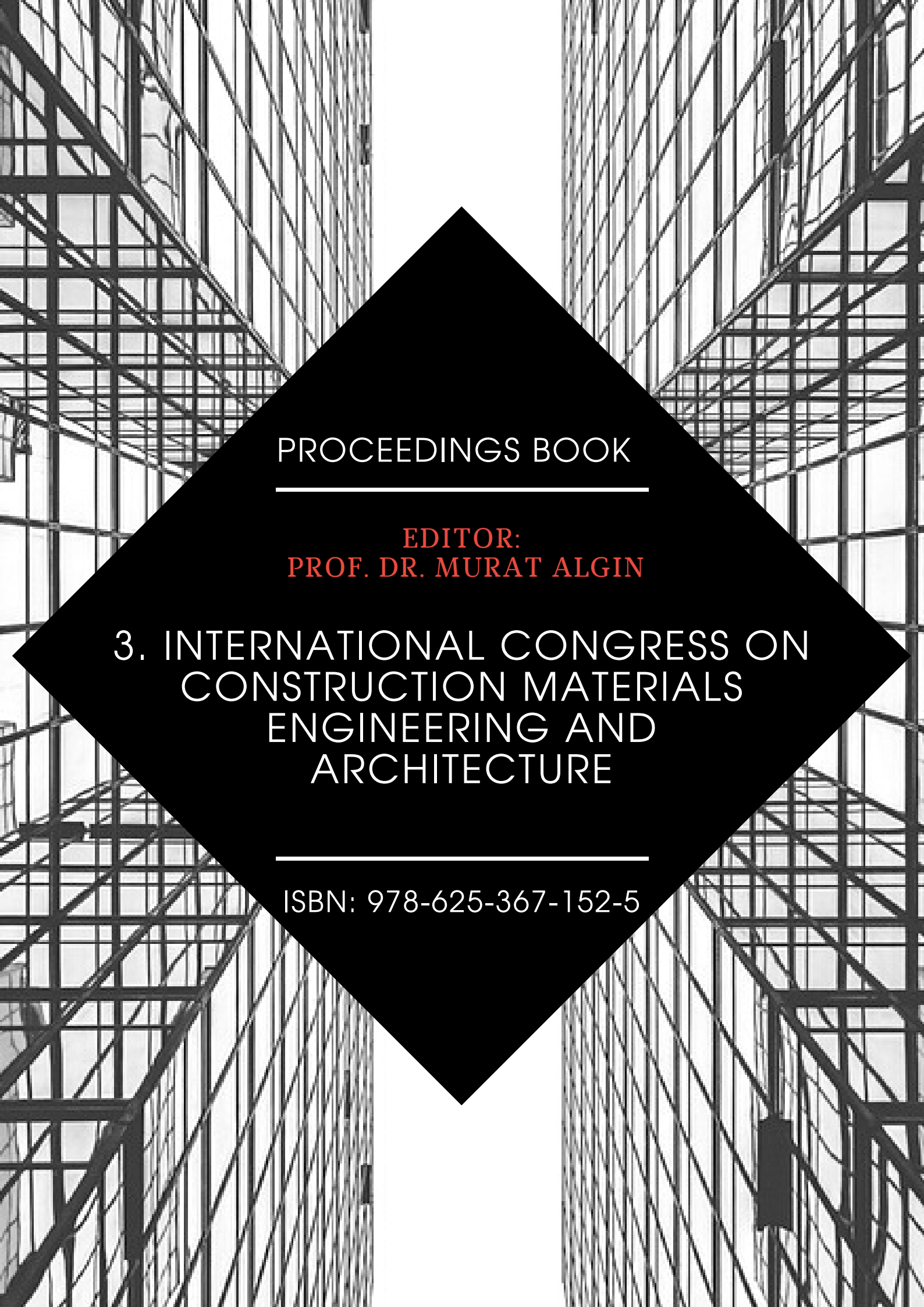




PROCEEDINGS BOOK

EDITOR:
PROF. DR. MURAT ALGIN

3. INTERNATIONAL CONGRESS ON
CONSTRUCTION MATERIALS
ENGINEERING AND
ARCHITECTURE

ISBN: 978-625-367-152-5



3. INTERNATIONAL CONGRESS ON CONSTRUCTION MATERIALS ENGINEERING AND ARCHITECTURE

June 25, 2023 / Gaziantep, Türkiye

PROCEEDINGS BOOK

Edited by

Prof. Dr. Murat ALGIN

All rights of this book belong to Iksad Global- 2023.

Without permission can't be duplicate or copied. Authors of
chapters are responsible both ethically and juridically.

Iksad Global- 2023 ©

Issued: 03.07.2023

ISBN: 978-625-367-152-5



CONGRESS ID

**3. INTERNATIONAL CONGRESS ON CONSTRUCTION
MATERIALS ENGINEERING AND ARCHITECTURE**

DATE-PLACE

June 25, 2023

Gaziantep, Türkiye

EDITORS

Prof. Dr. Murat ALGIN

EVALUATION PROCESS

All applications have undergone a double-blind peer review process



CONGRESS ORGANIZING COMMITTEE

Prof. Dr. Turabdjano Sadritdin MAKHAMEDDINOVICH - Tashkent State
Technical University

Prof. Dr. Bahaddin SİNSOYSAL - İstanbul Gedik University

Doç. Dr. İsmail TOPCU - Alanya Alaaddin Keykubat University

Doç. Dr. Tavaldieva Gulbaxar Nishanovna - Tashkent Institute of Chemistry-
Technology

Doç. Dr. Kenese JUSIPOV - Kazakh Communication Academy

Doç. Dr. Seyithan SEYDOŞOĞLU - Siirt University

Dr. Tien Dung Nguyen - Thai Nguyen University of Agriculture and
Forestry, Thainguay

Dr. Elvan CAFAROV- Azerbaijan Devlet Pedagoji Üniversitesi

Dr. Nurlan Akhmetov - Ahmet Yesevi University, Kazakhstan

Dr. Ethem İlhan ŞAHİN -Adana Alparslan Türkeş Science and Technology
University

COORDINATOR

Alina AMANZHOLVA

CONGRESS SCIENTIFIC COMMITTEE

Prof. Dr. Eti Akyüz Levi - Dokuz Eylül University

Prof. Dr. Mutalov Shukhrat KHMADJONOVICH - Tashkent Institute of
Chemistry-Technology

Prof. Dr. Gappar RAKHMANBERDIEV - Tashkent Institute of Chemistry-
Technology

Prof. Dr. Raul Duarte Salgueiral Gomes Campilho - Instituto Superior de
Engenharia do Porto, Portugal

Prof. Dr. Manojkumar Arthikala - Universidad Nacional Autónoma de
México (UNAM), Mexico

Doç. Dr. Cahide AYDIN İPEKÇİ - Gebze Teknik University

Doç. Dr. Muteber ERBAY - Karadeniz Teknik University

Doç. Mehriban NOVRUZOVA - Hazar University

Doç. Hazar HÜSEYNOV - Hazar University

Doç. Prof. Sevil KARIMOVA - Hazar University

Dr. Upendra N Rai - Ulusal Botanik Araştırma Enstitüsü

Dr. Muhammad Faisal - Sindh Madressatul Islam Üniversitesi, Karachi,
Pakistan

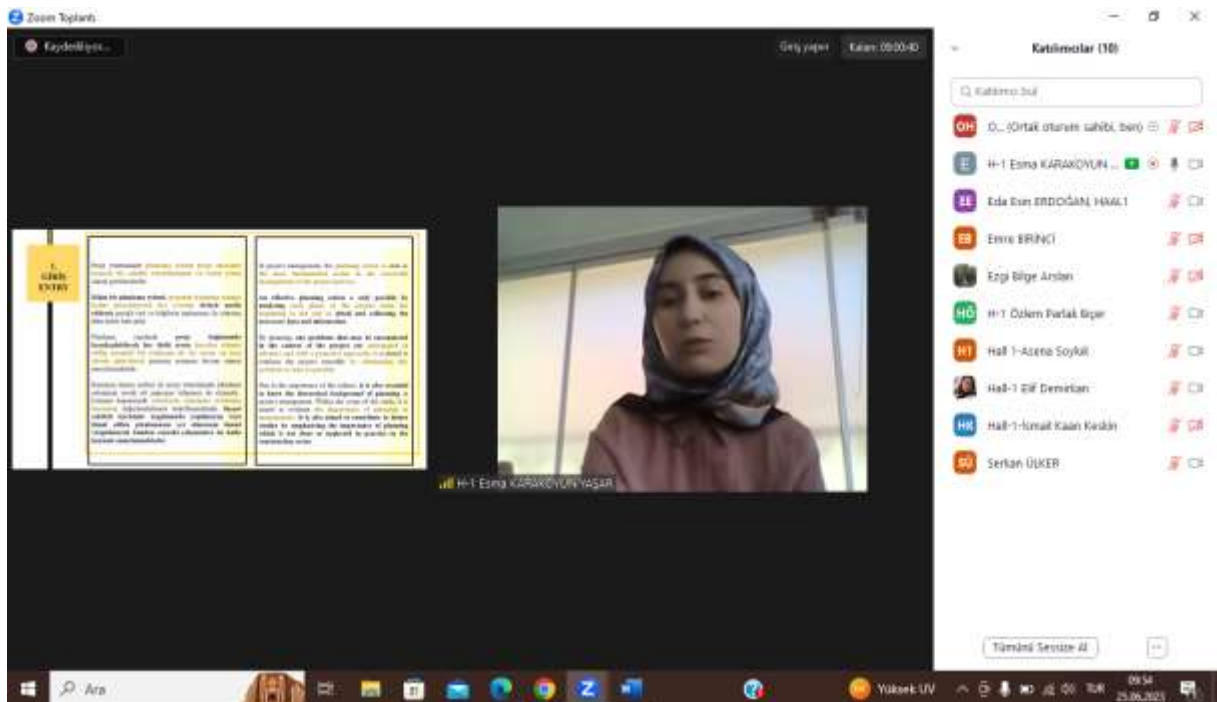
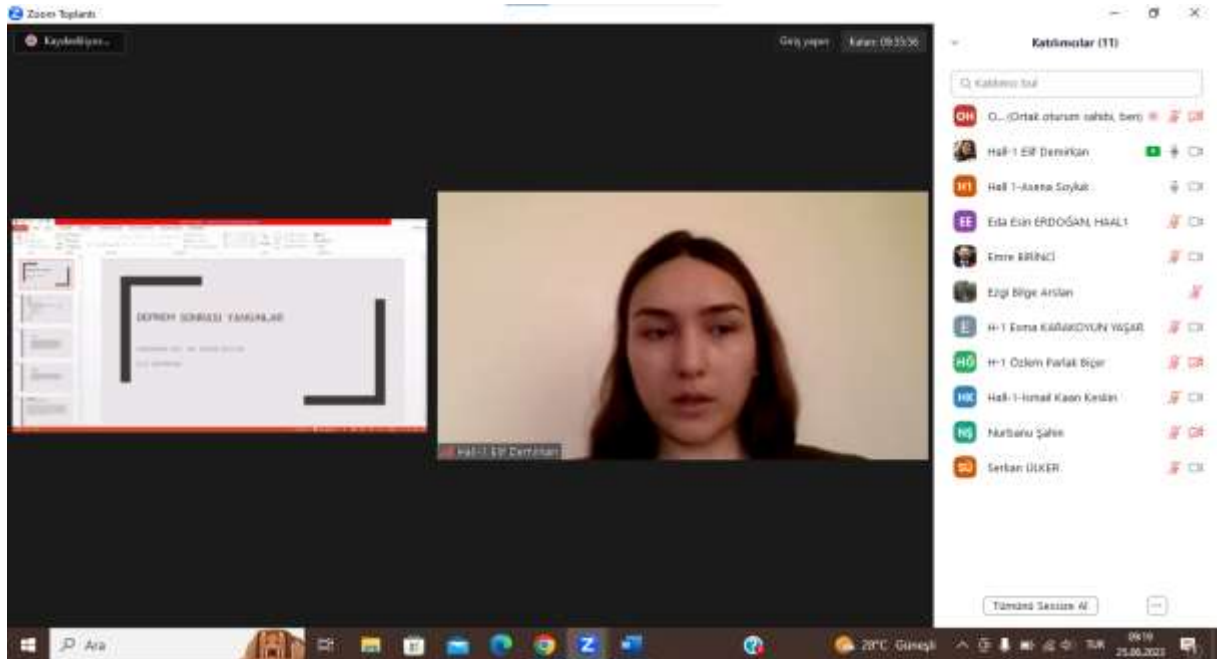
Dr. Öğr. Üyesi Çiğdem BOĞENÇ - Recep Tayyip Erdoğan University

Dr. Ghanshyam Barman - Uka Tarsadia University, India

Dr. Nurlan Akhmetov - Ahmet Yesevi University, Kazakhstan

Dr. Alper BODUR - Ondokuz Mayıs University

PHOTO GALLERY





3. INTERNATIONAL CONGRESS ON
CONSTRUCTION MATERIALS
ENGINEERING AND ARCHITECTURE
June 25, 2023 / Gaziantep, Türkiye

PROGRAM

Meeting ID: 898 4066 6306
Passcode: 220022

<https://us02web.zoom.us/j/89840666306?pwd=MlQxaGV6dVMldGk5aXhHJjhaVDdiZz09>

ÖNEMLİ, DİKKATLE OKUYUNUZ LÜTFEN / IMPORTANT, PLEASE READ
CAREFULLY

Önemli, Dikkatle Okuyunuz Lütfen

- ✓ Kongremizde Yazım Kurallarına uygun gönderilmiş ve bilim kurulundan geçen bildiriler için online (video konferans sistemi üzerinden) sunum imkanı sağlanmıştır.
- ✓ Online sunum yapabilmek için <https://zoom.us/join> sitesi üzerinden giriş yaparak “Meeting ID or Personal Link Name” yerine ID numarasını girerek oturuma katılabilirsiniz.
- ✓ Zoom uygulaması ücretsizdir ve hesap oluşturmaya gerek yoktur.
- ✓ Zoom uygulaması kaydolmadan kullanılabilir.
- ✓ Uygulama tablet, telefon ve PC’lerde çalışıyor.
- ✓ Her oturumdaki sunucular, sunum saatinden 15 dk öncesinde oturuma bağlanmış olmaları gerekmektedir.
- ✓ Tüm kongre katılımcıları canlı bağlanarak tüm oturumları dinleyebilir.
- ✓ Moderatör – oturumdaki sunum ve bilimsel tartışma (soru-cevap) kısmından sorumludur.

Dikkat Edilmesi Gerekenler- TEKNİK BİLGİLER

- ✓ Bilgisayarınızda mikrofon olduğuna ve çalıştığına emin olun.
- ✓ Zoom’da ekran paylaşma özelliğine kullanabilmelisiniz.
- ✓ Kabul edilen bildiri sahiplerinin mail adreslerine Zoom uygulamasında oluşturduğumuz oturuma ait ID numarası gönderilecektir.
- ✓ Katılım belgeleri kongre sonunda tarafınıza pdf olarak gönderilecektir
- ✓ Kongre programında yer ve saat değişikliği gibi talepler dikkate alınmayacaktır

IMPORTANT, PLEASE READ CAREFULLY

- ✓ To be able to attend a meeting online, login via <https://zoom.us/join> site, enter ID “Meeting ID or Personal Link Name” and solidify the session.
- ✓ The Zoom application is free and no need to create an account.
- ✓ The Zoom application can be used without registration.
- ✓ The application works on tablets, phones and PCs.
- ✓ The participant must be connected to the session 15 minutes before the presentation time.
- ✓ All congress participants can connect live and listen to all sessions.
- ✓ Moderator is responsible for the presentation and scientific discussion (question-answer) section of the session.

Points to Take into Consideration - TECHNICAL INFORMATION

- ✓ Make sure your computer has a microphone and is working.
- ✓ You should be able to use screen sharing feature in Zoom.
- ✓ Attendance certificates will be sent to you as pdf at the end of the congress.
- ✓ Requests such as change of place and time will not be taken into consideration in the congress program.

**Before you login to Zoom please indicate your name_surname and HALL number,
exp. Hall-1, Awais Khan**



SESSION-1, HALL-1

25.06.2023

Moderator: Assoc. Prof. Dr. Asena SOYLUK

Meeting ID: 898 4066 6306

Passcode: 220022

Ankara Local Time: 09:00 – 11:00

TITLE	AUTHOR(S)	AFFILIATION
WOOD'S PLACE IN CONSTRUCTION: A TIMELESS AND SUSTAINABLE BUILDING MATERIAL	Emre BİRİNCİ	Kastamonu University, Türkiye
FIRE AFTER EARTHQUAKE	Elif DEMİRKAN Asena SOYLUK	Gazi University, Türkiye
AN EVALUATION FOR SEISMIC ISOLATION SYSTEMS	Eda Esin ERDOĞAN Fuat DEMİR	Süleyman Demirel University, Türkiye
GROUND PROBLEMS IN HISCORICAL STRUCTURES	İsmail Kaan KESKİN Fatih Kürşat Fırat	Aksaray University, Türkiye
PROJECT MANAGEMENT AND PLANNING ACTION IN THE CONSTRUCTION SECTOR	Z. Özlem PARLAK BİÇER Esma KARAKOYUN YAŞAR	Erciyes University, Türkiye Niğde Ömer Halisdemir University, Türkiye
EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF INCREMENTEL FORMING OF ALUMINIUM SHEET Al-2024	Serkan ÜLKER Muammer GAVAS	Dumlupınar University, Türkiye
VALUE ANALYSIS OF KONYA PROVINCE, SELÇUKLU DISTRICT KONYA PROVINCE, SELÇUKLU DISTRICT, FERİTPAŞA NEIGHBORHOOD, 13217 PARK 1, ACCORDING TO THE MOST EFFICIENT AND BEST USE PRINCIPLE	Ezgi Bilge ARSLAN Süleyman Kamil AKIN	KTO Karatay University, Türkiye
All participants must join the conference 10 minutes before the session time. Every presentation should last not longer than 10-12 minutes. Kindly keep your cameras on till the end of the session.		



