



TAŞIMA GÜCÜ ÇOK İYİ OLMAYAN ZEMİNLERE İNŞA EDİLEN BETONARME VE ÇELİK YAPILARIN KIYASLANMASI

*Samed BOZDAĞ¹, Mehmet FENKLİ¹

¹ Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Isparta

(Geliş/Received: 18.04.2024, Kabul/Accepted: 25.06.2024, Yayınlanma/Published: 26.06.2024)

ÖZ

Taşıma gücü çok iyi olmayan zeminlere herhangi zemin iyileştirme ve güçlendirme çalışması projelendirilmeden çok katlı inşa edilen betonarme yapılar, deprem ve diğer dinamik yüklerle karşılaştığında riskli durumlar ortaya çıkabilmektedir. Bu çalışmada; betonarme ve çelik yapılar hakkında yapılan literatür taraması özetlenerek genel bilgi verilmiş, malzemelerin artı ve eksi yönlerinden bahsedilmiştir. Çalışmada Kahramanmaraş İlinde bulunan ve taşıma gücü çok iyi olmayan zeminler üzerine inşa edilen yapıların deprem etkisi altındaki davranışları araştırılmıştır. Ve çok katlı inşa edilen bu yapıların, deprem öncesi ve sonrası durumları ortaya koyulmuştur.

Anahtar kelimeler: Zemin İyileştirme ve Güçlendirme, Betonarme Karkas Yapılar, Taşıma Gücü Çok İyi Olmayan Zeminler, Çelik Konstrüksiyon Yapılar, Deprem.

COMPARISON OF REINFORCED CONCRETE AND STEEL STRUCTURES BUILT ON GROUNDS WITH NOT VERY GOOD BEARING STRENGTH

ABSTRACT

Risky situations may arise when multi-storey reinforced concrete structures built on soils with poor bearing capacity without any ground improvement and strengthening projects are faced with earthquakes and other dynamic loads. In this study; General information was given by summarizing the literature review on reinforced concrete and steel structures, and the pros and cons of the materials were mentioned. In the study, the behavior of buildings in Kahramanmaraş Province, built on soils with poor bearing capacity, under the influence of earthquakes was investigated. And the conditions of these multi-storey buildings before and after the earthquake have been revealed.

Keywords: Soil Improvement and Reinforcement, Reinforced Concrete Frame Structures, Soils with Poor Bearing Capacity, Steel Construction Structures, Earthquake.

1. Giriş (Introduction)

Çelik malzemesi demir ve karbon alaşımından meydana gelmektedir. Bu alaşıma, belirli oranlardaki farklı elementler eklenirse kullanım yerine göre değişiklik gösteren çelik türleri oluşmaktadır. Çelik malzemesinin karbon oranı %2'yi geçmemelidir. Çünkü bu element, malzemenin mukavemetini ve mekanik özelliklerini önemli ölçüde etkilemektedir. Karbon elementinin malzeme içindeki miktarı yüksek olduğu takdirde sertlik ve mukavemet artmakta fakat süneklik ve tokluk azalmaktadır. Projelendirme yapılırken doğru karbon oranındaki çelik malzeme seçimi yapılmalıdır.

Beton malzemesi; su, çimento, kum-çakıl karışımları ve yerine göre de katkı maddeleri eklenmesiyle, belirli oranlarda karıştırılarak elde edilen yapı malzemesidir. İlk kıvamı plastik olmakta daha sonra içerisindeki su azaldıkça dayanım kazanmakta ve daha katı hale geçmektedir.

