Elbistan (MW= 7.6) earthquakes dated 6 February 2023. These response spectra were adopted to the site and compared to the spectra used in design. The foundations and structures at the plant site had no damage during the series of earthquakes and plant started electricity generation just after the end of the gas outage in the region due to earthquakes.

Key words: Bored Pile , Liquefaction, Seismic Design, Stone Column

ÖZET

Erzin Kombine Doğalgaz Çevrim Santrali, Hatay ilinin Erzin ilçesi sınırları içinde inşa edilmiş ve 2014 yılında elektrik üretimine başlamıştır. İki adet gaz türbini ve bir adet buhar türbini ünitesinden oluşan santral, 904 MWe kurulu güce sahiptir. 2011 yılı sonunda inşasına başlanan santral, sıvılaşmaya hassas kum/siltli kum altında yer alan siltli kil/killi silt ve taban kayası bazalttan oluşan bir zemin profili üzerine inşa edilmiştir. Santral sahasının Yumurtalık, Karataş-Osmaniye ve Doğu Anadolu fay hatlarına çok yakın olması ve sahadaki

- (1) Dr. İnş.Yük.Müh., EMBA, ÇALIŞAN Geoteknik Ltd. ocalisan@calisangeo.com
- (2) Mak.Yük.Müh., ABT Yapı Müh. Ltd., fuat.tinis@abtyapi.com
- (3) Mak. Yük.Müh., Proje Yöneticisi, muraterkilet@yahoo.com.tr
- (4) İnş.Müh., GAMA Güç Sistemleri, volkan.okan@gama.com.tr
- (5) Elk.-Elektr.Yük.Müh., Akenerji Elektrik Üretim A.Ş., can.gulcan@akenerji.com.tr

zemin profilinin üstte sıvılaşmaya hassas kumlu/siltli formasyonlardan oluşması tasarım sırasında sıvılaşmaya karşı önlem alınması gereğini doğurmuştur. Santral kapsamındaki yapıların temel tasarımı sırasında, taş kolonlar ve kazıklar, yapıların deplasman toleransı ve önemine göre ayrı ayrı, ya da beraberce kullanılmıştır. Yapı ve temellerin sismik tasarımı sırasında İşveren tarafından yaptırılan sahaya özel sismik çalışma ile belirlenen tasarım spektrumları kullanılmıştır.

Bu çalışmada 6 Şubat 2023 tarihli Kahramanmaraş-Pazarcık (MW= 7,7), Gaziantep-Nurdağı (MW= 6,6) ve Kahramanmaraş-Elbistan (MW= 7,6) depremlerinde sahaya 17,5 km uzaklıktaki 3134 numaralı (Dört Yol) kayıt istasyonunda alınan ivme kayıtları esas alınarak tepki spektrumları oluşturulmuştur. Oluşturulan bu tepki spektrumları santral sahasına taşınmış, tasarımda esas alınan spektrumlarla kıyaslanmıştır. Santral sahasındaki yapılar, yaşanan deprem serisi sırasında hasar almamış, depremler sonrasında bölgede yaşanan gaz kesintisinin bitmesinden hemen sonra santral yeniden üretime başlamıştır.

Anahtar kelimeler: Fore Kazık, Sıvılaşma, Sismik Tasarım, Taş Kolon

1. GİRİŞ

İki adet gaz türbini ve bir adet buhar türbini ünitesinden oluşan Erzin santrali, sıvılaşmaya hassas kum/siltli kum altında yer alan siltli kil/killi silt ve taban kayası bazalttan oluşan bir zemin profili üzerine inşa edilmiştir. Gerek üzerinde yer aldığı zor zemin koşulları, gerekse Yumurtalık, Karataş-Osmaniye ve Doğu Anadolu fay hatlarına yakınlığı nedeniyle İşveren, Mühendislik, Tedarik ve Kurulum olarak ihale ettiği proje öncesinde, tasarıma esas olmak üzere iki değişik sahaya özgü sismik çalışma yaptırmıştır [1,2]. Bu çalışmalarla belirlenen esaslar doğrultusunda, deprem sırasında zemin koşullarından kaynaklanabilecek olumsuzlukları bertaraf etmek amacıyla, yapıların deplasman toleransı ve önemi dikkate alınarak temel altlarında taş kolonlar ve kazıklar ayrı ayrı, ya da beraberce kullanılmıştır. Enerji Üretim Bloku (power island) içindeki yapılar, zemine ilettikleri ağır yükler ve düşük deplasman toleransları nedeniyle bazalta soketlenen fore kazıklar ve kazıklar arasında sıvılaşmanın önlenmesi amacıyla tasarlanan taş kolonlar üzerinde inşa edilmiştir. Hafif ve deplasmana çok hassas olmayan yapılar ise, sadece taş kolonlar kullanılarak iyileştirilmiş zemin üzerine, sıg temeller yapılarak inşa edilmiştir.