SESSION-1, HALL-2

25.06.2023

Moderator: Assist. Prof. Dr. Edip ÇETKİN

Meeting ID: 898 4066 6306

Passcode: 220022

Ankara Local Time: 09:00 – 11:00

TITLE	AUTHOR(S)	AFFILIATION
VALUE ANALYSIS OF KONYA PROVINCE, SELÇUKLU DISTRICT KONYA PROVINCE, SELÇUKLU DISTRICT, FERİTPAŞA NEIGHBORHOOD, 13217 PARK 1, ACCORDING TO THE MOST EFFICIENT AND BEST USE PRINCIPLE	Ezgi Bilge ARSLAN Süleyman Kamil AKIN	KTO Karatay University, Türkiye
THE EFFECTS OF USING DIFFERENT TYPES OF BORON MINERALS IN SUSTAINABLE HYBRID GEOPOLYMER MORTARS ON MECHANICAL PROPERTIES	Ezgi ÖRKLEMEZ Serhan İLKENTAPAR Uğur DURAK Burak UZAL Okan KARAHAN Cengiz Duran ATİŞ	Erciyes University, Türkiye Abdullah Gül University, Türkiye
INVESTIGATION OF PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF LIGHTWEIGHT GEOPOLYMER MORTARS WITH PUMICE AGGREGATE BELONGİNG TO KAYSERİ REGION	Abdullahı Nur BARKHADLE Serhan İLKENTAPAR Uğur DURAK Okan KARAHAN Cengiz Duran ATİŞ	Erciyes University, Türkiye
THE EFFECT OF AGGREGATE TYPE ON THE RELATIONSHIP OF ABRASION RESISTANCE-COMPRESSIVE STRENGTH IN HIGH STRENGTH CONCRETE	Mustafa Kaya Erçin Gürsel Şule Bakırcı Er	Aksaray University, Türkiye Kırıkkale University, Türkiye
THE EFFECT OF AGGREGATE TYPE ON THE RELATIONSHIP OF HARDNESS-COMPRESSIVE STRENGTH IN HIGH STRENGTH CONCRETE	Mustafa Kaya Erçin Gürsel Şule Bakırcı Er	Akdeniz Karpaz University, Türkiye



A CASE STUDY FOR BOTANIC PARK AND WASTEWATER PLANT	M. Cihat TUNA Ayça AYTAÇ	Fırat University, Türkiye Doğuş University, Türkiye
INVESTIGATION OF THE BEHAVIOUR OF RIGID CULVERTS UNDER HIGH FILL	Rana GÜLER ADACA Salih BEKTAŞ	Aksaray University, Türkiye
DETERMINATION OF GRAPHENE NANOPARTICLE EFFECTS ON ADHESIVE JOINTS	Feremez YÜCE Edip ÇETKİN	Batman University, Türkiye
INVESTIGATION OF THE MECHANICAL BEHAVIORS OF AA5754 ALLOY JOINED USING NANOPARTICLE, IN DIFFERENT PROPORTIONS INTO EPOXY ADHESIVE	Mustafa SARUHAN Edip ÇETKİN	Batman University, Türkiye
All participants must join the conference 10 minutes before the session time. Every presentation should last not longer than 10-12 minutes. Kindly keep your cameras on till the end of the session.		





CONTENT

CONGRESS ID	I
SCIENTIFIC COMMITTEE	II
PHOTO GALLERY	III
PROGRAM	IV
CONTENT	V

Author	Title	No
Emre BİRİNCİ	WOOD'S PLACE IN CONSTRUCTION: A SUSTAINABLE BUILDING MATERIAL	1
Elif DEMİRKAN Asena SOYLUK	FIRE AFTER EARTHQUAKE	2
Eda Esin ERDOĞAN Fuat DEMİR	AN EVALUATION FOR SEISMIC ISOLATION SYSTEMS	9
İsmail Kaan KESKİN Fatih Kürşat FIRAT	GROUND PROBLEMS IN HISTORICAL STRUCTURES	18
Z. Özlem PARLAK BİÇER Esma KARAKOYUN YAŞAR	PROJECT MANAGEMENT AND PLANNING ACTION IN THE CONSTRUCTION SECTOR	30
Serkan ÜLKER Muammer GAVAS	EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF INCREMENTAL FORMING OF ALUMINIUM SHEET Al-2024	43
Ezgi Bilge ARSLAN Süleyman Kamil AKIN	VALUE ANALYSIS OF KONYA PROVINCE, SELÇUKLU DISTRICT KONYA PROVINCE, SELÇUKLU DISTRICT, FERİTPAŞA NEIGHBORHOOD, 13217 PARK 1, ACCORDING TO THE MOST EFFICIENT AND BEST USE PRINCIPLE	64
Ezgi ÖRKLEMEZ Serhan İLKENTAPAR Uğur DURAK Burak UZAL Okan KARAHAN Cengiz Duran ATİŞ	THE EFFECTS OF USING DIFFERENT TYPES OF BORON MINERALS IN SUSTAINABLE HYBRID GEOPOLYMER MORTARS ON MECHANICAL PROPERTIES	66
Abdullahı Nur BARKHADLE Serhan İLKENTAPAR Uğur DURAK Okan KARAHAN Cengiz Duran ATİŞ	INVESTIGATION OF PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF LIGHTWEIGHT GEOPOLYMER MORTARS WITH PUMICE AGGREGATE BELONGING TO KAYSERİ REGION	69
Mustafa KAYA Erçin GÜRSEL Şule Bakırcı ER	THE EFFECT OF AGGREGATE TYPE ON THE RELATIONSHIP OF ABRASION RESISTANCE-COMPRESSIVE STRENGTH IN HIGH STRENGTH CONCRETE	71
Mustafa KAYA Erçin GÜRSEL Şule Bakırcı ER	THE EFFECT OF AGGREGATE TYPE ON THE RELATIONSHIP OF HARDNESS-COMPRESSIVE STRENGTH IN HIGH STRENGTH CONCRETE	72
M. Cihat TUNA Ayça AYTAÇ	A CASE STUDY FOR BOTANIC PARK AND WASTEWATER PLANT	73
Rana GÜLER ADACA Salih BEKTAŞ	INVESTIGATION OF THE BEHAVIOUR OF RIGID CULVERTS UNDER HIGH FILL	81



Feremez YÜCE Edip ÇETKİN	DETERMINATION OF GRAPHENE NANOPARTICLE EFFECTS ON ADHESIVE JOINTS	83
Mustafa SARUHAN Edip ÇETKİN	INVESTIGATION OF THE MECHANICAL BEHAVIORS OF AA5754 ALLOY JOINED USING NANOPARTICLE, IN DIFFERENT PROPORTIONS INTO EPOXY ADHESIVE	90



WOOD'S PLACE IN CONSTRUCTION: A SUSTAINABLE BUILDING MATERIAL

Emre BİRİNCİ

Kastamonu University, Faculty of Forestry, Department of Forest Industrial Engineering, Kastamonu, Türkiye

ORCID ID: 0000-0003-0727-1789

ABSTRACT

Wood material has been used in construction since the early ages of humanity. Wood material stands out due to its various advantages compared to other building materials. Wood is considered as a sustainable construction material because it is a natural and renewable material, does not require energy-intensive production processes, is recyclable and has low carbon emissions.

Wood can be used in both traditional and modern architectural styles to build various structures. Detached houses, wooden bridges, gazebos and garden furniture etc. can be given as examples of small-scale wooden structures. Examples of large-scale wooden structures are multi-storey residences, commercial buildings, bridges, etc. Wood material can be used in structural elements of the building, floors, roofs, claddings and interiors.

Wood material is a renewable material, unlike other building materials such as steel and concrete, which are widely used in the construction industry. On the other hand, another reason why wood material is preferred in the construction sector is its thermal properties. Wood material is a natural insulator. It can help regulate the building's temperature and lower energy costs. In addition, wood has a lower carbon footprint than other building materials, as it requires less energy for processing and transportation, and because it is a natural carbon store. Compared to other building types, the environment is less polluted during the construction of wooden structures. Wood, a renewable and natural material, does not release toxic or environmentally harmful substances during construction. Various types of wood, each with its own special characteristics, are widely used in the construction industry.

Softwoods such as pine and spruce are commonly used for structural purposes due to their strength and being economical compared to other wood species. Hardwoods such as oak and maple are often used for flooring, furniture and decorative purposes due to their durability and aesthetic appearance. In addition to solid wood materials, laminated wood materials such as plywood, CLT, PSL, LVL etc. are also used in the construction industry.

In order for wooden structures to have a long service life, they should be subjected to appropriate conservation processes and regularly maintained. Treatment of wood with various impregnation chemicals can help protect structures made of these materials against decaying and insect damage. Regular maintenance and repair can help extend the life of wooden structures. It is known that there are many historical wooden structures that have been properly maintained and repaired and have been standing for hundreds of years.

Keywords: Wood, Building material, Sustainable material, Construction

DEPREM SONRASI YANGINLAR FIRE AFTER EARTHQUAKE

Elif DEMİRKAN

*Yüksek Lisans Öğrencisi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı,
Yenimahalle, Ankara, Türkiye*

Asena SOYLUK

*Doç. Dr., Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, Yenimahalle, Ankara,
Türkiye*

ÖZET

Türkiye tarihsel süreçte iklim özellikleri ve coğrafi konumu sebebiyle çok sayıda doğal afet olayıyla karşı karşıya kalan bir ülkedir. Bu afetler sonucunda ciddi miktarlarda can ve mal kayıpları meydana gelmiştir. Deprem, ülkemizi tehdit eden doğal afetlerden biridir. Ülkemiz sınırları içerisinde geçen aktif fay hatları bulunduğu için, deprem afetiyle karşı karşıya kalınmaktadır. Deprem afeti sonucunda ikincil afetlerin (yangın, sel, tsunami vb.) yaşanması sıklıkla meydana gelmektedir. Deprem afetinin doğurduğu sonuçlar, depremin sebep olduğu ikincil afetlerle birleştiğinde daha tehlikeli hale gelmektedir. Özellikle büyük ölçekli kamu binaları, hastaneler gibi mimari olarak karmaşık iç ortamlara sahip yapılarda ikincil afet riski fazladır. Bina sakinlerinin binayı güvenli bir şekilde tahliye etmesi ve acil durum ekiplerinin yangınla mücadele etmesine olanak sağlayabilmek için binaların depreme karşı yapısal tasarım gerekliliklerini karşılamasının yanı sıra, belirli bir minimum süre boyunca deprem sonrası yangına dayanacak şekilde tasarlanması gerekir. Ayrıca, yangının yayılmasını önlemek için yangından korunma sistemlerinin hasarını mümkün olduğunca en aza indirmek gerekmektedir. Bu yangınların meydana gelmesi ve büyümesinin engellenmesinin yanı sıra afetler sonrası normal yaşamın devamlılığının sağlanması da önem arz etmektedir. Bu çalışmada ülkemizde önemli bir tehlike oluşturan deprem afetinin sonucunda açığa çıkan yangınlar incelenmiştir. Dünyada ve ülkemizde meydana gelen bazı deprem olayları örneklendirilmiş, bu depremler sonucunda açığa çıkan yangınların etkileri araştırılmıştır. Yakın zamanda yaşanan 6 Şubat Depremi sonrasında yaşanan yangınlar incelenerek ikincil afetlere karşı hazırlıklı olmanın gerekliliği vurgulanmıştır.

Anahtar kelimeler: Doğal Afetler, Deprem, Yangın, Deprem Sonrası Yangınlar

ABSTRACT

Turkey is a country that has faced many natural disasters due to its climatic characteristics and geographical location in the historical process. As a result of these disasters, serious losses of life and property occurred. Earthquake is one of the natural disasters threatening our country. Since there are active fault lines passing through the borders of our country, earthquake disasters are frequently encountered. As a result of an earthquake disaster, secondary disasters (fire, flood, tsunami, etc.) often occur. The consequences of an earthquake disaster become more dangerous when combined with the secondary disasters caused by the earthquake. Particularly in buildings with architecturally complex interior environments such as large-scale public buildings and hospitals, the risk of secondary disasters is high. In order to allow occupants to evacuate the building safely and to allow emergency teams to fight the fire, buildings must be designed to withstand post-earthquake fire for a specified minimum period of time, as well as meet seismic structural design requirements. In addition, it is necessary to minimize the damage of fire protection systems as much as possible to prevent the spread of fire.

In addition to preventing the occurrence and growth of these fires, it is also important to ensure the continuity of normal life after disasters. In this study, the fires that emerged as a result of the earthquake disaster, which constitutes a significant danger in our country, were examined. Some earthquake events that occurred in the world and in our country were exemplified, and the effects of the fires that emerged

as a result of these earthquakes were investigated. The fires experienced after the recent February 6 Earthquake were examined and the necessity of being prepared for secondary disasters was emphasized.

Keywords: Natural Disasters, Earthquake, Fire, Post-earthquake Fires

1. GİRİŞ

Ülkemizde doğal afetler sıklıkla yaşanmaktadır. Ekonomik, fiziksel, sosyal sorunlara sebep olan, günlük hayattaki akışı durdurarak veya kesintiye sebep olarak toplulukları etkileyen ve etkilenen topluluğun kendi kendine üstesinden gelemeyeceği, doğal, teknolojik veya insan kaynaklı olayların sonuçlarına afet denilmektedir. (Özey, 2006; Ergünay, 2007). Yani doğal, insan kökenli veya teknolojik bir olayın sonucunun afet olabilmesi için, insanlar ve insanların yaşadığı yerleşmeler üzerinde zararlara sebep olması, bu zararların yerel imkan ve kaynaklarla üstesinden gelinememesi ve insan faaliyetlerini bozarak veya kesintiye uğratarak bir yerleşme birimini etkilemesi gerekmektedir. Afetin büyüklüğü, bir olayın meydana getirdiği yaralanmalar, can kayıpları, yapılardaki hasarlar ile yol açtığı sosyal, çevresel ve ekonomik kayıplarla ölçülmektedir. (Ergünay, 2009). Deprem afeti tarihsel süreçte ülkemiz için önemli bir sorun teşkil etmektedir ve her daim hazırlıklı olmayı gerektirmektedir. Deprem afeti sonrasında deprem kaynaklı yaşanabilecek ikincil afetler de depremin kendisinden daha büyük etkilere sebep olabileceği için öncesinde hazır olmayı gerektirmektedir.

2. DEPREM SONRASI YANGIN KAVRAMI

İnsanlar doğal afet tehlikesi ile yıllar boyu sıklıkla karşı karşıya gelmiş, büyük kayıplar yaşamıştır. Deprem afeti, tek başına yıkıcı sonuçlar yaratmasının yanı sıra, tetiklediği ikincil afetlerle birleşerek daha büyük zararlara sebebiyet vermiştir. Teknolojinin gelişmesi, yapılarda yeni malzeme kullanımı gibi durumlar afetlerin zararlı etkilerinin artmasına neden oldu. Bu zararlı etkiler, ikincil tehlikeler ortaya çıktığında daha da tehlikeli hale gelmektedir ve afetlerin ikincil tehlikeleri tetiklediği yaygın olarak görülmeye başlanmıştır. İkincil tehlikeler, büyük bir afet veya acil bir durumdan sonra meydana gelen acil durumlar olarak tanımlanmaktadır. (Binder ve Sanderson 1987; Young ve ark. 2004). Yangınlar sıklıkla karşılaşılan deprem sonrası ikincil tehlikelerdir. (Pu ve Zlatanova, 2005). Tarihte daha önce yaşanan bazı olaylar, ikincil afetlerin yol açtığı hasarın yaşanan afetin kendisinden daha önemli olabileceğini göstermiştir (Charles 2003). Bir depremden sonra çıkan yangınların meydana gelmesi, olası bir tasarım senaryosu olarak yeterince dikkate alınması gereken yaygın bir durumdur. Aslında depremden zarar gören yapıların yangındaki davranışı hasarsız olanlara göre değişir çünkü depremin neden olduğu hasar, yapıyı yangın etkilerine karşı daha savunmasız hale getirir. Depremden farklı ölçüde zarar görmüş yapıların yangın altında performansla dayalı bir yaklaşımla sağlamlık değerlendirmesi yapılması gerekmektedir. (Beatrice ve ark. 2011)

Özellikle büyük ölçekli kamu binaları hastaneler, okullar gibi yapılarda, mimari açıdan komplike çözümler, farklı türde malzemeler, çeşitli tehlikeli içeriklere (patlayıcı maddeler) sahip olduğundan bahsedilen etkiler daha da büyük problemler yaratabilir. (Ayhan, 2012). Tehlikeli maddeler, bir afet sonrasında daha fazla yaralanma ve ölüme neden olabilir. Bir afet sırasında daha zararlı hale gelerek insan sağlığını tehdit edebilir veya patlama yangın gibi durumlar oluşturabilir.