Çelik malzemesi; ahşap malzemesine, beton malzemesi ve çelik donatılardan oluşan betonarmeye kıyasla daha eşit dağılımlı ve izotropik malzemedir. Üstelik dayanımı ve elastisite modülü oldukça yüksektir. Elastisite modülü; ahşap malzemede 100.000 MPa, betonarmede 210.000 MPa, çelik malzemede 2.100.000 MPa'dır. Yani çeliğin elastisite modülü diğer iki malzemedden kat kat fazladır. Bu sebeple diğerlerine kıyasla daha küçük miktarlarda deplasman yapmakta, daha küçük kesitlerle inşa edilebilmektedir. Aynı yükü taşımak için inşa edilmesi gereken kesit; çelik yapıda betonarmeye kıyasla daha küçüktür. Aynı büyüklük ve kesitteki çelik kolonun taşıma gücü ve mukavemeti betonarme kesite göre oldukça fazladır [1].

Betonarmenin yapı ağırlığı çelikten fazla olduğu için temel kalınlıkları daha büyük olmaktadır. Zeminin taşıma gücü değerlerinin düşük olduğu durumlarda taşıyıcı malzemenin, betonarme yerine çelikten yana tercih edilmesinde bu durum önemli rol oynamaktadır [1]. Netice itibariyle zeminin tasarım dayanımının ve taşıma gücünün düşük olduğu ve yer altı su seviyesinin daha sığ tabakalarda bulunduğu koşullarda betonarme karkas yerine çelik konstrüksiyon imalatlar tercih edilebilmektedir.

Zeminlerin jeolojik yapılarının değerlendirilmesi genellikle üst tabaka ile yapılmaktadır. Zemin tasarım-dayanım faktörleri hesaplanırken 1,5-15 metredeki tabakalar dikkate alınmaktadır. Zemin sınıflaması ve deprem büyütme etkisi hesaplanırken, jeolojik ve jeofizik verilerden faydalanılmaktadır. Yüzey kotundan itibaren zemin jeolojisini belirlemeye yönelik temel sondaj çalışmalarında yapılan Standart Penetrasyon Testi (SPT) değerleri ve sismik dalga hızları (Vs30) birlikte değerlendirilerek zemin grubu hesaplanır. Bununla birlikte zeminin drenajsız kayma mukavemeti de dikkate alınır. Zemin grubunun belirlenmesinin yanında, zemin büyütme etkisinin de jeofizik verilerle elde edilmesi gerekmektedir.

Bu çalışmada, dinamik deprem kuvvetini büyütme değeri yüksek olan ve tasarım dayanımı çok iyi olmayan zeminlerde; zemin güçlendirmesi yapılan ve zemin güçlendirmesi yapılmadan inşa edilen betonarme karkas yapılar ve zemin güçlendirmesi yapılmadan inşa edilen çelik konstrüksiyon yapı incelenmiş ve kıyaslanmıştır. Kahramanmaraş' ta bulunan; çelik konstrüksiyon bina ve çelik konstrüksiyon yapılar göre, yapı zati ağırlığı büyük ve bina etki derinliği daha yüksek olan betonarme binaların 6 Şubat depremi öncesi ve sonrası durumları incelenmiştir.

2. Materyal ve Metot (Material and Method)

Bu çalışmada, 2000'li senelerde Kahramanmaraş'ta projelendirilip inşa edilen, çelik konstrüksiyon ve betonarme karkas yapılar incelenmiş ve 6 Şubat'ta yaşanan iki deprem sonrası durumları kıyaslanmıştır.



Şekil 1. Çelik Konstrüksiyon Yapının İnşa Aşamasındaki Görüntüsü [2].



Şekil 2. Çelik Konstrüksiyon Yapının İnşa Aşamasındaki Bir Diğer Görüntüsü [2].