Ülkemizde 6 Şubat 2023 tarihinde meydana gelen Kahramanmaraş-Pazarcık, Gaziantep-Nurdağı ve Kahramanmaraş-Elbistan depremlerinin temellerde oluşturduğu etkileri analiz etmek için sahaya 17,5 km uzaklıktaki 3134 numaralı (Dört Yol) kayıt istasyonunda ölçülen ivme kayıtları kullanılmıştır.

2. SANTRAL SAHASI ZEMİN YAPISI

Tasarım öncesinde ve sırasında santral sahasında değişik tarihlerde zemin etütleri yapılmıştır. İlk etüt [3] ihale öncesinde İşveren tarafından yaptırılmış, bu etüt kapsamında 20 adet zemin sondajı, 22 adet koni penetrasyon testi (CPT), 10 adet sismik kırılma, 3 adet mikrotremör, 2 adet özdirenç ve 2 adet kuyu içi sismik (PS logging) ölçümü yapılmıştır. İhale sonrasında, tasarım öncesinde ise Yüklenici, 45 adet zemin sondajı, 8 kuyuda sismik (downhole) ve 20 adet elektrik özdirenç ölçümünden oluşan bir zemin etüdü yaptırmıştır [4]. Yapılan etütlerde karşılaşılan zemin yapısı, sahanın genelinde benzer olmakla beraber tabaka kalınlıkları değişiklik göstermektedir. Zemin yapısı, kum/siltli kum altında yer alan siltli kil/killi silt ve son olarak da taban kayası bazalt olmak üzere 3 değişik tabakadan oluşmaktadır. Formasyonların indeks özellikleri Tablo 1'de özetlenmiştir. Şekil 1'de ise SPT-N₆₀ değerleri ile ince oranının saha kotu ile değişimi gösterilmiştir. Tablo 1 ve Şekil

1’den zemin yüzeyinden itibaren 16,0-22,0 m derinliğe kadar yer alan kum/siltli kumun ince oranının genellikle %5-30 arasında olduğu ve tabakanın plastik olmayan (NP) özelliği dikkat çekmektedir. Kum/siltli kum altındaki siltli kil/killi siltin ise SPT-N değerleri genellikle 10’dan küçüktür. Formasyonun ince oranı genellikle %90 ve üzerindedir. Santral alanında yapılan kuyu içi sismik deneyler ile belirlenen kayma dalgası hızlarının derinlikle değişimi Şekil 2-a’da verilmektedir.

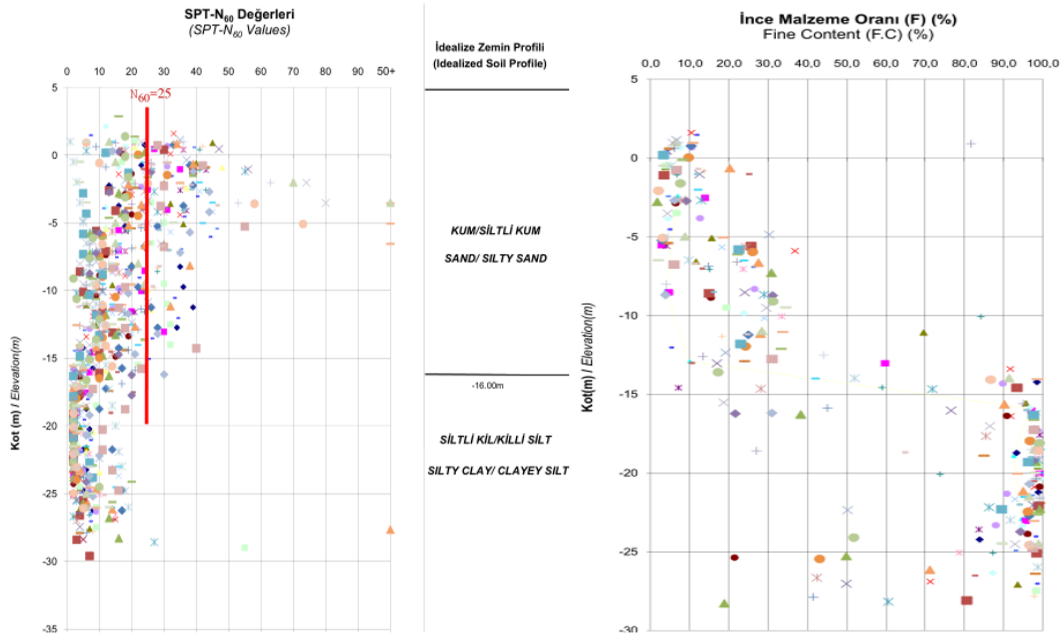
Tablo 1. Santral Sahasındaki Zemin Tabakaları ve Özellikleri