Deprem sonrası yangınlar ciddi kayıplara neden olabilir. Bu kayıplar bazen, binaların çökmesi ve yaşamsal faaliyetlerin bozulması gibi depremin neden olduğu doğrudan hasarlardan kaynaklanan toplam zararlardan daha ağır basabilir. Deprem sonrası yangınların şiddetini birçok faktör etkiler. Yangın çıkan mahallerde bulunan yanıcı maddelerin türü ve yoğunluğu, hava koşulları, su sistemlerinin yeterliliği ve iyi organize olunması deprem sonrası yangınların şiddetini ve verdiği zararları etkiler. Deprem sonrası genellikle güçlü yer sarsıntılarının ötürü kentsel yangınlar meydana gelebilir. Güçlü sarsıntılar yapılara ve altyapılara zarar verir. Deprem sonucunda elektrik sistemleri, gaz sistemleri, devrilme gibi nedenlerle birçok yangın meydana gelebilir. Yapılarda ise elektrikli aletler, ısıtma ekipmanları veya yanıcı maddeler yangını meydana getirebilir. Ek olarak, gaz şebekesi ve boru hatları gibi hasarlı altyapı elemanları ve hasarlı elektrik iletim hatları da yangına neden olabilir. Bu yangınların bir kısmı binadaki kullanıcılar tarafından söndürülür ve çok fazla zarara neden olmaz. Bazı yangınlar ise ortamdaki yanıcı maddelerin türü, inşaat malzemesi, rüzgarın yönü ve hızı vb. nedenlerle yayılarak büyük kentsel yangınlara dönüşebilmektedir. Ayrıca yangınla mücadele faaliyetleri de yangının yayılmasını doğrudan

etkileyen önemli bir faktördür. İtfaiyenin müdahalesi ne kadar gecikirse, yangın o kadar fazla yayılır. İtfaiye birimleri genellikle dar sokaklar, çöken binalar nedeniyle kapalı yollar, itfaiye istasyonlarının hasar görmesi ve itfaiyecilerin yaralanması vb. nedenlerle yangına müdahale etmekte güçlük çekmektedir. İtfaiyeciler yangını söndürmek için yüksek basınçlı su ve kimyasal maddelere ihtiyaç duymaktadır. Şiddetli depremler su ana hatlarına ve boru hatlarına zarar verir. Su sistemleri genellikle kesintiye uğrar ve bu kesintiler, yangına müdahaleyi zorlaştırarak su basıncının düşmesine neden olur. Şiddetli depremler, etkilenen bölgedeki iletişim sistemlerine de zarar verir. Haberleşme sistemleri yangına müdahalede önemli bir role sahiptir. İtfaiyecilerin merkezi bir itfaiyeden farklı yangınlara sevk edilmesi, itfaiyecilerin aynı yangına müdahale etmesini engeller ve zaman tasarrufu sağlar. (Yıldız, 2013)

2.1. Dünyada ve Türkiye'de Deprem Sonrası Yangın Olayları

2.1.1. 1906 San Francisco Depremi – ABD

San Francisco Depremindeki Büyük Yangın Amerika Birleşik Devletleri'nin California eyaletinde 1906 yılında meydana gelmiştir. 508 yapının (4.7 mil kare) yanmasına sebep oldu. 1906 San Francisco depreminden sonra yangından kaynaklanan kayıp, yer hareketinden kaynaklanan kayıp 10 katı olduğu tahmin edilmiştir. (Scawthorn ve Chen, 2003). Şiddetli rüzgarların beslediği yangın fırtınaları, San Francisco'da üç gün boyunca devam etti ve yaşanan kayıp çoğuna da yangın neden oldu. ABD'deki San Francisco Depremi 12 km²'lik bir alanı etkilemiş ve 28000'den fazla binanın yıkılmasına neden olmuştur. Tahmini ölüm sayısı 3000'in üzerindedir ve tahmini ekonomik kayıp 1906 yılında yaklaşık 250 milyon ABD Dolarıdır. Depremi takip eden ilk 17 dakika içinde öncelikle kandillerin, gaz sobalarının, kazan ve ocakların devrilmesi, bacaların çökmesi ve alevlerin yanıcı maddelerle teması sonucu meydana gelen 66 adet yangın bildirilmiştir (Strand, 2006). San Francisco Depremi sonrası çıkan yangınların yıkıcı etkileri, dikkatleri ikincil tehlikelerin (yani deprem sonrası yangınların) taşıdığı risklere çekmektedir. Şehrin her yerinde, bazıları doğrudan depremden, bazıları dolaylı olarak çıkan yangınların, itfaiye araçlarının ve cihazlarının erken seferber edilmesini engellediğini bildirdi. Yaşanılan bu durumla birlikte bölge halkının çoklu bir afete hazırlık ve müdahale yeteneği geliştirmesi ve sürekli tetikte olması gerektiği açığa çıkmıştır. Bu ders, özellikle, bir depremin ardından büyük bir yangın riski taşıyan, ABD'nin batısı ve Japonya gibi ahşap binaların çok sayıda yer aldığı deprem riski taşıyan bölgelerin hepsi için aynı durum söz konusudur.



Resim 1. San Francisco Fire Sacramento Street (URL-1)

2.1.2. 1923 Büyük Kanto Depremi – Japonya

Büyük Kanto Depremi Japonya'da 1923 yılında meydana gelen ve 575000'den fazla binayı yıkan büyük kayıplarla sonuçlanan bir çoklu afet olayıdır. Deprem bölgesinde ahşap yapılar büyük çoğunlukta yer aldığından yaşanan kayıpların %77'si deprem sonrası yangın ve patlamalardan kaynaklanmıştır (Usami, 1996). Depremden sonra toplam 98 deprem sonrası yangın rapor edilmiştir. Japonya Sosyal İşler Bürosu'na göre, 142.000 ölümden 100.000'inin yangın veya duman solunmasından kaynaklandığı tahmin edilmiştir. Büyük Kanto Depremi sonucunda çıkan yangın Tokyo ve Yokohama'ya büyük hasarlar verdi. Ölümlerin yaklaşık 100.000 olduğu ve 40.000 insanın da kayıp olduğu tahmin ediliyor. Ortaya çıkan yangınlarda yüzbinlerce kişi evsiz kalmıştır. Tokyo'yu kasıp kavuran büyük bir yangın fırtınası, şehrin kalan binalarının üçte ikisini yok etti ve binlercesini yaktı. (Kobayashi, 1985).



Resim 2. Kanto Earthquake Fire (URL-2)

2.1.3. 1994 Northridge Depremi – ABD

ABD'deki 1994 Northridge Depremi, ikincil tehlikelerin ana felaketten daha ciddi hasarlara yol açtığı başka bir çoklu afet durumudur. Northridge Depremi ile ilgili olarak 57 ölüm, 9000'den fazla yaralanma ve 20 milyar ABD dolarından fazla hasar rapor edilmiştir (Borden, 1996). Bu depremi izleyen yangınların başlıca nedenleri gaz ve elektrik kaçaklarıdır. Felaketi takip eden ilk 27,5 saatte 158 bina yangın ihbarı yapmıştır (Strand, 2006).

Yapılan birtakım çalışmalar yangın olaylarının %22,2'sinin tehlikeli koşullardan, %10,1'inin ise tehlikeli madde ve kimyasallardan kaynaklandığını göstermektedir (Borden, 1996). Japonya'daki 1923 Büyük Kanto Depremi'ne benzer şekilde Northridge Depremi ile ilgili bu verilere bakıldığında ikincil tehlikelerin etkilerini azaltmak için bu tehlikelerin nedenlerine karşı önlem alınması gerektiği açığa çıkmıştır.



Resim 3. Northridge Earthquake Fire (URL-3)

2.1.4. 1999 17 Ağustos Depremi – Türkiye

Depremler, tarih boyunca ülkemizde sismik, topoğrafik ve iklimsel karakterleri nedeniyle önemli ölçüde can ve mal kaybına neden olmuştur. 17 Ağustos 1999 depremi ve sonrasında çıkan yangın modern ve sanayileşmiş bir alanda meydana gelen en büyük afet olaylarından biridir. 1999 depremi sonrasında yaşanan Tüpraş Yangını, deprem sonrası ikincil afetlerin birçok ortak yönü olduğunu ortaya çıkarmaktadır. (Okutan, Çavuş,2012) Deprem sonrasında çıkan bu yangın dört günlük bir mücadele sonunda 300 personelin çalışmasıyla birlikte, büyük miktarda ekipman kullanılarak söndürülmüş ve 80 milyon dolar hasara neden olmuştur. Yangının deniz kıyısında bulunan bir tesiste meydana gelmesi nedeniyle, denizden su sağlanabildiği, iç kesimlerde ya da dağlık arazilerde yaşanabilecek bir afetin çok daha büyük kayıplara neden olacağı anlaşılmıştır. Bütün bunlara ek olarak; bu yangına sebep olan durumlar arasında, yangının söndürülmesinde yaşanan aksaklıklar da vardır. Söndürme çalışmaları

sırasında, yaşanan durumun yarattığı şok organizasyon eksikliğine neden olduğu anlaşılmıştır. (Yenigün, 1999)



Resim 4. 17 Ağustos Depremi Sonrası Yaşanan Tüpraş Yangını (URL-4)

2.1.5. 6 Şubat Depremi – Türkiye

6 Şubat 2023 tarihinde Doğu Anadolu Fayı üzerinde 110 bin kilometrekarelik alanda etkili olan, aralarında 9 saat olan iki büyük deprem meydana gelmiştir. 7.7 büyüklüğündeki ilk deprem, saat 04.17’de 8.6 km derinlikte gerçekleşmiş olup, depremin merkez üssü, yaklaşık olarak Gaziantep’in 40 km kuzey batısında ve Kahramanmaraş’ın 33 km güney doğusunda bulunmaktadır. 06 Şubat 2023 Tarihinde Ekinözü-Kahramanmaraş merkez üssünde yerel saat ile 13:24’de aletsel büyüklüğü $M_w=7.6$ olan çok şiddetli bir deprem daha meydana gelmiştir. Depremin odak derinliği yaklaşık 5 km civarında olup sığ odaklı bir depremdir. Deprem Güneydoğu Anadolu, Doğu Anadolu İç Anadolu ve Akdeniz Bölgelerini kapsayan geniş bir alanda hissedilmiştir. Hatay, Kahramanmaraş, Adıyaman, Malatya, Gaziantep, Elazığ, Osmaniye, Şanlıurfa, Diyarbakır, Kilis ve Adana olmak üzere toplam 11 ilde meydana gelen depremler sonucu önemli miktarda yıkım ve hasar gelmiştir. Kayseri ilinde de yıkım yaşanmamasına rağmen çeşitli miktarlarda yapı hasarları gözlemlenmiştir. Yaklaşık 50 bin vatandaşımız hayatını kaybederken, 130 bin kişi yaralanmıştır. 120 binden fazla bina ise tamamen yıkılmış veya ağır hasarlı olarak tanımlanmıştır. (Müge, K.ve ark.,2023).

6 Şubat Depremi sonrasında bir yangın afeti yaşandı. Yangın, İskenderun'un Karayılan Mahallesi'nde bulunan limanda meydana geldi. Merkez üssü Kahramanmaraş olan depremler sonrası konteyner devrilmesinden kaynaklı yangın çıktı. (Kırmacı, 2023).



Resim 5. 6 Şubat Depremi Sonrası Çıkan İskenderun Limanı Yangını (URL-5)

3. SONUÇ

Deprem sonrası yaşanan yangın afeti, binalarda ve yaşamsal yapılarda hasara sebep olan önemli bir durumdur. Ülkemiz bu afetlerle sıklıkla mücadele etmektedir. Bu nedenle, çoklu afet durumlarına her daim hazır olunması gerekmektedir. Yapısal tasarım şartlarını karşılamamanın yanında, yapıların arzu edilen performans seviyesi için gerekli olan belirli bir süre boyunca deprem sonrası yangın afetine dayanabilecek şekilde tasarlanması gerekir. Bu süre, bina kullanıcılarının binayı güvenli bir şekilde tahliye edebilmesine ve yangınla mücadele ekiplerinin müdahale edebilmesine olanak sağlayacaktır. Ayrıca, yangının yayılmasını önleyebilmek için de gerekli hazırlıkların afet öncesi tamamlanmış olması gerekmektedir. Depremde zarara uğrayan yapıların yangın afeti durumunda nasıl davranacağı düşünülmesi gereken önemli bir konudur. Bunun sebebi deprem kaynaklı meydana gelen hasar, yapıyı hasarsız yapıya göre yangının yaratacağı problemlere karşı daha zayıf hale getirmektedir. Deprem afetinden sonra yangınlar çıkabilir ve bu durum büyük felaketlere yol açabilmektedir. Aslında, yangınların yapılar ve insan yaşamı üzerindeki olumsuz etkileri, depremin kendisi ile karşılaştırılabilir ve hatta ondan daha önemli olabilir. Ayrıca, bir depremin hemen ardından yangın çıkmaması halinde dahi yangın çıkma olasılığı devam etmektedir. Yapıyı etkileyen gecikmiş yangınlar da dikkate alınması gereken konular arasındadır. Bunun nedeni, depremin bir yapısal sistem üzerindeki olası sonucunun, yangından korunma sistemlerinin arızalanmasına neden olması ve olası deprem kaynaklı hasar nedeniyle yapısal yangın performanslarının kötüleşmesidir.

Bir depremin ardından çıkan büyük yangınlar, kentsel alanlarda genellikle yıkıcı boyutlarda zararlara sebep olmuştur. Binaların sahip oldukları belirli yapısal özellikler, elektrik veya gaz kabloları, yakıt depoları, hava koşulları birleşerek, depremden sonra çıkan yangın hasarının daha kötü sonuçlar yaratmasına sebep olabilir. Ayrıca, deprem sebebiyle yangından korunma sistemleri kırılabilir, ya da olası deprem kaynaklı hasar nedeniyle yapısal yangın performansları büyük ölçüde düşebilir. Tarihsel süreçte yaşanan deprem sonrası yangınların çoklu afetlerin büyük yıkımlara ve can kayıplarına sebep olduğunu gözler önüne sermiştir. Deprem sonrası yangınlar için gerekli önlemler alınmalı ve her daim hazırlıklı olunmalıdır.

KAYNAKLAR

Ayhan, M. (2012). *A model-based Guidance And Vulnerability Assessment Approach for Facilities Under The Threat of Multi-hazard Emergencies*, Yüksek Lisans Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara

Beatrice F, M. Mazzolani M, (2011). Fire After Earthquake Robustness Evaluation And Design: Application to Steel Structures. *Journal of Steel Construction*, 4(3), 183.

Binder, S. and Sanderson, L. M. (1987). The Role of the Epidemiologist in Natural Disasters, *Annual Emergency Medicine*, 16, 1081-1084.

Borden, F.W. (1996). *The 1994 Northridge Earthquake and the Fires That Followed*. 13th Meeting of the UJNR Panel on Fire Research and Safety, 303-312

Charles, S. (2003). "Fire Following Earthquakes", *Earthquake Engineering Handbook*,

Çavuş, G. ve Okutan, A. (2012). Deprem Sonrası Ortaya Çıkabilecek Orman Yangınları; Peyzaj Mimarlığı Alanında Alınabilecek Pasif Önlemler. *Ormanlık Dergisi*, 20-33.

Ergünay, O. (2009). Afet Yönetimi: Genel İlkeler, Tanımlar, Kavramlar, Ankara, 2009.

Ergünay, O. (2007). Türkiye'nin Afet Profili. TMMOB Afet Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 5-7 Aralık 2007, İMO Kongre ve Kültür Merkezi, 1-14, Ankara.

İnternet: San Francisco Fire Sacramento Street URL-1: http://en.wikipedia.org/wiki/File:San_Francisco_Fire_Sacramento_Street

İnternet: URL-2: http://aboutjapan.japansociety.org/content.cfm/kanto_earthquake_fire >



- İnternet: URL-3: <http://www.americanprogress.org/issues/green/news/2010/08/06/>
- İnternet:URL-4: <http://aktuel.mynet.com/galeri/haber/yuzyilin-depremleri/5478/137843>
- İnternet:URL-5: <https://edergi.santiye.com.tr/398/#p=75>
- Kırmacı, G. Deprem Sonrası Yangınlar. Şantiye Dergisi, (398), 72-73
- Kobayashi, M. (1985). “Urban Post-Earthquake Fires in Japan”, *Proceedings of U.S.- Japan Workshop on Urban Earthquake Hazards Reduction*, 121-133.
- Müge, K.ve ark. (2023). 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş Depremlerinde (Mw 7.7 ve 7.6) Adana İl Merkezinde Oluşan Bina Hasarları ve Yıkımlarının Jeolojik Koşullar ile Olan İlişisine Yönelik Ön Değerlendirme Raporu, 1-2
- Pu, S. and Zlatanova, S. (2005). *Evacuation Route Calculation of Inner Buildings*.
- Scawthorn, C. and Chen, W.-F. (2003), “Earthquake Engineering Handbook”
- Scawthorn, C., Eiding, J. M., Schiff, A. J.: Fire following earthquake. ASCE Publications. 2005.
- Strand, C. L. (2006,Nisan). *One Hundred Years of Experience with Gas Systems and Fires Following Earthquake*. Eight National Conference on Earthquake Engineering, San Francisco, USA.
- Usami, T. (1996). *List of Damaging Japanese Earthquake*. University of Tokyo, Tokyo Pres, Japan.
- Yenigün, O. (1999). Deprem Bir Çevre Felaketidir. *Çevre Teknolojisi Dergisi*, (21), 5-6.
- Yıldız, S. (2013). *Development of a Fire Following Earthquake Function for Hazturk Software*, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- Young, S., Balluz, L. and Malilay, J. (2004). Natural and Technologic Hazardous’ Material Releases During and After Natural Disasters: a Review. *Science of the Total Environment*, (322), 3-20.