Şekil 3. Çelik Konstrüksiyon ve Betonarme Binaların Deprem Öncesi Görünümleri
(<https://www.google.com/streetview/>)



Şekil 4. Çelik Konstrüksiyon ve Betonarme Binaların Deprem Sonrası Görünümleri



Şekil 5. Güçlendirme Yapılmadan İnşa Edilen Betonarme Yapıların, Yıkılan Bloklarının Enkaz Görüntüsü



Şekil 6. Güçlendirme Yapılmadan İnşa Edilen Betonarme Yapıların, Ağır Hasar Alan Bloğunun Görüntüsü



Şekil 7. Güçlendirme Yapılmadan İnşa Edilen Betonarme Yapıların, Yıkılan Bloklarının Enkaz Aşamasındaki Görüntüsü ve Çelik Konstrüksiyon Yapı

Bu çalışmada; aynı zemin üzerine oturan, çelik konstrüksiyon yapı, zemin güçlendirmesi yapılarak inşa edilen betonarme yapı ve zemin güçlendirmesi yapılmadan inşa edilen betonarme yapıların kıyası yapılmıştır. Kıyaslama yapılmadan önce yörenin zemini araştırılmıştır. Jeoloji Mühendisi Suzan Okay'ın yaptığı çalışmalara göre: zemin dayanımının çok iyi düzeyde olmadığı ve yeraltı su seviyesinin bulunduğu yapılan jeolojik etütlerden tespit edilmiş, çok yüksek katlı betonarme yapıları inşa etmeye elverişli olmadığı ve olası bir depremde zeminin deprem büyütme etkisinin yüksek olduğu görülmüştür [3].

Standart–ortalama bir konut yapısını baz alacak olursak; betonarme yapıların yapı öz ağırlığının, çelik yapılara kıyasla çok fazla olduğu bilinmektedir. Bu ağırlık farkı (projeye göre değişmekle birlikte) 1,5-2 kata kadar çıkmaktadır. Betonarme yapıların yapı öz ağırlığının yüksek olması, temel-zemin etkileşimi sebebiyle deprem gibi dinamik yüklerden daha çok etkilenmesine sebep olmakta ve temel maliyetini artırmaktadır. Özellikle belirli seviyeden sonra dayanımı düşen zayıf zeminler üzerine inşa edilen betonarme yapıların yapı etki derinlikleri zayıf zemin tabakasına ulaşmaktadır. Ve/veya yeraltı suyunun bulunduğu zeminler üzerine inşa edilen betonarme yapıların yeterli drenaj işlemleri yapılmamışsa temel betonu zarar görmekte ve dayanımı düşmektedir. Dayanımı düşen temel betonu ve ise statik veya dinamik yüklere karşı istenilen dayanımı gösterememektedir. Yapının, öncelikle zemine göre tasarlanması gerekmektedir. Bu durum göz ardı edildiğinde ise büyük sorunlar ortaya çıkabilmektedir.

Betonarme yapıların; kalifiye çalışanlarla inşa edilmemesiyle hatalar yapılmakta, statik projedeki tasarım dayanımına ulaşamamaktadır. Örneğin kolon boyutu yüksek olan bir yapının betonu dökülürken; betonun yüksekte dökülmesi, donatı sıklığı veya kolon yüksekliğinden dolayı beton vibratörünün kolon alt seviyelerine ulaşamaması, segregasyona sebep olmaktadır. Ayrıca kat yüksekliklerinin değişkenlik göstermesi B2 yapı düzensizliğine mahal vermektedir. Deprem anında yumuşak katlardan göçmeler yaşanabilmektedir. İncelediğimiz betonarme yapılarda zemin kat üzerinde asma kat bulunmakta çelik yapıda ise bulunmamaktadır. Deprem sonrası yıkılan betonarme yapının yıkılma sebeplerinden biri de asma kat bulunması olduğu düşünülmektedir.