| Zemin Tabakası | Kum/Siltli Kum | Siltli Kil/Killi Silt |
|---|-----------------------------------|-----------------------|
| Bitiş Derinliği (m) | 16,0-22,0 | 25,5-33,0 |
| Grup Sembolü | SM, SP, SP-SM (Yer yer ML, SW) | CL, ML |
| İnce Malzeme Oranı (%) | 1,7- 69,7 (Temsili değer 17,0) | 41,5-99,4 |
| Çakıl Oranı (%) | 0,0-65,3 (Temsili değer 6,0) | 0,0- 2,9 |
| Doğal Su Muhtevası (%) | 10,1-42,8 (Temsili değer 23,0) | 20,4-53,0 |
| Likit Limit LL (%) | - | <u>NP</u> - 62,9 |
| Plastik Limit PL (%) | - | <u>NP</u> - 29,5 |
| Plastisite İndisi PI (%) | NP | 18,0-46,8 |
| Doğal Birim Hacim Ağırlık γ_a (kN/m ³) | - | 16,65-19,37 |

3. DEPREMSELLİK

Bölgenin depremselliği ve problemleri zemin koşullarına istinaden İşveren tarafından hazırlatılan sahaya özgü sismik çalışmalar, tasarım için ivme spektrumları önermiştir. [1]’de Yumurtalık, Karataş, Doğu Anadolu faylarından kaynaklanabilecek depremlerin üreteceği etkiler önce olasılıksal yöntemle analiz edilmiş ve 72 yıllık (50 yılda geçilme olasılığı %50), 475 yıllık (50 yılda geçilme olasılığı %10) ve 2475 yıllık (50 yılda geçilme olasılığı %2) yer hareketleri için en büyük yer ivmesi (PGA) değerleri elde edilmiştir. Sonrasında Ölü Deniz fayının Karasu bölümünden kaynaklanan 7,6 büyüklüğündeki deprem, Misis-Yumurtalık fayından kaynaklanan 6,5 büyüklüğündeki deprem ve Karataş fayından kaynaklanan 7,0 büyüklüğündeki deprem senaryoları incelenmiştir. Azalım ilişkilerinden bu senaryolar arasında Misis-Yumurtalık fayından kaynaklanan senaryonun projeyi etkileyeceği kanaatine varılmış, kaya üzerindeki maksimum yer ivmesi ve spektral ivmeler deterministik yöntemle de tayin edilmiştir [1].

[2]’de yapılan sismik tehlike analizi çalışmasında ise [1]’de kaya sınırında verilen ivmeler sahada yer alan zemin koşulları dikkate alınarak yapılan zemin tepki analizleri vasıtasıyla zemin yüzeyine taşınmıştır. Bu amaçla, seçilen ivme kayıtları [1]’de verilen ivmelere göre ölçeklenmiş, kayma dalgası hızına göre oluşturulan zemin profili esas alınarak Shake91 yazılımı ile zemin yüzeyindeki maksimum yer ivmeleri ve tepki spektrumları bulunmuştur. Tasarım spektral ivmelerinin oluşturulmasında o tarihte yürürlükte olan 2007 deprem yönetmeliğinden [5] farklı olarak zemin tepki analizi sonucu belirlenen $A_0 = 0,5$ (yönetmelik değeri 0,4) ve $T_B = 1,0$ (yönetmelik değeri 0,8) değerleri kullanılmıştır. Tasarım, 475 yıllık depremde ‘hemen kullanım’ ve 2475 yıllık depremde ‘can güvenliği’ olmak iki değişik performans kriteri esas alınarak yapılmıştır.