DEPREM YALITIM SİSTEMLERİ İÇİN BİR DEĞERLENDİRME AN EVALUATION FOR SEISMIC ISOLATION SYSTEMS

Eda Esin ERDOĞAN

*Yüksek Lisans Öğrencisi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat
Mühendisliği, Isparta, Türkiye*

ORCID ID: 0000-0003-1389-849X

Fuat DEMİR

*Prof. Dr., Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği, Isparta,
Türkiye*

ORCID ID: 0000-0001-6726-3831

ÖZET

Deprem yalıtımı; depremin olumsuz etkilerinden korunmak, var olan mevcut binalar üzerinde herhangi bir yapısal hasar oluşumunu önlemek üzere geliştirilen bir sistemdir. Deprem yalıtım cihazları bir diğer adıyla sismik izolatörler binanın direkt olarak zeminle bağlantısını keserek binaya zeminden aktarılan deprem kuvvetinin yapı içerisine azaltılarak aktarılmasını sağlamak amaçlı tasarlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda ilk hedef bina periyodunun artırılmasıdır. Yönetmelikteki tasarım ve kontrol parametrelerini sağlayacak şekilde tasarımlar yapılmaktadır.

Bu çalışma kapsamında deprem yalıtım cihazlarının genel olarak tasarım esaslarından bahsedilerek kurşun çekirdekli kauçuk deprem yalıtım sistemi ile deprem yalıtımlı hale getirilen binanın hem ankastre olarak tasarlandığı modeli hem de deprem yalıtımlı olarak tasarlandığı modelinin SAP2000 programı kullanılarak karşılaştırması yapılmış ve sonuçlar bulunarak değerlendirilmiştir. Aynı zamanda deprem yalıtımı uygulanmış binaların yapısal davranışı üzerine bir inceleme yapılmıştır.

Anahtar kelimeler: Deprem, deprem yalıtımı, deprem yalıtım araçları

ABSTRACT

Seismic isolation; it is a system developed to protect from the negative effects of earthquakes and to prevent any structural damage on existing structures. Seismic isolation devices, also known as seismic isolators, are designed to disconnect the structure directly from the ground and to ensure that the earthquake force transferred from the ground to the structure is reduced and transferred into the structure. In line with this purpose, the first target is to increase the structural period. Designs are made to meet the design and control parameters in the regulation.

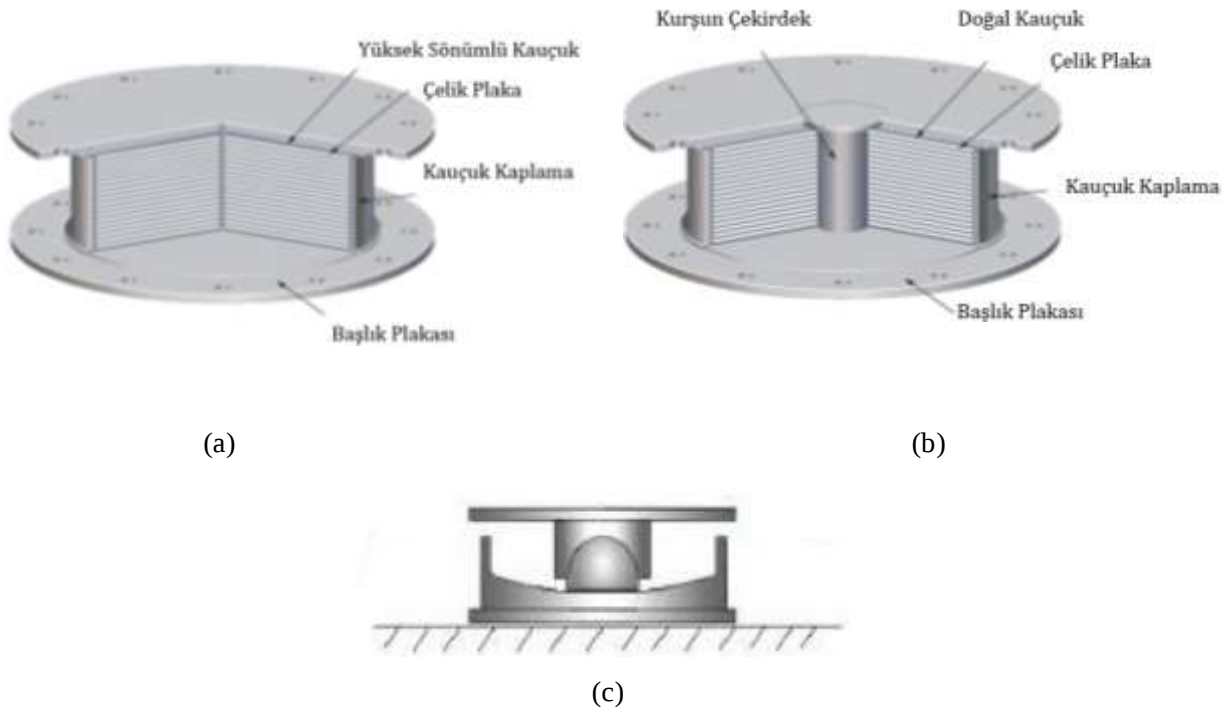
Within the scope of this study, the general design principles of seismic isolation devices were mentioned, and a comparison of both the built-in model of the building with the lead core rubber seismic isolation system and the seismic isolated building and the model in which it was designed with seismic isolation were made using the SAP2000 program, and the results were presented. A review of its structural behavior is presented.

Keywords: Earthquake, seismic isolation, seismic isolation tools

GİRİŞ

Deprem, yer kabuğunda bulunan aktif fay hatlarının beklenmedik bir anda kırılmasıyla açığa çıkan enerji sonucunda oluşan deprem dalgaları ve bu dalgaların yeryüzünü sarsması olayıdır. Yeryüzüne ulaşan deprem dalgaları insanların yaşamsal faaliyetlerini güvenle sürdürebilmek üzere inşa

edilen binaları etkilemektedir. Binalara ulaşan deprem dalgaları zemin ve temel yoluyla yapı elemanlarına aktarılır. Oluşan deprem dalgaları binaya ulaşana kadar geçtiği zeminlerin türüne bağlı olarak büyüme ya da sönümlenme gibi gelişmeler göstermektedir. Nihai olarak binaya ulaşan deprem kuvvetleri betonarme olarak tasarlanmış bir binada yapının taşıyıcı elemanı olan kolon kiriş perde gibi elemanları tarafından tüketilmesi esası dayalı olarak depremin atlatılması planlanmaktadır. Taşıyıcı elemanlar kapasiteleri gelen deprem kuvvetini karşılayabilecek yeterlilikte değilse yapısal hasarlar oluşmaya başlar. Kabul edilebilir düzeyde kontrollü hasar durumlarının da aşılması söz konusu ise yapı çökme durumuna geçerek oluşabilecek en kötü senaryo gerçekleşmiş olmaktadır. Deprem yalıtımı olarak adlandırılan kavram ise binaya zeminden aktarılan deprem kuvvetlerinin direkt olarak binaya ulaşmasını engellemek esasına dayalı olarak geliştirilmiş bir yöntemdir. Bina ile zemin arasına yerleştirilecek yalıtım cihazları ile bu amaç gerçekleştirilebilmektedir. Deprem yalıtım cihazları, deprem mesnetleri, sismik izolatörler olarak isimlendirilen bu araçlar yatay rijitliği oldukça az, düşey rijitliği ise binanın hesaplanan kombinasyonlar sonucu belirlenen ağırlığını karşılayabilecek kadar rijit olarak tasarlanmaktadır. Sismik izolatörler sayesinde binaya aktarılan deprem kuvveti azaltılmış ve böylece bina deprem sırasında herhangi bir hasar almayarak güvenle depremi atlarmış olur. Sismik izolatörler yapının periyodunu arttırarak gelen deprem kuvvetinin azaltması düşüncesi üzerine geliştirilmiş ve buna ek olarak zeminden iletilen deprem kuvvetinin bir miktarının sönümlenmesi de söz konusu olmuştur. Bu sönümlenme oranı tasarlanan izolatörün özelliklerine ve türüne bağlı olarak farklılık göstermektedir. Kauçuk esaslı sistemler, kayma esaslı sistemler, kauçuk - kayma karma sistemler ve yay tipi sistemler olmak üzere 4 tip sismik izolatör bulunmaktadır ve şekil 1 de izolatör türleri gösterilmektedir. Bu izolatör türlerinin tasarımı adımları hepsi için ortak olan kısımlar haricinde kullanılan malzeme ve çalışma prensipleri bakımından farklılık göstermektedir. Yönetmelik esaslarına bağlı olarak tasarlanan her bir izolatör belirlenen güvenlik kontrollerini sağlamalıdır. Bir bina deprem yalıtımlı olarak inşa edilebileceği gibi mevcut olan binalar için de eğer uygun koşullar mevcutsa yapı zemin kat kolonları alt ya da üst uçarı arasına sismik izolatörler yerleştirilerek mevcut bir bina da deprem yalıtımlı hale getirilebilir.



Şekil 1. (a) Yüksek sönümlü kauçuk izolatör, (b) kurşun çekirdekli kauçuk izolatör, (c) sürtünme sarkaç tipi izolatör [9]

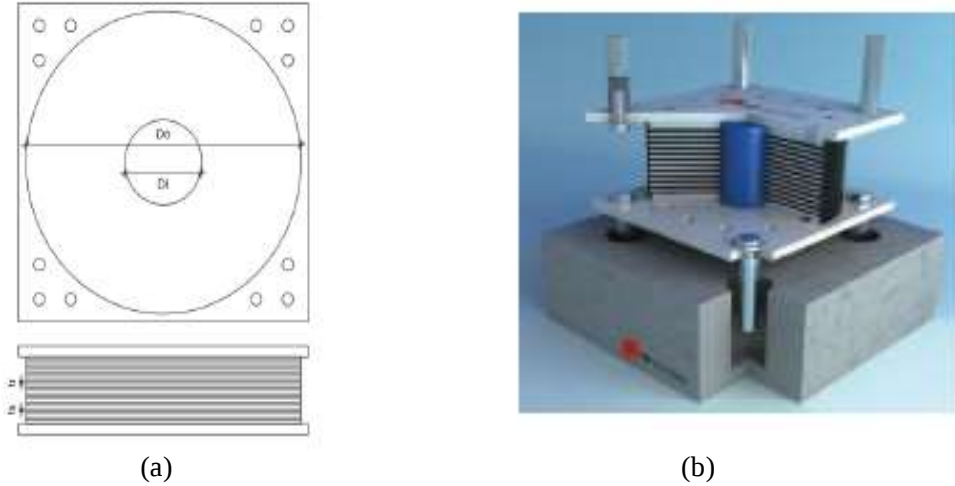
ARAŞTIRMA VE BULGULAR

Deprem yalıtımlı olarak inşa edilecek bir bina tasarlanmaya başlandığında bina ilk olarak zemine ankastre olarak tasarlanmalı ve binanın periyot değeri ile ağırlığı belirlenmelidir. Bina ağırlığına bağlı olarak her bir kolon eleman üzerindeki eksenel yükler belirlenir ve en büyük yük tasarımda dikkate

alınmaktadır. Bu değerler belirlendikten sonra binanın inşa edileceği zemin sınıfı, en yakındaki fay hattına olan mesafesi, sismik bölge faktörü, sismik kaynak tipi gibi parametreler belirlenerek tasarım işlemlerine başlanmaktadır. Hedef periyot, sönüm ve yerdeğiştirme sınırları seçilerek tüm kontrol parametrelerini sağlayacak şekilde süneklik esasına dayalı sismik izolatör tasarımı yapılmaktadır. Tasarımı gerçekleştirilen ve kontrolleri sağlanan izolatörler tasarım için kullanılan paket programa tanımlanarak bina kolon altlarına uygun şekilde yerleştirilir ve analiz gerçekleştirilir. Analiz sonucu bulunan periyot değerleri, sismik izolatörün yerdeğiştirme miktarı gibi parametrelerde belirlenen koşullara uygunsa ve izolatör histeresis alanı yeterli ise deprem yalıtımı doğru bir şekilde tasarlanmış olarak kabul edilebilmektedir. Analiz için kullanılacak olan malzemelerin mekanik özellikleri tedarikçiden temin edilmektedir.

Bu çalışma kapsamında kauçuk esaslı sistemlere dahil olan kurşun çekirdekli kauçuk sismik izolatörlerin tasarımı ve bu tür sismik izolatörler ile deprem yalıtımı sağlanmış bir binanın SAP2000 programında analiz edilmesi ile elde edilen sonuçların aynı binanın zemine ankastre olarak inşa edilmesi ile elde edilen sonuçlar ile karşılaştırması yapılarak sonuçlar sunulmuştur.

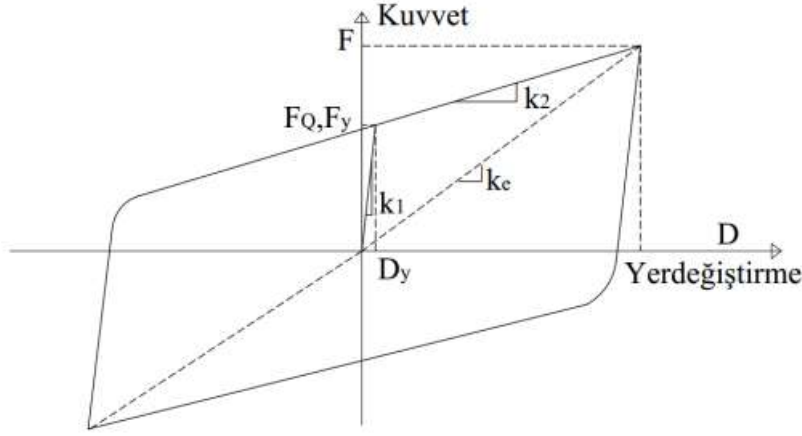
Kurşun çekirdekli kauçuk yalıtkanlar, çelik levhaların arasına dizilmiş doğal kauçuk levhalardan oluşmaktadır; dış tarafta yalıtkanla ulaşan eksenel yüke dayanabilecek daha kalın iki plaka vardır ve Şekil 2’de gösterilmektedir.



Şekil 2. (a) Kurşun çekirdekli kauçuk izolatör enkesiti, (b) Kurşun çekirdekli kauçuk izolatör [13]

Her bir yalıtım sistemi dikey rijitlik ve etkili yatay sönümleme sağladığından, doğrusal olmayan bir izolatörün davranışını sertlik ve etkili sönümleme yoluyla yeterince temsil edebilir. Yalıtılmış sistemin kabul edilebilir bir davranışa sahip olduğunu doğrulamak için, yalıtım sisteminin üç boyutlu karakterizasyon periyodunu içermesi ve yalıtkanların mekansal dağılımını temsil etmesi gereken tam bir matematiksel model gereklidir. Kurşun çekirdekli izolatörlerin modellenmesi için kauçuğun ana enerji dağıtma mekanizması histeretiktir, yani kuvvet-sapma eğrisi doğrusal olmayan bir histerezis oluşturur, bu da rastgele bir şarj ve deşarj dizisi oluşturur. [9]

Şekil 3 de verilen şematik eğri, yük sapma eğrisi üzerindeki tepe noktalarını birleştiren çizgidir. Aynı şekilde kuvvetin işaretlerinin tersi altında elde edilen eğriye de histerezis eğrisi denir; bu eğri, malzemelerden ve yapısal tipten önemli ölçüde etkilenir.



Şekil 3. Bir sismik izolatörün çift doğrusal histeresis modeli [11]

Şekil 3 de verilen grafikte $F_Q = F_y$ karakteristik dayanım veya etkin(elastik) akma dayanımını, k_1 başlangıç rijitliğini, $k_2 = k_d$ ikincil (akma sonrası) rijitliği, k_e D yerdeğiştirmesine karşı gelen etkin rijitliği, F D yerdeğiştirmesine karşı gelen kuvveti, D_y etkin akma yerdeğiştirmesini temsil etmektedir.

Bu model, elastik ve akma olmak üzere iki sertliği dikkate alır; boşaltma ve ters yükleme eğimleri elastik aşamadakilerle aynıdır, bu modeldeki enerji dağılımı şekil değiştirmelere bağlı olarak değişir, yani yüksek genlikli şekil değiştirmeler için çok fazla enerji kaybı vardır. Bununla birlikte düşük genlikler için histeretik enerjinin dağılması dikkate alınmaz.

Sismik izolatörün çift doğrusal modelini tanımlayan parametreler;

Bir sismik izolatörün çift doğrusal histeresis modelini geliştirmek için üç temel parametrenin tanımlanması gerekir.