3. Araştırma Bulguları (Research Findings)

Deprem felaketi yaşanmadan evvel, bodrum kat + zemin kat + asma kat + 11 normal katlı betonarme karkas yapıda yaşanan ve bölgede faaliyet gösteren, SU-DA Yapı yetkilisi Jeoloji Mühendisi Suzan Okay'ın çalışmalarından alınan bilgiler ışığında; çelik konstrüksiyon yapının karşısındaki betonarme karkas bina zemin iyileştirme çalışmaları yapılarak inşa edilmiştir. Yer altı su seviyesinin daha sığ tabakalarda olduğu ve zemin tasarım dayanımının çok iyi düzeyde olmadığı tespit edilmiştir. Zemin tabakalarının üstlerinde yer yer gevşek killi çakıl birimi bulunmakta, çelik konstrüksiyon yapının güney yönünde zemin tabakalarının tasarım dayanımları iyice düşmekte, ince tane içeriği yükselmekte ve deprem büyütme değerlerinin artmakta olduğu görülmüştür. İncelenen alan tam bir geçiş bölgesi konumunda olup, kuzey yönde zemin killi kireçtaşı birimine geçmekte ve arazi kot seviyeleri yükselmektedir [3].

Şekil 8’de inşa edilmeden önce zemin iyileştirme çalışmaları yapılan betonarme karkas yapı ve çelik konstrüksiyon yapının görseli verilmiştir. Zemin iyileştirme projeleri genellikle; taşıma gücü problemi olan veya bina oturma değerlerinin kabul edilebilir sınırların üstünde olduğu veya sıvılaşma potansiyeli olan vb. zeminlerde uygulanmaktadır. Bu projeler: Fore kazık, Plastik (donatısız) Fore kazık, taş kolon, jet grout gibi yöntemlerle uygulanabilmektedir.



Şekil 8. Zemin İyileştirme Çalışması Yapıldıktan Sonra İnşa Edilen Betonarme Karkas Yapı
(<https://www.google.com/streetview/>)

3.1. Bölgesel Jeoloji (Regional Geology)

Jeoloji Mühendisi Suzan Okay’ın çalışmalarından alınan bilgiler ışığında; Kahramanmaraş’ ta yerleşim alanlarının bulunduğu konumda kil, kum ve çakıl birimleri olup yer yer geçişler vardır. Yer altı su seviyesi bazı bölgelerde daha derin konumda bulunmakta olup bazı bölgelerde daha sığ seviyelerdedir. İnceleme alanının güney kısmında yamaç molozu, daha yüksek seviyeler olan dağ yamaçlarında ise kireçtaşı birimlerine rastlanılmaktadır [3].

En zayıf zeminler: Alüvyon zeminler en zayıf zemin türleri içerisinde yer almaktadır. Ahır Dağının güney yönünde bulunan Maraş Ovası ile dere ve akarsu yataklarında bulunan alüvyon zeminler; Kil-Silt, kum ve çakıldan oluşmaktadır. Malzemelerin sıklığı düşük ve gevşektir [4].

Elbistan ilçesinin merkezi de alüvyon zemin tabakaları üzerinde yer almakta olup, Çardak Fayı üzerinde 7.6 büyüklüğündeki depremde can ve mal kayıpları yaşanmıştır [5].

Zayıf zeminler: Bu tür zeminler yamaç molozları ve sedimentlerden oluşmaktadır. Ahır Dağı’ndan güney yöne gidildiğinde ulaşılan Maraş Ovası’na akmakta olan akarsu ve dereler, ova bölgelerine vardıklarında ufak boyutlarda birikinti konileri meydana getirmişlerdir. Çakıl boyutu irili ufaklı olup genellikle köşeli ve kireçtaşı parçalarından oluşur. Ahır Dağının yamaç bölgelerinde ve ova kısımlarına yakın lokasyonlarda yamaç molozu birimine rastlanılmaktadır. Çalışma alanı zayıf zemin olarak tanımladığımız zemin üzerinde bulunmaktadır [5].

Bu zeminlerde yer yer kaymalar ve heyelanlar oluşabilir. Kahramanmaraş’ta yerleşim en çok bu zeminlerde bulunmaktadır. Burada çok katlı yapıların bulunması, depremin etkisini ve yıkıcılığını arttıracaktır ancak bu bölgede yer altı su seviyesinin olmayışı ya da derinlerde oluşu en zayıf zeminlere göre deprem etkisini yapılara daha az iletacaktır [5].