Şekil 1. SPT N_{60} ve İnce Oranının Zemin Kotu ile Değişimi

4.SAHAYA ÖZEL ZEMİN PROBLEMLERİ VE TASARIM

Santral alanında, zemin davranışı ile ilgili olarak iki ana risk tespit edilmiştir. Bunlar yüksek yeraltı su seviyesi ve alüvyonun değişik noktalarda çok farklı sıklıkta olması sebebiyle zemin yüzeyinden itibaren 16-22m derinliklere kadar yer alan siltli/kumlu birimlerin deprem sırasında sıvılaşma riski ve statik durumda alüvyon ve altında yer alan siltli kil tabakasının üstü yapı yükleri altındaki oturma potansiyelidir. [2]'de, Youd (2001) yöntemi ile hesaplanan sıvılaşmaya karşı güvenlik sayıları kullanılarak Iwasaki vd.(1982) tarafından önerilen metot ile, her sondaj kuyusu için ayrı ayrı sıvılaşma potansiyeli indisi, P_L bulunmuştur. 15'in çok üzerindeki P_L değerleri hem 'işletme depremi' (475 yıllık) hem de 'can güvenliği depremi' (2475 yıllık) için sıvılaşmaya yüksek hassasiyeti işaret etmiştir. Bu nedenlerle Erzin Santrali temel tasarımında,

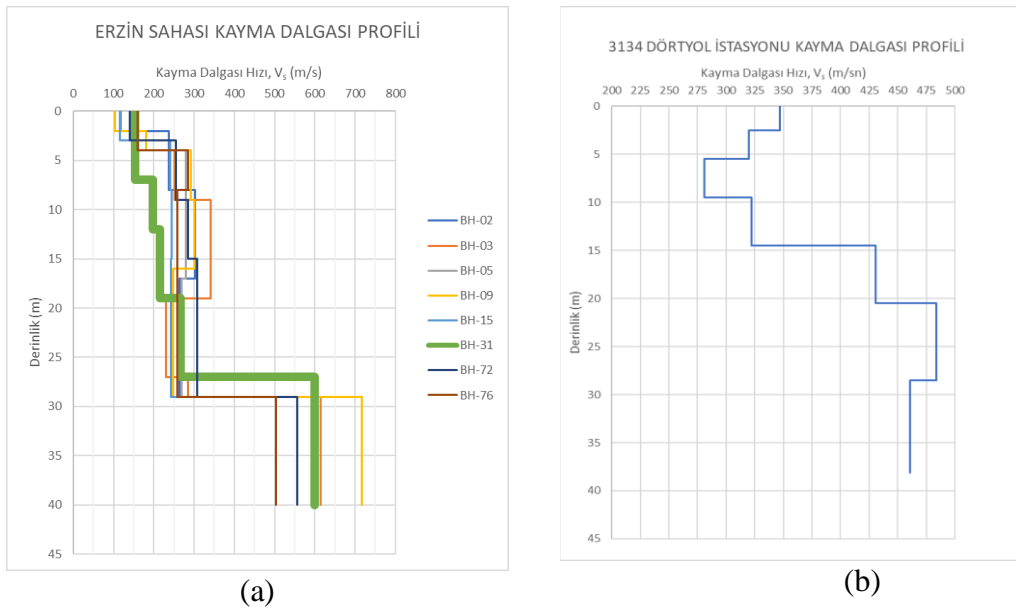
- Bütün yapılar altında sıvılaşmaya karşı önlem alınmıştır.
- Ağır yapıların temelleri taban kayası bazalta soketlenen fore kazıklar kullanılarak projelendirilmiştir.

Erzin sahasında sıvılaşmayı engellemek amacıyla dünyada çok sık kullanılan alttan besleme yöntemi ile imal edilen taş kolonlar kullanılmıştır. Bu yöntemin diğer kompaksiyon yöntemlerine tercih edilmesinin esas nedeni, zemin içinde yer alan silt miktarının çoğunlukla %15'lerin üzerinde olmasıdır. Silt miktarı %15-20'nin üzerinde olan granüler zeminlerin titreşimle sıkıştırılması oldukça zordur. Titreşimli yöntemlerle Erzin sahasındaki zeminin sıkılaştırılarak düşük SPT değerlerinin sıvılaşmayı engellemek için $N_{60}>25-30$ mertebelerine çıkarılması mümkün görülmemiştir. Bu nedenle taş kolonlar olası bir depremde boşluk suyu basınçlarını tahliye etmek amacıyla drenajı sağlamak üzere projelendirilmiştir. Proje kapsamındaki bütün ağır ve oturmaya hassas yapıların temelleri anakaya bazalt içine soketlenen fore kazıklar üzerine inşa edilmiştir. Fore kazıkların tasarımı için proje öncesinde yerinde kazık yükleme deneyleri yapılmış, emniyetli kazık yükleri, hesaplara ek olarak gerçek saha verileri kullanılarak belirlenmiştir. Saha ölçümlerinde dolgu yükünden dolayı zeminde çok az bir oturma gözlenmesine rağmen kazık tasarımında, olası bir oturma sonucu oluşabilecek negatif çevre sürtünmesinin etkisi de dikkate alınmıştır. Kazık tasarımında