1. Etkin(elastik) rijitlik k_1
2. Akma sonrası rijitlik $k_2 = k_d$
3. Karakteristik dayanım F_Q

Elastik rijitlik k_1 , elastomerik destekler üzerinde testler yapılarak bir histeresis döngüsünden veya kurşun çekirdekli desteklerde akma sonrası sertliğin bir katı olarak tahmin edilebilir, buna $k_2 = k_d$ denir. Akma sonrası rijitlik k_d , deneysel testlerle tahmin edilebilir.

Karakteristik dayanım F_Q , kauçuk mesnetlerde üretilen histeretik bir döngüden de tahmin edilebilir. Kurşun çekirdek destekleri için F_Q , kurşunun akma geriliminden elde edilebilir.

Etkin rijitlik k_e , bir histerezis döngüsünde bulunabilir ve bir yalıtıkanda maksimum yer değiştirmeyi üreten maksimum kuvvet olarak tanımlanır.

Şekil 2'den aşağıdaki ifadeler çıkarılabilir:

- Akma dayanımı

$$F_y = F_Q = k_1 * D_y \quad (1)$$

- Maksimum güç

$$F_{max} = F_y + k_2 * D_{max} \quad (2)$$

Burada D_{max} , yalıtkanın maksimum tasarım yer değiştirmesini temsil eder.

- Akma sonrası rijitlik

$$k_d = k_2 = (F - F_y)/D \quad (3)$$

• Rijitlik Etkisi

$$K_e = \frac{F_{max}}{D_{max}} \quad (4)$$

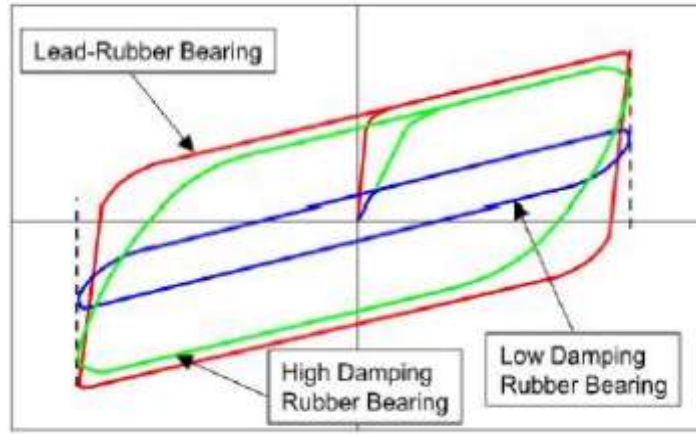
$$K_e = \frac{F_y + K_d + D_{max}}{D_{max}} \quad (5)$$

$$K_e = K_d + \frac{F_y}{D_{max}} \quad (6)$$

• Sönümlleme faktörü

$$B_{ef} = \frac{\text{izolatör histerik alanı}}{2\pi + K_1 D^2_{mqx}} \quad (7)$$

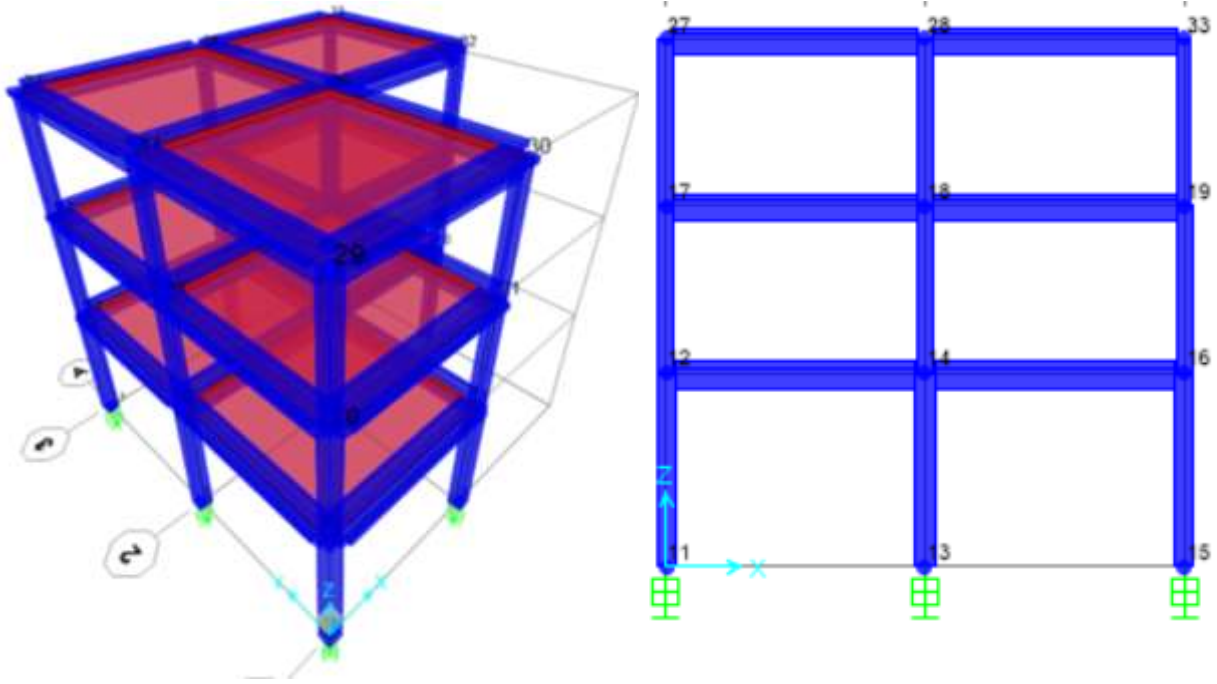
Histerik diyagramı belirlemek için öncelikle binanın yalıtım sistemi üzerindeki toplam ağırlığın belirlenmesi gerekmektedir. Yalıtım levhasının ve izolatörlerin ağırlığı da bu yüke dahil edilmektedir. Kauçuk esaslı sistemler; düşük sönümlü(HDRB), yüksek sönümlü(LDRB) ve kurşun çekirdekli(LRB) kauçuk izolatörler olmak üzere üç farklı türe sahiptir. bu üç türün en önemli farklılığı histeretik çevrimleridir. Şekil 4 de kauçuk esaslı izolatör çeşitlerinin histeratik çevrimleri verilmektedir.



Şekil 4. Kauçuk esaslı izolatör çeşitlerinin histeratik çevrimleri[9]

Örnek Bina, İzolatör Tasarımı Ve Analiz

Örnek olarak incelenecek bina üç katlı iki açıklıklı toplam ağırlığı (G+nQ) 1973 kN, bir kolon üzerine gelen en büyük eksenel kuvvet 550 kN'dur. Binanın üç boyutlu tasarımı, ve xz düzlemindeki bir kesiti şekil 5'te gösterilen bina dikkate alınmıştır[5]. Binaya özel olarak tasarımı yapılan izolatör SAP2000 programında yapının zemin kat kolon alt uçlarına yerleştirilerek bina deprem yalıtımlı hale getirilmiş ve analiz edilmiştir. Analiz sonuçları karşılaştırmalı olarak sunulmuştur.



Şekil 5. Deprem yalıtımı uygulanmış binanın üç boyutlu ve kesitsel görünüm

Tasarım hedef periyodu 1.7 sn, kauçuk yatağın maksimum kayma gerilmesi $\gamma_{max} = \%50$, etkili sönüm oran $\xi_{eff} = \%10$ ve bu sönüme karşılık gelen sönüm katsayısı 1.2'dir. Kurşun çekirdekli izolatör tasarım adımları takip edilerek gerekli işlemler yapılmış ve kontrol sınırlarını sağlayan izolatör tasarlanmıştır. Tasarlanan izolatörün mekanik özellikleri Tablo 1 de verilmektedir.

Tablo 1. Kurşun çekirdekli izolatörün mekanik özellikleri

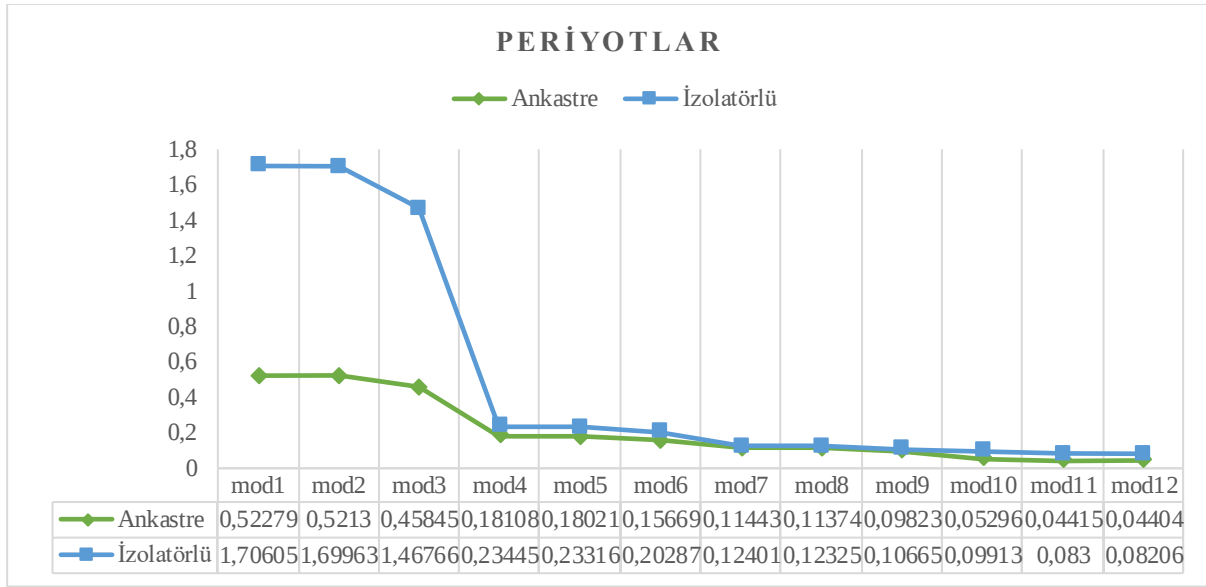
İZOLATÖR MEKANİK ÖZELLİKLERİ		
Kv	düşey rijitlik(kN/m)	192587.4112
Keff	efektif rijitlik(kN/m)	457.3093578
K1	elastik rijitlik(kN/m)	1119.319786
Fy	akma dayanımı(kN)	103.2456684

SONUÇ

Yapılan analizler sonucunda:

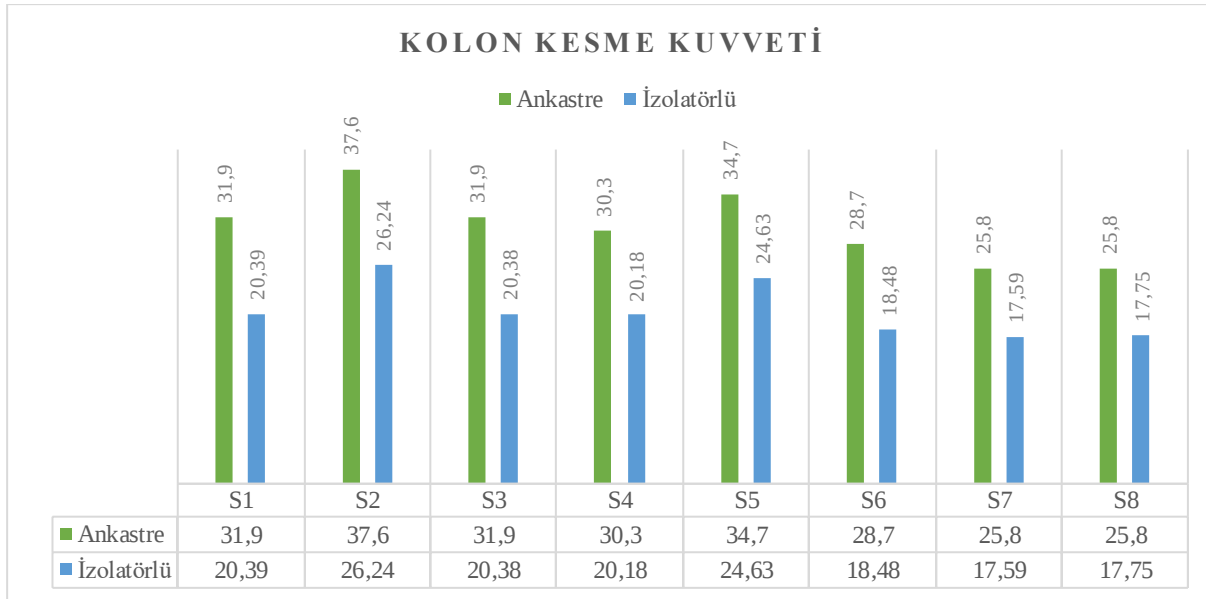
- Binanın periyot değişimi:

Tablo 2. Ankastre ve deprem yalıtımlı binanın periyot değerleri



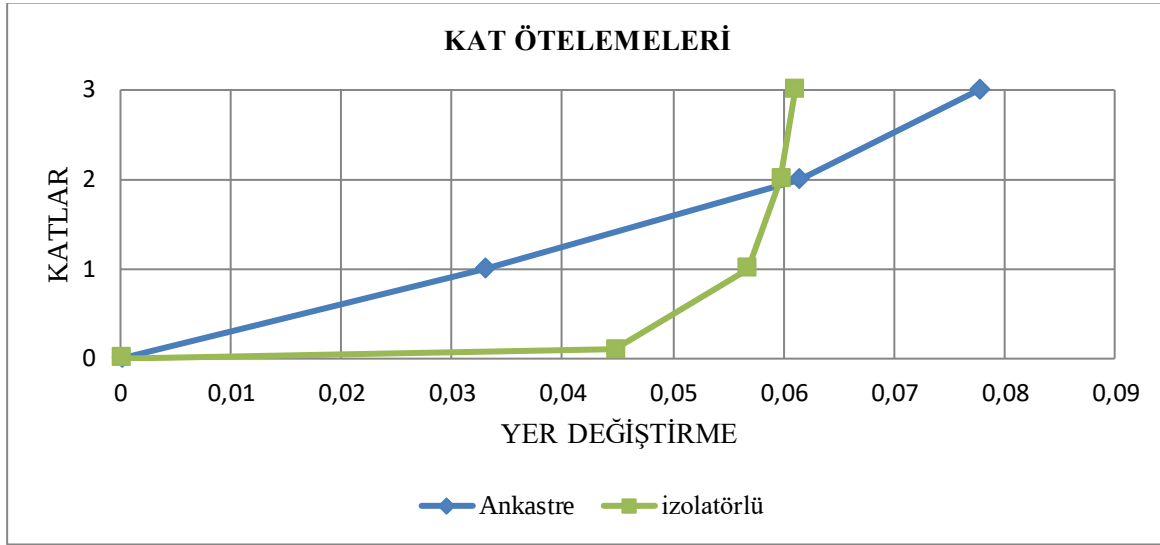
➤ Binaya gelen kolon kesme kuvvetinin değişimi:

Tablo 3. Ankastre ve deprem yalıtımlı binanın kolon kesme kuvvetleri



➤ Binanın kat ötelemeleri değişimi:

Tablo 4. Ankastre ve deprem yalıtımlı binanın kat ötelemeleri



- Binanın ankastre durumundaki hakim periyodu deprem yalıtımlı tasarım yapıldığında 3.2 kata kadar çıktığı,
- Kütle katılım oranlarının ankastre mesnetli binalara göre deprem yalıtımlı binalarda daha yüksek olduğu,
- Ankastre mesnetli binanın kesme kuvvetleri deprem yalıtımlı olarak tasarlandığında yaklaşık 1.5-2 katına kadar azaldığı,
- Zemine ankastre binanın deprem yalıtımlı durumuna göre moment kuvvetlerinin değerleri yaklaşık olarak 1,5 katı kadar olduğu,
- Yalıtımlı binanın kiriş kesme ve moment değerleri ankastre mesnetli binanın değerlerinden daha az olduğu görülmektedir.
- Kat öteleme değerinin zemine ankastre binada zemin katta 0'dan başlayarak artış gösterdiği, deprem yalıtımlı yapıda zemin katta en büyük yerdeğiştirme ve üst katlar arasında oldukça az yerdeğiştirme olduğu görülmektedir.

Karşılaştırma sonuçları değerlendirildiğinde; binanın deprem yalıtımlı halinin yalıtımsız zemine ankastre olarak tasarlanan modeline göre deprem performansının üst düzeyde olduğu, deprem yalıtım sisteminin binaya etki eden deprem kuvvetini azalttığı ve bu sayede kesitleri zorlayan kesme ve moment kuvvetlerinin azaldığı, yalıtım düzeyinde deprem anında oluşan yerdeğiştirme ve sürtünme ile deprem kuvvetlerinin bir miktar sönümlendiği, yalıtım sistemi üzerindeki binanın katlar arası yerdeğiştirmelerinin oldukça az olduğu, gözlemlenmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Alhan, C., Öncü-Davas, S.,(2016), “Performance limits of seismically isolated buildings under nearfield earthquakes”, Elsevier, 116, 83–94.
- [2]American Society of Civil Engineers (ASCE) FEMA-356, (2000),“Prestandard and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Building Rehabilitation”.
- [3] Baştuğ, B. K.,(2004) ,“Yapı sistemlerinde depreme karşı sismik izolatör kullanılması”, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi.