Orta derecede sağlam zeminler: Kumtaşı, çamurtaşı ve kiltaşından oluşan zeminlerdir. Depremde kayma, kopma ve heyelanlar şeklinde reaksiyon gösterebilir. Şehirde yeni yapılaşma bu birim üzerine kurulmuştur [4].

Sağlam zeminler: Kahramanmaraş’ın doğusunda volkanik kayalar ve kireçtaşlarından oluşan zeminlerdir. Bu zeminlerin yer aldığı bölge engebeli olduğu için yerleşim açısından çok tercih edilmemiş ve yapılaşma azdır [4].



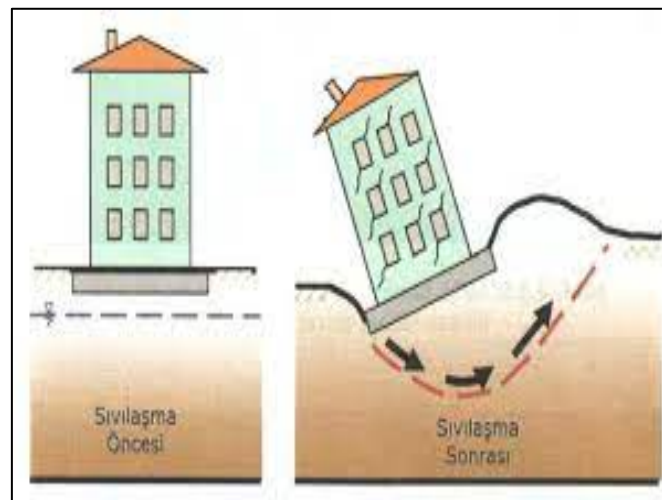
Şekil 11. Kahramanmaraş'taki Diri Fayları Gösteren Harita Örneği [8].

3.3. Bölgenin Sıvılaşma Durumu (Liquefaction Status of the Region)

Sıvılaşma; yeraltı su seviyesinin yüksek olduğu gevşek kumlu zeminlerin, deprem dalgalarının etkisi altında sıvı gibi davranmasıdır.

6 Şubat 2023 tarihli 7.7 büyüklüğünde oluşan depremde, yeraltı su seviyesinin yüksek olduğu gevşek kumlu zeminlerde sıvılaşma meydana gelmiştir. Zemin; sıvılaşma etkisi altında kayma gerilmesine karşı dayanımını yitirmiş, akışkan özellik göstermiştir. Kentleşmenin bulunduğu alüvyonlar zemin tabakalarının gevşek oluşu ve yer altı suyu seviyesinin çok yüksek riskli seviyelerde oluşu (çoğunlukla 50 santimetre ile 10 metre arasında bulunmakta), depremin şiddetini arttırmıştır. Neticede bu olaylar depremde oluşan hasarın artışına yol açmıştır [4].

Sıvılaşma; kil içeriği düşük, suya doymun kumlu zeminlerde, kurumuş dere, akarsu, göl yataklarında, deniz ve nehirlerin kıyısında olabilmektedir. Kuruyan göl, deniz veya derelerin oluşturduğu dolgu zeminler ve alüvyon zeminler sıvılaşma açısından oldukça risklidir.



Şekil 12. Sıvılaşma Sebebiyle Taşıma Gücünün Düşmesi [9].