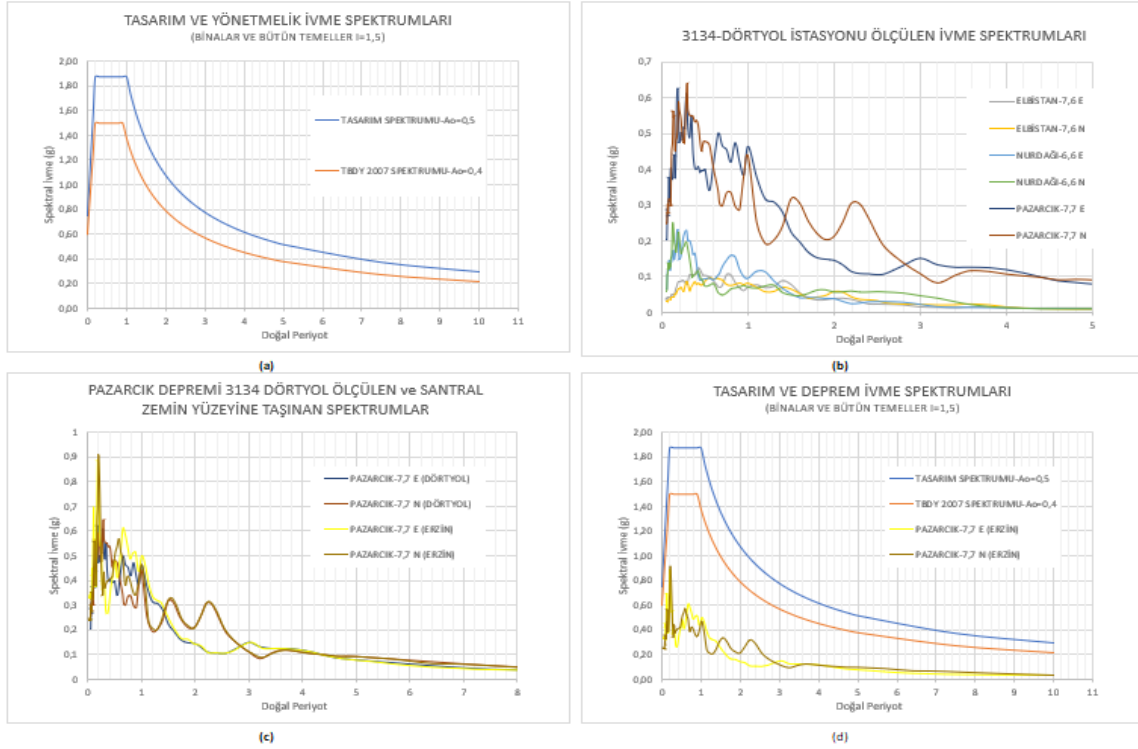
gözetilen diğer bir husus da sıvılaşmanın etkisidir. Sıvılaşan zemin tabakası kalınlığının fazla olduğu sahalarda uygulanan kazıklı temeller deprem sırasında ciddi hasarlar görebilmektedir. Bunun sebebi kazıklar arasındaki zeminin sıvılaşarak mukavemetinin azalması/kaybolması ve kazıkların yanal direncinin azalması/yok olmasıdır. Erzin sahasında, kazıklar arasında meydana gelebilecek sıvılaşmayı engellemek için kazıklar arasında da taş kolonlar projelendirilmiş ve uygulanmıştır [6]. Seçilen taş kolon yöntemi, yapılan ekonomik tasarım ve hızlı uygulama sayesinde projeye zaman ve maliyet açısından ek yük getirmemiştir.