- [4] Baker, J.W., Cornell, C.A.,(2005), “A Vector-Valued Ground Motion Intensity Measure Consisting of Spectral Acceleration and Epsilon”, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 34(10), 1193-1217.
- [5] Celep, Z., (2018), “Betonarme Yapılar”. Beta Basım Yayım Dağıtım A.Ş., 828s, İstanbul.
- [6] Celep, Z., (2018), “Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı”. Beta Basım Yayım Dağıtım A.Ş., 758s, İstanbul.
- [7] Cheng, F., Jiang, H., Lou, H., (2008), “London. Smart Structures: Innovative Systems for Seismic Response Control.” Crc Press.
- [8] Naeim F., Kelly J.M., (1999), “Design of seismic isolated structures: from theory to practice”, John Wiley & Sons.
- [9] Özer, E., (2022), “Geleneksel ve Taban İzolatörlü Betonarme Binaların Sismik Davranışlarının Karşılaştırılması”, Doktora Tezi, Pamukkale Üniversitesi.
- [10] Özer, E., İnel, M., (2021), “ The Effect of Seismic İsolation on Performance of a Residence Building”, *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences*, 27(3), 304–312.
- [11] Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, (TBDY-2018), “ Türkiye Cumhuriyeti Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı Deprem Dairesi Başkanlığı”, Ankara.
- [12] Türkiye Deprem Risk Haritası, (2018), “Türkiye Cumhuriyeti Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı Deprem Dairesi Başkanlığı”, Ankara.
- [13] URL-1<<https://volkanatabey.com.tr/deprem-izolatoru-nedir-sismik-izolasyon-neden-onemlidir//>>
Ziyaret tarihi: 05.06.2023

TARİHİ YAPILARDA GÖRÜLEN ZEMİN PROBLEMLERİ GROUND PROBLEMS IN HISTORICAL STRUCTURES

İsmail Kaan KESKİN

*Aksaray Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi,
İnşaat Mühendisliği Bölümü, Merkez, Aksaray, Türkiye*

Fatih Kürşat FIRAT

*Doç. Dr., Aksaray Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Merkez, Aksaray,
Türkiye*

ÖZET

Yığma yapılar bir çerçeve sisteme sahip olmayan ve ana taşıyıcı elemanı duvarlar olan yapılardır. Bu yapılarda, her birim kendine düşen yükü sonraki elemana aktarır ve yükün dolaylı yoldan zemine iletilmesini sağlar. Tarihi yığma yapılar, gevrek malzemelerden oluştuğu için, zeminde meydana gelen küçük bir oturma tüm sistemi etkiler. Tarihi yapıların zeminden kaynaklanan problemlerinin çoğu oturma kaynaklı olmaktadır. Oturmaların başlıca nedenleri; taşıyıcı sistemde yapılan değişiklikler, zeminde meydana gelen ayrışmalar ve kaymalar, yapı çevresinde yapılan kazı çalışmaları, temel kazıklarının çürümesi, deprem, yer altı su seviyesinin değişmesi, trafik ve diğer insan faktörleri olarak sıralanabilir. Bu çalışmada tarihi yapılarda yaygın olarak görülen zemin problemleri anlatılacaktır.

Anahtar kelimeler: tarihi yapılar, zemin problemleri, kültürel miras

ABSTRACT

Masonry structures are the structure without a load-bearing frame system and the main carrier element is the walls. In masonry structures, each unit transfers its own load to the next unit, and this allows the load to be transferred to the ground indirectly. Since historical masonry structures are made of fragile materials, even the smallest settlements on the ground affects the whole system. The majority of the problems arising from the ground of historical structures are caused by settlement. The main reasons for settlements are as follows; changes to the carrier system, separation and slippage in the ground, excavations around the structure, rotting of foundation piles, earthquake, changes of the groundwater level, traffic and other human factors. In this study, the ground problems encountered extensively in historical structures were explained.

Keywords: historical structures, ground problems, cultural heritage

1.GİRİŞ

İnsanlar, tarih boyunca barınma, ibadet, eğlence vb. ihtiyaçlarını karşılamak için pek çok yapı inşa etmiştir. Bu yapıların pek çoğu yığma yapılardan oluşur. Yığma yapılar gündelik etkilere karşı dayanıklı olsa da deprem vb. beklenmedik dış etkilere karşı önemli ölçüde savunmasızdır. Tarihi yapıları korumak ve gelecek kuşaklara aktarmak bireysel ve toplumsal sorumluluğumuzdur. Tarihi yapıların korunmasını sağlamak için de tarihi yapı davranışını iyi anlamak gerekir. Tarihi yığma yapıların deprem davranışını üzerine pek çok çalışma yapılmıştır. Mendes ve Lourenço (2014) yığma yapıların sismik performansını en çok etkileyen parametrelerin tespiti ve deprem davranışı hakkında çalışmıştır. Özmen ve Sayın (2020) tarihi bir yığma köprüünün sismik davranışının değerlendirilmesi üzerine çalışmalar yapmıştır. Vlachakis vd. (2020) 2017 yılında meydana gelen ve Midilli Adasını vuran depremin yığma yapılara olan etkisini ve hasara sebep olan etkilere incelemiştir. Bayraktar vd. (2022) güçlü sismik sarsıntılar altında yığma kubbelerin davranışını incelemiştir.

Ayrıca hasar görmüş tarihi yapılarda güçlendirme teknikleri üzerine de pek çok çalışma yapılmıştır. Triantafillou ve Fardis (1997) yığma yapıların geri dönüşümlü bir şekilde fiber takviyeli kompozit malzemelerle güçlendirilmesi üzerine çalışmalar yapmıştır. Sesigur vd. (2007) tarihi yığma yapılara yapılacak onarım ve güçlendirme tekniklerinin aslına uygun ve geri dönülebilir olması konusunda çalışmalar yapmıştır. Fırat ve Eren (2015), Zampieri (2020) hasarlı kemerlere FRP (Fiber Takviyeli Polimer) kullanarak yapılmış güçlendirme tekniklerini deneysel olarak incelemişlerdir.

Bazı araştırmacılar da tarihi yığma yapılarda kullanılan bağlantı elemanları hakkında da çalışmalar yapmıştır. Koçak (2013) yığma duvarlarda kayma dayanımının artırılması amacıyla farklı bağlantı elemanlarının kullanılması ile ilgili çalışmalar yapmıştır. Uslu (2013) tarihi yığma yapılarda kullanılan bağlantı elemanlarının deneysel metotlarla incelenmesi hakkında çalışmalar yapmıştır. Ural vd. (2016) yığma yapılarda kemerlerin ve kemerlerin dayandığı sütunların sağlamlığını sağlayan rot adı verilen ahşap veya demir gergi elemanlarının değiştirilme tekniklerinin uygulanabilirliği hakkında çalışmalar yapmıştır. Bir diğer çalışma da Fırat ve Kayabaşı (2022) bu gergi elemanlarının yığma yapının genel davranışını üzerindeki etkisini incelemiştir.

Ayrıca tarihi yığma yapılarda temel ve zeminle ilgili de nispeten az da olsa bazı çalışmalar yapılmıştır. Fırat vd. (2020) tarihi yapıların temel sistemlerinin güçlendirilmesi üzerine çalışmalar yapmıştır. Tralli vd. (2020) yığma yapılarda temel oturmalarının etkisinin modellenmesine yeni bir yaklaşım izleyen bir çalışma yapmıştır. Yığma yapılar üzerine yapılan araştırmaların çok fazla olmasına karşın, zemin özellikleri hakkında çalışma çok fazla bulunmamaktadır. Bu çalışmanın amacı tarihi yığma yapılarda görülen zemin problemlerini daha iyi anlamaktır.

2. TARİHİ YAPILARDA GÖRÜLEN ZEMİN PROBLEMLERİ

Tarihi yığma bir yapı incelenirken ilk yapılması gereken yapının temel sistemi ve zemin durumunun belirlenmesidir. Zemin durumu incelendikten sonra yapıda oluşmuş ve oluşması olası çatlakların sebepleri daha iyi anlaşılabilir. Tarihi yapılarda zemin problemleri büyük ölçüde yapı inşa edildikten hemen sonra ya da bir süre sonra ortaya çıkmaktadır. Zemin, yapılarda görülen problemlerden bir kısmının kaynağını teşkil eder. Yapıda ve yapının yakın çevresinde ani ve önemli bir değişiklik olmadığı sürece, yıllarca sağlam kalmış bir yapının temel zemininde son yıllarda bir sorun çıkma olasılığı oldukça düşüktür. Dünyada bir simge haline gelmiş en ünlü yapılardan biri olan Pisa Kulesi zemin kaynaklı bir problem sonucu eğilmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. Pisa Kulesi İtalya

İtalya'nın simgelerinden biri olan Pisa Kulesi 1063-1090 yılları arasında yapılan büyük bir katedralin çan kulesidir. Kulenin yapımı 1173 yılında başlamıştır. Temel derinliği yeterli olmasına rağmen 3. Kat inşaatından sonra kule zemin problemlerinden dolayı güneye doğru eğilmeye başlamıştır. Eğilmenin nedeni, temeldeki yumuşak ve kumlu zeminde oluşan oturma ve çökmelerdir. Bu oturma ve çökmeler yer altı su düzeyinin yüksek olduğu sulak bir zemine inşa edilmiş olmasından kaynaklanmaktadır. Kule her yıl 0.7 milimetre kadar (100 yılda 7 cm) eğilmektedir. Normalde kulenin eğimi $5,5^{\circ}$ kadar çıkmıştır; ancak, 2001 yılında yapılan restorasyon ile 5.5 derece olan açısı 5 dereceye indirilmiştir. Bugün bile kuleyi bir seferde belli sayıda insanın gezmesine izin verilmektedir. (Hıdıroğlu, 2018)

Tarihi yapılarda zeminden kaynaklanan problemler dokuz başlıkta incelenebilir. Bunlar oturma sorunları, yer altı suyunun yapıya etkisi, taşıma gücü sorunu, zemin sıvılaşması, ağaçlar, fiziksel ve kimyasal ayrışmalar, kuraklık, yapıya yakın yapılan kazılar ve trafik, kayma ve çökme sorunlarıdır. Burada yazan sorunlar, yapıyı etkiledikten sonra ekseri çoğunlukla oturmaya neden olsa da farklı başlıklarda incelemekte fayda vardır.

2.1.Oturma Sorunları

Zemin problemlerinden kaynaklanan hasarların büyük çoğunluğu oturma kaynaklıdır. Zeminin yapısına göre oturma süresi değişmektedir. Oturmalar, yüzeydeki yüklerin neden olduğu, zemin içindeki gerilmelerdeki değişiklikler nedeniyle zeminin aşağı doğru hareketi olarak tanımlanabilir. Yatay kuvvetler de oturmalarla neden olabilir. Yapının ağırlığından dolayı olması beklenen oturmalar, yapının stabilitesini ve kullanım ömrünü genellikle tehlikeye sokmaz ve hasar oluşturmaz. Siltli zeminlerde oturmalar birkaç yıl içinde, killi zeminlerde ise altmış yetmiş senelik zaman içinde sonuçlandığı düşünülmektedir (Aköz, 2008; Dabanlı, 2008). Şekil 2'de örnek olarak bir oturma çatlağı gösterilmiştir.



Şekil 2. Oturma Çatlağı (URL-1)

Dış duvarlarda görülen bu tip çatlaklar genelde oturma kaynaklıdır ve çatlak genişliği yukarıdan aşağıya doğru daralarak temele kadar ilerler. Bu tip çatlaklar genellikle yapı büzülebilir killi zemin üzerine inşa edildiğinde ya da sık bir temel kullanıldığında ortaya çıkar. Killi zemin kurduğunda büzülecek ve temelin hareket etmesine olanak sağlayacaktır. Bu tip zemine sahip yapılar büyük oturmalarla hatta çökmelere maruz kalabilir.

Tarihi yapılar uzun yıllar oturmalarla maruz kaldığı için neredeyse tamamı oturmasını tamamlamış durumdadır. Ancak temel kazıklarının çürümesi, yapı çevresinde yapılan kazılar, deprem ve yer altı suyunun alçalıp yükselmesi vb. etkilerle yeni oturmaların olması mümkün olmaktadır. Sürekli ve ayrık temellerde oturma toleransı 2.5-4.0 cm arasındadır. Ayrıca yapının oturmalar sebebiyle yapacağı en büyük eğim de $\tan \alpha = 0.005 B/H$ bağıntısı ile hesaplanır. Bu bağıntıda B temelin küçük kenarı, H ise yapı yüksekliğidir (Çamlıbel, 2000; Dabanlı, 2008; Saraç, 2003).

Son yıllarda tarihi yapılarda görülen oturmalar hakkında çokça yeni hesaplama yaklaşımları geliştirilmeye çalışılmıştır. Özellikle yığma kemer köprülerde yük taşıma kapasitesinin oturma ile doğrusal olarak azaldığı tespit edilmiştir. Akarsu yatağının yön değiştirmesi ile köprülerin temellerinde oyulmalar oluşabilmektedir. Bu oyulmaların artması durumunda bazı oturmalar meydana gelmektedir. Bu oturmalar çatlaklara ve kırılmalara neden olabilmektedir (Ural vd., 2007). Tralli vd. (2020) belli bir oturma seviyesinden sonra kemerin taşıma gücünün tam olarak doğrulanamaz olduğu göstermiştir. Ayrıca başka bir çalışmada (Ural vd., 2016), farklı temel oturmaları yüzünden tarihi kemer köprülerin bağlantı çubuklarında burkulma veya kırılma şeklinde büyük hasarlar olabileceğinden bahsedilmiştir.

Araştırmacılar oturmalarla maruz kalan tarihi yığma yapıların güvenliği ve zemin değerlendirmesi için sayısal araç geliştirmeye devam etmektedir. Oturma nedeniyle oluşan göçme modlarının analizi, modelleme teknikleri ve temel hareketlerine karşı yığma yapı davranışını etkileyen parametreler hala tartışılan bir konudur.

Bir yığma yapının zemin kaynaklı hasarlarının en önemli nedeni oturmalarla oturmalarla bulundukları yere bakılmaksızın tüm yığma binayı etkiler ve bu nedenle ele alınması gereken hayati bir sorundur. Yapıda çatlağa neden olan oturmaları, üniform oturma, eğilme veya yan yatma ve farklı oturma olarak üç bölümde incelemek mümkündür.

2.1.1. Üniform Oturma

Üniform oturma, yapının bulunduğu zeminin, sıkışma sonucunda binanın tamamının paralel olarak oturup düzlem kalması durumuna denir. Oturma sırasında yapının tabanı, düzlem halini korumasına rağmen yapı ilk konumuna paralel kalmazsa çatlaklar oluşabilir. Yapının yeteri kadar esnek ya da

yapının temelının sehimplere karşı koyabilecek kadar rijit olmadığı durumlarda çatlaklar meydana gelebilir (Mahrebel, 2006). Üniform oturma Şekil 3’te temsili olarak verilmiştir.



Şekil 3. Üniform Oturma

2.1.2. Yapının Yan Yatması

Tek taraflı oturmalar, bir yapının bazı kısımlarının ağırlıkları farklı ise, ağır olan kısmın altındaki zeminde fazla sıkışma olacağından, ağır olan tarafla bağlantı halindeki duvarlarda kesme çatlakları oluşabilir. Bu çatlaklar, yapıdaki malzemelerin çekme mukavemetinin durumuna göre farklı şekillerde görülür. Çekme mukavemeti az ise genellikle dikey, büyük olması halinde ise belli bir eğime sahip çatlaklar oluşur, bu çatlaklar oturmanın fazla olduğu tarafa doğru yükselir. Ancak genellikle bu oturma tipinde çatlak oluşumu görülmez. Şekil 4’te tek taraflı düzgün oturma olarak da ifade edilebilecek olan yapının yan yatması gösterilmiştir.



Şekil 4. Yapının Yan Yatması

2.1.3.Farklı Oturma

Farklı oturma, tarihi yapılarda hasar oluşumuna neden olan en sakıncalı oturma şeklidir. Yapı zemini altında olan yerel oturmalar ve temellerin farklı oturması, yapı duvarlarında ve birleşim yerlerinde çatlaklara sebep olabilir. Bu da doğrudan yapının taşıma gücünü etkiler. Şekil 5'te gösterilen yapıda binanın sağ tarafı sol tarafından fazla oturduğu için meydana gelen çatlak gösterilmiştir.



Şekil 5. Farklı Oturma

Farklı oturma katmanlar içeren zemin üzerine bir yapı inşa edildiğinde ortaya çıkar. Bu nedenle, yapının farklı alanları farklı şekillerde oturma eğilimi gösterebilir. Bu da farklı elemanlarda farklı çatlakların oturmasına sebep olabilir. Farklı oturmaların fazla olduğu durumlarda yapı tamamen göçebilir.

2.2.Yer Altı Suyunun Yapıya Etkisi

Yumuşak zeminlere yapılan yapılarda, yer altı suyunun alçalıp yükselmesi yapıda hasara neden olabilir. Yeraltı su seviyesinin alçalması sonucu, suyun içinde yüzen tanelerin ağırlıkları yükseleceğinden, alttaki zemin katmanlarına ilave yük iletir. Oluşan bu ilave yük sebebiyle yapı tekrar oturmaya başlayabilir. Bu oturmaların derecesine göre yapıda hasar oluşabilir (Aköz, 2008; Saraç, 2003). Ayrıca yer altı su seviyesinin alçalması durumunda, kuruyan zemin katmanlarında rötre meydana gelir. Bu durumda özellikle killi zeminlerde, fazlaca hacim küçülmesi olacağından, oturmalar daha büyük boyutlara ulaşabilir.