4. Tartışma ve Sonuç (Results and Discussion)

Yapı inşa edilmeden önce arsa seçimi yapılırken mümkünse bölgenin jeolojisine hâkim jeologlardan yardım alınmalıdır. Eğer arazi seçimi daha önceden yapılmış, zemin ve temel etüt çalışmaları sonucu zeminin tasarım dayanımının düşük olduğu saptanmışsa; inşa edilecek yapı zemine göre tasarlanmalı ve uzman mühendislerce uygun görülen ve tavsiye edilen zemin iyileştirme çalışmaları projelendirilmelidir. Örnek verecek olursak; genellikle betonarme karkas şeklindeki yapıların eşit kat yüksekliğinde ve aynı taban alanındaki bir çelik konstrüksiyon yapıya göre etki derinliğinin daha yüksek ve yapı zati ağırlığının fazla olduğu bilinmektedir. Bu durumda betonarme yapı inşa etmek yerine zemine uygun çelik konstrüksiyon yapılar inşa edilebilir veya halihazırdaki zeminde, iyileştirme projeleri vasıtasıyla zeminin tasarım dayanımı artırılıp betonarme yapılar inşa edilebilir ve dinamik deprem yüklerine karşı mukavemet kazanılabilir.

Çalışmada incelenen bölgedeki zeminin tasarım dayanımı yüksek katlı betonarme yapıları inşa etmeye çok elverişli bulunmamaktadır. Bu sebeple incelenen betonarme yapılardan; zemin iyileştirme çalışmaları sonrası inşa edilen bina depremden sonra hafif hasar olarak sağlam kalmış, zemin iyileştirmesi yapılmadan inşa edilen diğer betonarme yapılardan iki bloğu ilk depremde farklı oturmalar sebebiyle yan yatmış, ikinci depremde ise maalesef daha ağır hasar olarak yıkılmıştır. Sitedeki diğer blok ise ağır hasar tespiti yapılarak boşaltılmıştır.

6 Şubat depremleri neticesinde hasar olarak yıkılan betonarme yapıların yıkılma sebepleri başlıca şunlardır olduğu düşünülmektedir;

- Yer altı su seviyesinin sığ tabakalarda bulunmasıyla sıvılaşma gerçekleşmiş veya temelin homojen olan tabii zemine oturtulmamasıyla yapı temelinde farklı oturmalar meydana gelmiştir.
- Deprem felaketinde ağır hasar alan betonarme karkas yapılar, henüz inşa aşamasındayken belirli duraksamalarla imal edilmiştir. Betonarme yapılar, çelik konstrüksiyon yapılar ile kıyaslanacak olursa; çeşitli sebeplerle yapım süresinin uzaması nedeniyle iklim ve çevre koşullarına daha fazla maruz kalmakta, tasarım mukavemetlerini kaybetmekte ve sismik aktivitelere beklenen direnci gösterememektedir.
- Zemin tabakalarının özellikle yer altı suyu ve sismik yükler nedeniyle dayanımının düştüğü durumlarda çok katlı çelik konstrüksiyon yapılar, zemini sağlamlaştırılmadan çok katlı inşa edilen betonarme yapılara göre daha hafif yapı ağırlığına ve daha düşük etki derinliğine sahip oldukları için avantajlı olabilmektedir.
- Çalışma alanındaki betonarme karkas yapıların bodrum katlarının üstüne asma kat ile inşa edildiği için B2 kat düzensizlik faktörüne girmekte ve yapıların tasarım aşamasında hedeflenen dayanım elde her zaman elde edilememektedir. Netice itibariyle dinamik yüklere karşı beklenen direncin sağlanılamadığı durumlar meydana gelebilmektedir.