5. DEPREMLERİN SANTRAL SAHASINA ETKİSİNİN TAHMİNİ

Depremlerin santrale etkisini tahmin etmek amacıyla, santrale yaklaşık 17,5 km mesafedeki 3134 numaralı Dört Yol istasyonundaki ivme kayıtları kullanılmıştır. Bu amaçla 3134 istasyonunun kayma dalgası profili (Şekil-2b) dikkate alınarak yüzeyde kaydedilen ivmeler 40 m derine taşınmış (deconvolution), 40m derinlikteki bu ivmeler Erzin sahasında taban kayası bazalttan etki ettirilerek zeminin büyütme etkisi ve zemin yüzeyinde oluşan tepki spektrumları bulunmuştur. Büyütme etkisi analizlerinde Erzin sahası için Şekil-2a’da verilen kayma dalgası profillerinden en elverişsiz durumu yansıtan BH-31 profili esas alınmıştır. Analizlerde Deepsoil V7.0 programı ve eşdeğer lineer analiz yöntemi kullanılmıştır. Şekil-3a’da santral sahası için tasarımda kullanılan spektrum ve 2007 Deprem Yönetmeliği ile belirlenen spektrum gösterilmektedir. 6 Şubat 2023 tarihinde meydana gelen Pazarcık (MW= 7,7), Nurdağı (MW= 6,6) ve Elbistan (MW= 7,6) depremleri sırasında 3134 numaralı istasyonda, zemin yüzeyindeki tepki spektrumları Şekil 3-b’de yer almaktadır. En büyük etkiyi yaratan Pazarcık (MW=7.7) depreminin 3134 istasyonunda zemin yüzeyindeki ve Erzin sahasında zemin yüzeyine taşınan spektrumları Şekil 3-c’de gösterilmiştir. 3134 numaralı istasyon verilerinin Erzin sahasında yarattığı etki (zemin yüzeyindeki spektrum) ve santral tasarımda kullanılan spektrumlar Şekil 3-d’de verilmektedir. Buna göre en yüksek etkiyi yaratması beklenen Pazarcık depremine ait spektrum hem tasarım hem de yönetmelik değerlerinin altında kalmıştır.



Şekil 2. Erzin Sahası ve 3134 Dört Yol İstasyonu Kayma Dalgası Hız Profilleri



Şekil-3 Tasarımda Esas Alınan ve Gerçekleşen Spektrumlar

6. SONUÇ

Dört yol İstasyonu kayıtlarında göre 6 Şubat 2023 depremlerine ait santral sahasında oluşturulan tepki spektrumları Erzin Kombine Doğalgaz Çevrim Santrali tasarım spektrumlarının altında kalmıştır. Santral sahasında yapılan inceleme ve gözlemlerde sivilaşma izine rastlanmamış ve temellerde herhangi bir hasar tespit edilmemiştir. Yapılardaki birkaç önemsiz çatlak, iki adet türbin binası cephe kaplama paneli ve baca üzerindeki bir-iki aydınlatma armatürü düşmesi dışında herhangi bir yapısal hasar meydana gelmemiştir. Her ne kadar sivilaşmaya karşı inşa edilen taş kolonlar ve derin temel sistemi hasarı engellemekte önemli bir rol oynamış olsa da hasarsızlığın esas nedeninin tasarım değerinin altında gerçekleşen deprem etkisi olduğu düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Erdik, M., Demircioğlu, M.B., Şeşetyan K., “Assessment of Earthquake Hazard and Design Basis Ground Motion for the Power Plant (PP) Erzin Region of the Hatay Province in Turkey”, Boğaziçi University, Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute Earthquake Engineering Division, August 2009
- [2] Ansal, A., “Earthquake Hazard and Design Earthquake Characteristics for the Egemer Power Plant Site in Erzin, Hatay”, Boğaziçi University, Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute Earthquake Engineering Division, August 2009
- [3] Durgunoğlu, T., Ekşioğlu, İ., Çalışır, A., “Hatay İlçesi Erzin ilçesi Egemer Elektrik Üretim A.Ş. Adına 900MW Erzin Doğalgaz Kombine Çevrim Santrali Projesi Plana Esas Jeolojik-Jeoteknik Raporu”, Geoteknik Etüt Müşavirlik ve Müh. A.Ş., Eylül 2009
- [4] As, M., Yaman, G., “Hatay Erzin 900MW Erzin Doğalgaz Kombine Çevrim Santrali Jeolojik-Jeoteknik Raporu”, Toker Sondaj ve İnşaat Tic.Ltd, Haziran 2011
- [5] Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, 2007
- [6] Çalışan, O., Özkan, M.Y., “Hatay İlçesi Erzin İlçesi 900MW Erzin DGKÇ Santrali Tasarım Çalışmaları ve Depremsellik Hakkında Değerlendirme Raporu”, Çalışan Geoteknik Hizmetler İnş. ve Tic. Ltd., Temmuz 2013