Yer altı su seviyesinin yükselmesi durumunda ise, zeminde boşluk azalacağından, zemin doygun hale gelir. Bu durumda zemin yumuşar, zeminin kayma direnci düşer. Zeminin kayma direncinin azalması ile taşıma gücü azalır. Taşıma gücünün azalması ile ek oturmalar gerçekleşebilir ve yapıda hasar meydana gelebilir (Aköz, 2008; Dabanlı, 2008; Saraç, 2003).

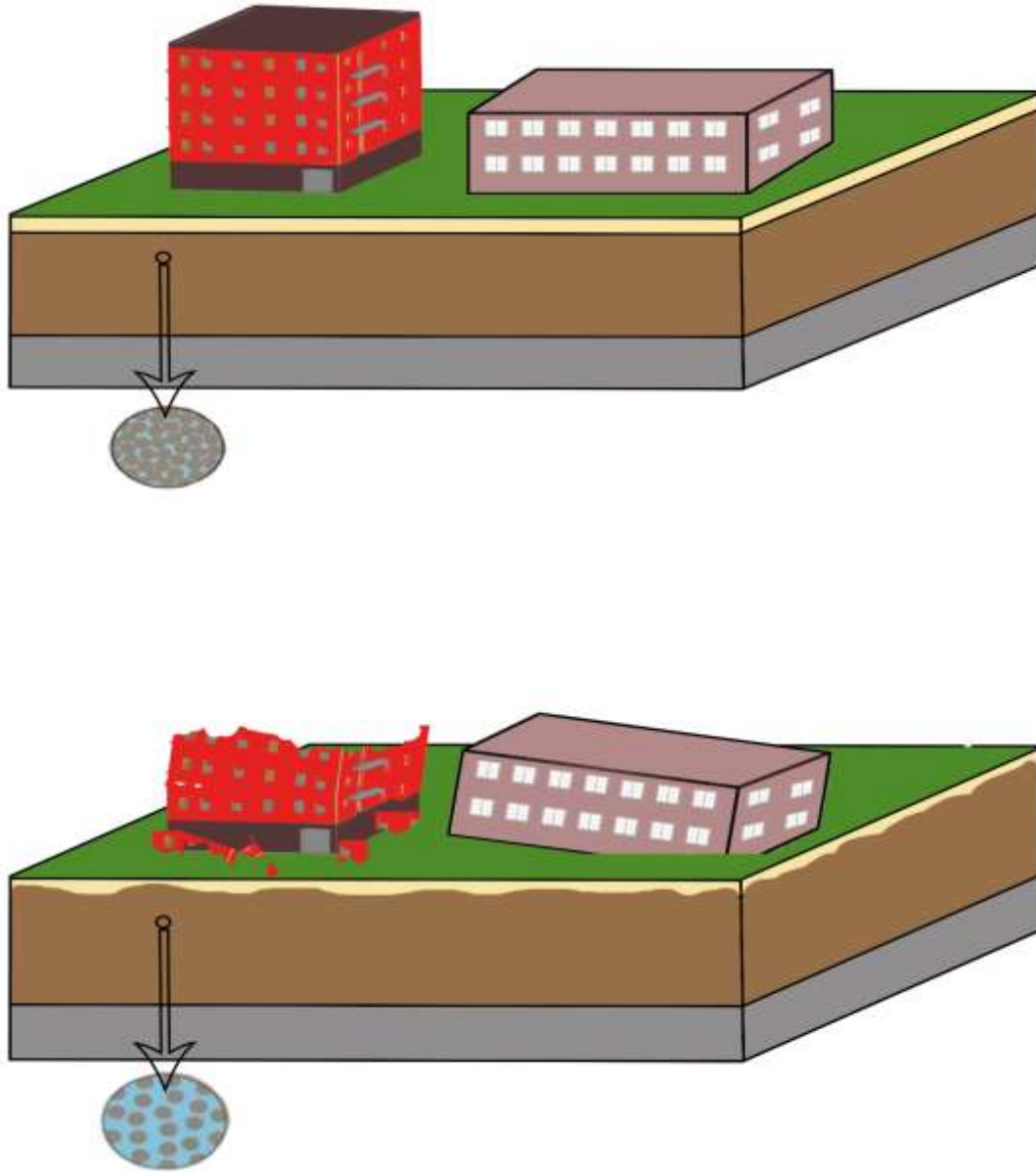
2.3.Taşıma Gücü Sorunu

Her zeminin taşıyabileceği maksimum bir yük vardır. Bu miktarların aşılması sonucunda, zemin hareketleri, hatta göçmeler yaşanabilir. Bilhassa kohezyonsuz zeminlerde, zeminin taşıma gücünden fazla yapılan yükleme sonucunda, zemin göçmeleri meydana gelir. Bu nedenle kohezyonsuz zeminlerde göçme durumu göz önüne alınarak temel boyutlandırması yapılmalıdır (Aköz, 2008; Dabanlı, 2008; Saraç, 2003).

Zeminden ya da temele yakın yerlerden geçen ve sonradan yapılmış tesisatlarda herhangi bir sızıntı olması durumunda, bir süre sonra zemin doygun hale gelebilir ve yük taşıma yeteneklerini ciddi şekilde zayıflatabilir. Kuru ve sert zemin, yumuşak ve suya doygun zeminden daha iyi bir taşıma gücüne sahiptir.

2.4. Zemin Sıvılaşması

Zemin sıvılaşması, deprem anında zeminde boşluk suyu basıncının artması nedeniyle zeminin kesme mukavemetinde görülen ani düşme olarak tanımlanabilir. Zemin sıvılaşması, yeraltı su seviyesinin altında kalan tabakaların belirli bir süre için mukavemetini kaybederek, katı yerine sıvı gibi hareket etmeleridir. Bilhassa kil barındırmayan kum ve siltli zeminler sıvılaşma potansiyeline sahiptir. Deprem dalgaları, suya doymuş taneli zeminlerden geçerken, boşluk ve tane yerleşim düzeninin farklılaşmasına, tanelerin sıkışmasına ve yerleşmesine neden olur. Bu olay sırasında su, taneler arasından geçemezse, boşluk suyu basıncı artar ve bu durum yukarıda bulunan tabakaların ağırlığına benzer bir seviyeye ulaşır, tabaka geçici olarak sıvı gibi davranır (Şengöz, 2019). Zemin sıvılaşması, olağanüstü yıkıcı etkilere neden olan önemli bir konudur. Sıvılaşmış zeminde artan kaldırma kuvveti ve azalan kayma mukavemetinin etkileriyle temellerin yükselmesi ve binanın yan yatması gözlenebilir (Huang ve Yu, 2013). Şekil 6'da zemin sıvılaşmasından sonra gözenekler arası boşluk ve binaların hasar durumu temsili olarak gösterilmiştir.



Şekil 6. Zemin Sıvılaşması Öncesi ve Sonrası Tanecik Yapısı

Yukarıdaki görselde görüldüğü gibi, normalde stabil ve istikrarlı olan zemin taneleri sürtünme etkisiyle birbirine tutunur. Deprem sırasındaki sallanma taneler arası boşluğu artırarak toprağı istikrarsızlaştırır. Yapısını kaybeden zemin sıvı gibi davranır, bu yüzden de bina eğilir ya da batar.

Zemin sıvılaşması yaşanan durumlarda, bina zemine batma ya da daha hafif yapılarda zemin üzerinde hareket ederek yüzme eğiliminde bulunabilir. Sıvılaşarak kayma dayanımı yok olan zeminde, değişen kayma gerilmeleri büyük şekil değiştirmelere neden olabilir ve zemin göçmesi meydana gelebilir. Bu durum ciddi hasarlara yol açabilir.

2.5. Ağaçlar

Yığma yapının yakınında hızlı büyüyen ağaçların köklerinin zeminden çok fazla su alması da yapının oturmasına sebep olabilir. Ayrıca kökleri çok derine inen yaşlı ağaçlar zeminden çok fazla su çekebileceği için yapıya tehlike oluşturabilir. Ağaç köklerinin genişleyip hareket etmesi de zeminde gevşemelere ve harekete neden olabilir. Bu durum zeminden kaynaklı problemlere ve oturmalara sebep olabilir.

2.6. Fiziksel ve Kimyasal Ayrışmalar

Ayrışmaya sebep olan hasarları kimyasal ve fiziksel olarak ayırabiliriz. Dış ortamdan kaynaklanan sülfat etkisi kimyasal etki, donma-çözülme olaylarından kaynaklı etkiler ise fiziksel etki olarak isimlendirilir. Ayrışma ile hasara neden olabilecek kimyasal etkiler daha derin bölgelere etki ederken, donma-çözülme ile oluşan hasarlar daha yüzeyseldir. Bu hasarların olması durumunda ortaya çıkan yoğun çatlama belirtilerinin kimyasal etkileri araştırılmalıdır. Ayrıca sıcaklık değişimleri göz ardı edilmemelidir (Mahrebel, 2006).

2.7. Kuraklık

Sürekli kurak bölgelerde ve aşırı kuru havalarda yığma binanın çevresindeki zemin, binanın altındaki zeminden daha fazla büzülebilir. Bu durumda dış duvarlar dışa doğru eğilme eğilimi gösterebilir. Bu eğilme sonucu iç duvarlarda geliş güzel çatlaklar oluşabilir. Ayrıca yağışlı havalarda zemin şişer ve hareket tersine dönebilir. Zemin yükselir ve düzensiz hale gelir. Bu durumda zemin hareketinden dolayı zeminde çatlaklar oluşabilir.

2.8. Yapıya Yakın Yapılan Kazılar ve Trafik

Yapıya yakın yapılan kazılar yapının altındaki zeminin sıkılığı ve yerini etkileyeceğinden yapıda oturmalara ve ciddi hasarlara yol açabilir. Tarihi yığma yapıya yakın olan karayolundan geçen büyük araçlar yapıda titreşime ve deformasyonlara sebep olabilir. Örnek olarak, Koçak ve Köksal (2010) küçük Ayasofya Camii ile ilgili yaptıkları çalışmada diğer nedenlerin yanı sıra en büyük etkinin yapıya 5 metre uzaklıkta bulunan demiryolu olduğu saptanmıştır. Yapı trenlerin geçiş yaptığı sırada çokça etkilenmektedir.

2.8. Kayma ve Çökme Sorunları

Zeminlerde ani bir kayma ya da zemindeki boşlukların aniden çökmesi sonucu yapıda çok büyük hasarlar meydana gelebilir. Hissedilen depremlerin binalara zarar verdiği zaten bellidir, ancak hissedilmeyen küçük depremler de yer hareketlerine, kayma ve çökmelere sebep olabilir.

3. Tarihi Yığma Yapılarda Zemin Problemleri Sebebiyle Oluşan Çatlaklar

Tarihi yığma yapıların genelde sıvanmış kısımlarında bazen de taş ve tuğla birimlerde görülen kılcal çatlaklar çoğu zaman sadece estetik açıdan sıkıntı olabilir ancak yine de sebebi incelenmelidir. Çünkü daha ciddi bir sorunun belirtisi olabilirler. Yukarıda da anlatıldığı gibi çeşitli sebeplerle oluşan zemin problemleri yapıda oturmaya sebep olur. Bu oturmalar da yapıda çatlaklara sebep olur. Dış duvarlarda görülen daha geniş çatlaklar genellikle oturmaların belirtisidir. Oturmaların sebep olduğu çatlaklar şekil 7’de görüldüğü gibi 3 şekilde incelenebilir.



Şekil 7. Çatlak çeşitleri

Şekil 7 de 1 numara ile gösterilen çatlak farklı oturmaların yoğun olduğu durumlarda çatıdan başlayarak merdiven şeklinde temele kadar ilerleyen çatlağı göstermektedir. Çatlak kapı ve pencere boşluklarından yani binanın daha zayıf olduğu yerlerden ilerleyebilir. Bu tip çatlaklar oturma ve çökme sorunlarının göstergesidir. Bu çatlaklar harç birleşiminin zayıf olduğu durumlarda görülür. Farklı oturmaya maruz kalan yapı zayıf harç yüzünden derz boşluklarından ayrılma yapar.

2 numara ile gösterilen çatlak farklı oturmaların 1 numara ile gösterilen duruma göre daha az ve yine harçların bağlayıcılığının zayıf olduğu durumlarda sadece binanın alt kısmından temele kadar ilerleyen şekilde oluşabilir.

3 numara ile gösterilen çatlaklar harç ya da bağlayıcı maddenin birimleri iyi bir şekilde birleştirdiği durumlarda, yığma birimlerin içinden geçecek şekilde dikey çatlakların oluşmasını göstermektedir.

3.SONUÇ ve ÖNERİLER

Tarihi yapılar eski uygarlıklar hakkında bilgi edinmemizi sağlayan en önemli eserlerdir. Bu yapıların gelecekte de güvenli şekilde ayakta kalmaları önem arz etmektedir. Bu çalışmada tarihi yapılarda görülen ve önemli bir sorun olduğu düşünülen zemin problemlerinden bahsedilmiştir. Ancak tarihi yığma yapılarla ilgili çok fazla çalışma yapılmasına rağmen, tarihi yığma yapıların zemin etkileri yüzünden maruz kaldığı problemler ve çözüm yöntemleri hakkında çalışmalar oldukça azdır. Tarihi yığma yapılarda görülen zemin kaynaklı hasarların büyük bir çoğunluğu oturma kaynaklıdır. Zaman geçtikçe yorulan yapı farklı yerlerinden farklı oturmalar yapar ve bu da taşıyıcı kısım olan duvarlarda çatlaklara sebep olabilir. Temel oturmalarının en önemli sebepleri temelin sığ yapılması ya da zeminin stabil bir yapıya sahip olmamasıdır. Ayrıca yer altı suyunun alçalıp yükselmesi, taşıma gücü sorunu, zemin sıvılaşması, yapıya yakın ağaçlar ve yapılan kazılar, trafik, fiziksel ve kimyasal ayrışmalar, kayma ve çökme sorunları da tarihi yapılarda oturmalar ve zemin problemlerine sebep olabilir. Hasar tespitinden sonra yapılacak olan müdahalelerin de doğru yapılması hayati önem taşımaktadır. Yapının özelliğini kaybetmemesi için yapılacak olan mimari müdahaleler yapının orijinaline minimum şekilde etki etmelidir.

KAYNAKLAR

Aküz, A. H., 2008. Deprem etkisi altındaki tarihi yığma yapıların onarım ve güçlendirilmesi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

- Bayraktar, A., Hökelekli, E. ve Yang, T. T., 2022. Seismic failure behavior of masonry domes under strong ground motions. *Engineering Failure Analysis*, 142, 1-20.
- Çamlıbel, N., 2000. Çatlamış Binaların Takviyesi Yöntemleri, Birsan Yayınevi, 1. Baskı, İstanbul.
- Dabanlı, Ö., 2008. Tarihi yığma yapıların deprem performansının belirlenmesi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Fırat, F. K., ve Eren, A., 2015. Tarihi Yığma Yapılardaki Hasarlı Kemerler Üzerinde Frp Etkisinin İncelenmesi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 30, 4, 659-670.
- Fırat, F. K., ve Kayabaşı, M. S., 2022. Investigation of tie-rod connection types on stone masonry arches. In *Structures*, Elsevier, 45, 2185-2197.
- Fırat S., Işık, N. S. ve Selçuk, E., 2020. Tarihi Yapıların Temel Sistemlerinin Güçlendirilmesi. *Türk Doğa ve Fen Dergisi*, 9, 182-189.
- HİDİROĞLU, Ç. N. 2018 HTTM (History/Theory/Technology/Modeling) Öğrenme Sürecine Bir Bakış (Beklentiler, İhtiyaçlar ve Sürecin Akışı): Galileo ve Pisa Kulesi Deneyi HTTM Etkinliği.
- Huang, Y., & Yu, M. (2013). Review of soil liquefaction characteristics during major earthquakes of the twenty-first century. *Natural hazards*, 65, 2375-2384.
- Koçak, A. ve Köksal, T., 2010. An example for determining the cause of damage in historical buildings: Little hagia sophia (Church of St. Sergius and Bacchus)–İstanbul, Turkey. *Engineering Failure Analysis*, 17, 4, 926-937.
- Koçak, Y. (2013). Yığma duvarlarda kayma dayanımının artırılması amacı ile farklı bağlantı elemanı uygulamaları (Master's thesis, Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Mahrebel, H. A., 2006. Tarihi yapılarda taşıyıcı sistem özellikleri, hasarlar, onarım ve güçlendirme teknikleri. İstanbul Teknik Üniversitesi, Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Mendes, N., ve Lourenço, P. B., 2014. Sensitivity analysis of the seismic performance of existing masonry buildings. *Engineering Structures*, 80, 137-146.
- ÖZMEN, A., & SAYIN, E. (2020). TARİHİ YIĞMA BİR KÖPRÜNÜN DEPREM DAVRANIŞININ DEĞERLENDİRİLMESİ. *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 9(2), 956-965.
- Saraç, M. M., 2003. Tarihi yığma kargir yapıların güçlendirilmesi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Sesigür, H., Çelik, O. C., ve Çılı, F., 2007. Tarihi yapılarda taşıyıcı bileşenler, hasar biçimleri, onarım ve güçlendirme. *Yapı Dergisi*, 89, 10-21.
- Şengöz T.E., 2019. Sıvılaşma Nedir? Zemin Sıvılaşmasının Mühendislik Değerlendirmesi, Zemin Sıvılaşması İle İlgili Alınması Gereken Tedbirler, Önlemler ve Tavsiyeler İle Zemin ve Temel Etüdü Uygulama Esaslarında ve Rapor Formatında Sıvılaşma İle İlgili Bilgiler. Marmara üniversitesi, <https://www.researchgate.net/publication/355184300>
- Tralli, A., Chiozzi, A., Grillanda, N. ve Milani, G., 2020. Masonry structures in the presence of foundation settlements and unilateral contact problems. *International Journal of Solids and Structures*, 191, 187-201.
- Triantafillou, T. C., ve Fardis, M. N., 1997. Strengthening of historic masonry structures with composite materials. *Materials and Structures*, 30, 486-496.
- Uslu, S. (2013). Tarihi yığma yapılarda kullanılan metal bağlantı elemanlarının deneysel metotlarla incelenmesi (Master's thesis, Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü).
- URAL, A.; ORUÇ, Ş.; DOĞANGÜN, A. Doğu Karadeniz Bölgesi'ndeki Tarihi Kemer Köprülerinin Onarım ve Güçlendirme Çalışmaları. *Yapı Dünyası Dergisi*, 2007, 132: 48-53