Sonuç itibariyle betonarme karkas tarzında inşa edilen yapının, deprem yükleri nedeniyle yıkılma sebebi çok yüksek etkenle zemine göre tasarlanmamış olmasıyla birlikte, binanın inşaat aşamasında duraksayarak ilerlemiş olması da düşünülmektedir. Betonarme yapılar çelik yapılara kıyasla, inşaat aşamasında çevre ve iklim koşullarından daha fazla etkilendiği için 6 Şubat Depremlerinde; zemin güçlendirmesi yapılmadan inşa edilen betonarme yapının bir bloğu ağır hasar almış, iki bloğu ise maalesef yıkılmıştır. Yapılar inşa edilirken: Zemin ve temel etüt çalışmaları yönetmeliğe uygun biçimde yapılmalı, bölgenin zemin tabakaları tanınmalı, deprem tehlike analizleri yapılmalı, zemin deprem büyütme faktörleri tespit edilmeli, zemine göre bina tasarımı yapılmalı ve inşa edilecek yapı malzemeleri zemine göre seçilmelidir. Taşıma gücü çok iyi olmayan zeminlerde betonarme yapı inşa edilecekse; taşıma gücü problemleri mevcutsa ve/veya bina oturma değerleri kabul edilebilir sınırları aşıyorsa zemin iyileştirme projeleri irdelenmelidir. Veya bu gibi durumlarda: Yapı zati ağırlığı, betonarme yapılara kıyasla daha düşük olan çelik yapılar, alanında uzman mühendislerce gereken hesaplamaları yapılarak tasarlanabilir. Yapı tasarımı yapılırken ve yapı malzemeleri seçilirken; öncelikle mevcut yönetmeliğe uygun, dayanıklı ve emniyetli yapılar inşa etmeye özen gösterilmeli, daha sonra ekonomiye uygun seçimler yapılmalı, ve yapının estetiği de göz ardı edilmemelidir.

Çıkar Çatışması (Conflict of Interest)

Bu çalışmada herhangi kişinin veya firmanın reklamı yapılmamaktadır. Aynı zamanda hiçbir yapıyı kötüleme amacı içermemektedir. Betonarme ve çelik yapıların artı ve eksi yönlerinden bahsedilmiştir. 6 Şubat 2023'te meydana gelen depremlerde birbirine yakın halde bulunan yapılar incelenmiş ve yorumlanmıştır.

Teşekkür (Acknowledgements)

Çalışmamızın yürütülmesinde önemli payı olan ve desteğini ve bilgi birikimini esirgemeyen Jeoloji Mühendisi Suzan OKAY' a teşekkürlerimizi sunarız.

Kaynaklar (References)

- [1] N. Erşen, Çelik Yapılar ve Çözümlemiş Problemler, Birsen Yayınevi, (5. Baskı), İstanbul. (1998) 7s.
- [2] Anonim, Çelik Konstrüksiyon Yapının İnşa Aşamasındaki Görüntüleri. (2017). (Son erişim tarihi 4 Temmuz 2023). <https://alfacelik.com.tr/project/sevim-yapi-sitesi-konut-k-maras/>
- [3] S. Okay, Zemin ve Temel Etüt Sondaj Çalışmaları ve Raporları, Kahramanmaraş. (2010)
- [4] H. Korkmaz, A.S. Biricik, Kahramanmaraş'ın Depremselliği. Marmara Coğrafya Dergisi, 1 (3) (2001) 53-82.
- [5] E. Atabey, Kahramanmaraş'ta Deprem Yıkıcı Etkisi ve Kentin Yeniden İnşası İçin Uygun Zeminler, (2023). (Son erişim tarihi 4 Temmuz 2023). <https://www.temizmekan.com/kahramanmarasta-depremin-yikici-etkisi-ve-kentin-yeniden-insasi-icin-uygun-zeminler/>.
- [6] E.K. Sandal, N. Karademir, Kahramanmaraş'ta depremsellik bağlamında zemin-yerleşme ilişkisi 3rd International Geography Symposium-GEOMED, (2013).
- [7] MTA, Türkiye illere göre yer altı maden kaynakları. MTA Yerbilimleri ve Kültür serisi-5. (2009).
- [8] Anonim, Fay Üzerinde Yaşayan Kentlerimiz: Kahramanmaraş Raporu. Rapor No: 617/503. (2014). (Son erişim tarihi 4 Temmuz 2023). https://www.jmo.org.tr/resimler/ekler/2ee63a7a4ec1d37_ek.pdf.
- [9] M. Mahmutoğlu, F. Babuçcu, Zeminlerde Sıvılaşma ve Analiz Yöntemleri. Gazi Kitapevi, Ankara.