- Ural, A., Fırat, F. K., Tuğruleçi, Ş., ve Kara, M. E., 2016. Experimental and numerical study on effectiveness of various tie-rod systems in brick arches. *Engineering Structures*, 110, 209-221.
- Vlachakis, G., Vlachaki, E. ve Lourenço, P. B., 2020. Learning from failure: Damage and failure of masonry structures, after the 2017 Lesvos earthquake (Greece). *Engineering Failure Analysis*, 117, 104803
- Zampieri, P., 2020. Horizontal capacity of single-span masonry bridges with intrados FRCM strengthening. *Composite Structures*, 244, 112238.
- URL-1 < <https://www.helifix.co.uk/blog/overcome-damage-foundation-settlement>>, Erişim tarihi 20.04.2023

İNŞAAT SEKTÖRÜNDE PROJE YÖNETİMİ VE PLANLAMA EYLEMİ PROJECT MANAGEMENT AND PLANNING ACTION IN THE CONSTRUCTION SECTOR

Z. Özlem PARLAK BİÇER

Prof. Dr., Erciyes Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Kayseri, Türkiye

Esmâ KARAKOYUN YAŞAR

Arş. Gör., Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Niğde, Türkiye

ÖZET

İnşaat sektöründe ürün, uzun süreli uğraşlar sonucunda elde edilmekte ve diğer sektörlerle kıyaslandığında süreci daha karmaşık ve uzun zaman dilimi içerisinde gerçekleşmektedir. Bu sürecin sektörde en doğru şekilde ilerletilmesi için optimum düzeyde yapılması zorunlu olan proje yönetimi ise iç dinamiklerinde bir takım eylem ve etmenlerden oluşmaktadır. Bu bağlamda; proje yönetiminde planlama eylemi proje sürecinin başarılı bir şekilde yönetilmesinde en temel eylem olarak görülmektedir. Etkin bir planlama eylemi, projenin başından sonuna kadar gerçekleşecek her evrenin detaylı analiz edilerek gerekli veri ve bilgilerin toplanması ile mümkündür. Planlama yapılarak proje bağlamında karşılaşılabilecek her türlü sorun önceden tahmin edilip proaktif bir yaklaşım ile bu sorun en kısa sürede giderilerek projenin sorunsuz devam etmesi amaçlanmaktadır. Konunun önemi nedeni ile proje yönetiminde planlama eyleminin teorik alt yapısının bilinmesi de elzemdir. Proje yönetiminin gelişimi hakkında literatür araştırmasına da yer verilen çalışmada, planlama eylemi ele alınmıştır. Çalışma kapsamında yönetimde, planlama eyleminin öneminin değerlendirilmesi hedeflenmektedir. İnşaat sektörü içerisinde uygulamada yapılmayan veya ihmal edilen planlamanın yer almasının önemi vurgulanarak bundan sonraki çalışmalara da katkı koymak arzu edilmektedir.

Anahtar kelimeler: İnşaat sektörü, proje yönetimi, yönetim eylemleri, planlama.

ABSTRACT

In the construction sector, the product is obtained because of long-term efforts and the process is more complex and takes place over a long period of time compared to other sectors. Project management, which must be done at an optimal level for this process to be progressed in the most correct way in the sector, consists of a number of actions and factors in its internal dynamics. In this context, the planning action in project management is seen as the most basic action in the successful management of the project process. An effective planning action is possible by collecting the necessary data and information by analyzing in detail each universe that will occur from the beginning to the end of the project. By planning, all kinds of problems that may be encountered in the context of the project are estimated in advance and it is aimed to solve this problem as soon as possible with an initiative-taking approach and to keep the project running smoothly. Due to the importance of the subject, it is also essential to know the theoretical background of the planning action in project management. In the study, which also included literature research on the development of project management, the planning action was discussed. Within the scope of the study, it is aimed to evaluate the importance of planning action in management. It is desirable to contribute to the subsequent studies by emphasizing the importance of taking part in the planning that is not done in practice or neglected in the construction sector.

Keywords: Construction industry, project management, management actions, planning.

GİRİŞ

Ülke ekonomilerinde önemli bir paya sahip olan yapı sektörü; teknoloji ve toplumların artan talepleriyle eş yönlü olarak gelişmektedir. Bu durum yapı sektörünü gün geçtikçe daha karmaşık bir süreç olmaya

itelemektedir. Yapı sektörü farklı nitelikte ve büyüklükte olan şirketlerin bir arada çalışmasına, projelerdeki paydaşların artmasına ve bunun sonucunda yönetsel zorlukların ortaya çıkmasına yol açmıştır. Projelerin beklenen süre içerisinde, amaçlanan kalite ve maliyette tamamlanması ile proje paydaşları arasındaki iletişimin sorunsuz ilerlemesinde firma proje yönetimlerinin rolü önem arz etmektedir (PMI, 2013).

Proje yönetiminin başarısı proje yönetimi metodolojileri ve tekniklerinin organize bir şekilde çalışmasıyla mümkündür. Bu kapsamda proje yönetiminin başarılı sayılabilmesi için projelerin mevcut kaynakların kullanılmasıyla belirlenen süre içinde tamamlanması ve hata riskinin en aza indirgenmesi; ortaya çıkan problemlerin de en kısa sürede çözülmesi gerekmektedir (Kocakulak,1997; Oberlender, 2000,).

Proje yönetimi temel işlevleri; PMI (Project Management Institute) (2013)'e göre başlangıç, planlama, yürütme, izleme- kontrol ve kapanış olarak verilmektedir (PMI, 2013). Proje yönetiminde temel unsur projedir ve yönetim; süreç, inşa ve yapım işi olarak tanımlanmaktadır. Yönetimin başarısı oluşan ürüne değil gerçekleşen eylem ve etmenlere bağlıdır. Eylem ve etmenler projenin yaşam döngüsü boyunca etkin olarak rol almaktadır. Ancak birbirleriyle koordine çalışan eylem ve etmenlerden bazısına projenin çevresel, sosyal ve ekonomik özellikleri bağlamında daha çok ihtiyaç duyulabilmektedir (Gültekin, 2007; Taner, 2019).

Bu çalışmada bir projenin hayata geçirilmesi için yönetimin ne kadar önemli ve etkili olduğunun ortaya konulması hedeflenmiştir. Literatürde proje yönetiminde planlama süreci oldukça büyük yer kaplamasına rağmen proje yönetiminde eylem ve etmenlerle ilgili çok sınırlı yayın bulunmaktadır. Bu sebeple planlama eylem ve süreçleri birbirlerine karıştırılmaktadır. Bu çalışmada inşaat proje yönetiminde “planlama eylemi” nin genel değerlendirilmesinin bibliyometrik bir analiz ile yapılması amaçlanmıştır. Çalışma sonunda proje yönetiminde planlama eyleminin yer aldığı aşamaların belirlenmesi hedeflenmektedir. Bu doğrultuda sistematik literatür tarama ve veri toplama yöntemleri kullanılarak içerik analizi yapılması amaçlanmıştır.

YÖNTEM

Bu çalışmada sistematik literatür taraması yöntemiyle yayınlanmış tez çalışmaları, ulusal ve uluslararası makaleler ve yönetim kitapları üzerinde inşaat proje yönetimi, proje yönetiminde eylem ve etmenler, proje yönetiminde planlama eylemi” anahtar kelimeleri Türkçe ve İngilizce başta olmak üzere pek çok farklı dilde (Fransızca, İspanyolca, Slovakça) taratılmıştır. Bölüm sonucunda yayınlar içerik analizi yöntemi kullanılarak en güncel tarihten en eski kaynaklara doğru sıralanmıştır (Tablo 1).

Tablo 1.Proje Yönetimi Literatür İçerik Analizi

	Yıl	Proje Yönetimi	Proje Yönetiminde Eylem ve Etmenler	Proje Yönetiminin de Planlama Eylemi	Çalışma Konusu
Kitap					
Öztaş N.	2014	X	(Eylem ve etmenler diye bir başlık bulunmamakta)	X	Proje Yönetimi
PMI 5th ed.	2013	X	(Eylem ve etmenler diye bir başlık bulunmamakta)	X	Proje Yönetimi
Gültekin A. T.,	2007	X	X	X	Proje Yönetiminde Eylem ve Etmenler
Can H.	1994	X			Proje Yönetimi
Çerçi, E., Ergönül, S.	2007	X			Kalite Yönetimi
Hesapçıoğlu M.	1994	X			Kaynak Yönetimi
Sorguç D.	1993	X			Proje Yönetimi
Usluata A.	1992	X	(Eylem ve etmenler diye bir başlık bulunmamakta)	X	İletişim Yönetimi
İnceoğlu M.	1980	X	(Eylem ve etmenler diye bir başlık bulunmamakta)	X	Planlama ve Problem Belirleme
Tez Çalışması					
Tane Z.T.	2019	X			Proje Yönetimi
Nekardová, I. (Fujaszova P. (2015) 'e karşı tez)	2017	X	(Eylem ve etmenler diye bir başlık bulunmamakta)	X	Kaynak Yönetimi
Fujaszová P.	2015	X	(Eylem ve etmenler diye bir başlık bulunmamakta)	X	Kaynak Yönetimi
Alpay, C.	2010	X			Proje Yönetimi (Planlama)
Kolaylıoğlu, Ö.	2006	X			Proje Yönetimi
Günaydın, H.	2002	X			Proje Yönetimi
Kocakulak, M.	1997	X	(Eylem ve etmenler diye bir başlık bulunmamakta)	X	Proje Yönetimi
Makale					
Kömürlü, R., Toltar, L.	2018	X	(Eylem ve etmenler diye bir başlık bulunmamakta)	X	Proje Yönetimi

Mert, H., Küçükoğlu, N.	2016	X			Proje Yönetimi
Naimi, M. R. S.	2016	X	(Eylem ve etmenler diye bir başlık bulunmamakta)		Maliyet Yönetimi
Akyüz, B., vd.	2015		(Eylem ve etmenler diye bir başlık bulunmamakta)		Zaman Yönetimi
Özgen, H., Yalçın, A	2014	X	(Eylem ve etmenler diye bir başlık bulunmamakta)	X	Kaynak Yönetimi
Ünder, M. B.	2006	X	(Eylem ve etmenler diye bir başlık bulunmamakta)	X	Proje Yönetimi
Oberlender, D.G.	2000	X			Proje Yönetimi
Ward, S.C., Chapman, C. B.	1991	X	(Eylem ve etmenler diye bir başlık bulunmamakta)	X	Risk Yönetimi
Tümer, S.	1990	X	(Eylem ve etmenler diye bir başlık bulunmamakta)	X	Verimlilik

Yapılan incelemeye göre proje yönetiminde eylem ve etmenler konusu birçok kaynakta işlenmiş olup tanımlı bir başlık altında bulunmadığı için yeterli şekilde sınıflandırılmadığı görülmektedir. Bu bağlamda çalışmada proje yönetimiyle ilgili genel veriler, proje yönetiminde eylem ve etmenler ve planlama eyleminin değerlendirilmesi hedeflenmiştir.

BULGULAR

Proje Yönetimi Tarihi Gelişimi

Çin Seddi ve Mısır'daki piramitler inşaat proje yönetimi faaliyetlerinin ilk örnekleri olarak bilinmektedir. Köklü bir geçmişe sahip olduğu bilinen bu yapıların nasıl planlandığı ve ne şekilde yönetildiğine dair bazı tahminler dışında net bir bilgi bulunmamaktadır (Günaydın, 2002). Bilinen en eski proje yönetimi teknikleri 1970 yıllarına dayanmaktadır (Alpay, 2010). Bunun yanı sıra bazı araştırmacılar proje yönetiminin Amerikan askeri kuvvetlerince geliştirildiği bilinen atom bombasının yapıldığı Manhattan Projesi ile başladığını kabul etmektedir (Kolaylıoğlu, 2006). 19. yüzyılın sonlarında yapılan kapsamlı devlet projeleri proje yönetim tekniklerinin gelişmesinde temel itici güç olmuştur. Bu bağlamda Frederick Taylor'un (1856-1915) yönetim tekniklerinin gelişiminde bilimin yerini keşfetmesi proje yönetimi anlayışında önemli rol oynamaktadır. Proje yönetiminden alınan verim bu aşamaya dek işçilerin çalışma saatiyle doğru orantılı olarak kabul edilmiş; Taylor iş akış süreçlerini ince ayrıntılarıyla analiz ederek daha verimli bir sınıflandırmayla sunmuştur. Proje yönetimi işleyişinde amaçların doğru belirlenmesi, sorumlular arasındaki bilgi akışının sağlanması, mevcut kaynakların iyi değerlendirilmesi ve karşılaşılabilecek olağan risklerin denetim altında tutulması gerekmektedir (Kolaylıoğlu, 2006). Proje takvimi gelişimi ilk olarak 1896'da Pole Karol Adamiecki tarafından oluşturulan diyagramlar aracılığıyla olup daha sonra Henry Gantt'ın (1861- 1919) bu diyagramlara 1917 de kendi adını verdiği bilinmektedir (Ünder, 2006; Kolaylıoğlu, 2006). Bu diyagramlar Birinci Dünya Savaşı'ndaki savaş gemilerinin yapımında kullanılmıştır. İkinci Dünya savaşıyla ortaya çıkan nitelikli personel yetersizliği çalışma hayatında büyük eksiklik ve karmaşıklığa yol açmış ve bu durumun düzene sokulması için işlerin organize olarak yapılması zorunlu kılınmıştır. Bu sebeple en uzun yolun en kısa sürede bitirilmesi için gerekli durumların hesaplanmasında kullanılacak PERT diyagramları oluşturulmuştur (Gürsaka, 2007).

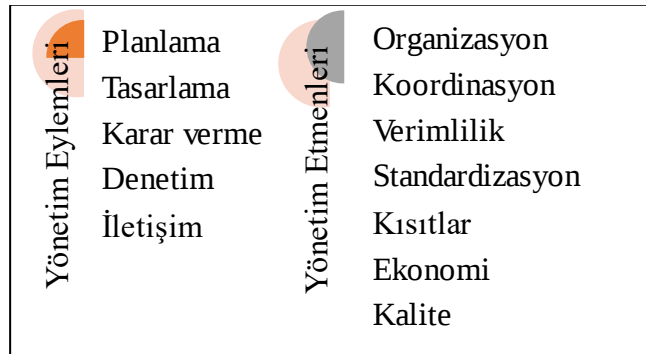
Türkiye' de proje yönetimi dünya geneline göre daha yavaş ilerlemiştir. İnşaat proje yönetimine dair ilk girişim Orta Doğu Teknik Üniversitesi'nde gerçekleştirilmiş ancak bir süre sonra duraklamıştır. 1976

yılında aynı üniversite tarafından inşaat proje yönetimi bağlamında yapım mühendisliği bölüm kuruluşuna karar verilmiş ancak belirlenen amaca ulaşamamıştır (Sorguç, 1993). Türkiye’de inşaat proje yönetiminde en somut gelişmeler 1990 yıllarında devlet ve özel üniversiteleri inşaat mühendisliği bölümlerinde inşaat proje yönetimiyle ilgili seçmeli derslerin müfredata girmesi ve yüksek lisans programlarının açılmasıyla olmuştur. Cumhuriyetin ilanından sonra Türkiye’deki inşaat firmalarının uluslararası pazarda hacmini artırması ile inşaat sektöründe ve bununla orantılı olarak inşaat proje yönetimi gelişiminde artışa yol açmıştır. Ancak günümüzde hala inşaat proje yönetimi beklenen seviyelerde değildir (Sorguç, 1993).

Proje Yönetimi

Proje yönetimi evrensel bir süreç olup tanımlanan hedeflere belirli bir zaman dilimi içinde ulaşmak için; gerekli hammadde, para, malzeme ve donanım gereçlerini kullanarak planlama, organize etme, yönetme ve kontrol etme aşamalarını sağlamaktadır (Oberlender, 2000; Mert ve Küçüköğlu, 2016). Yönetici, projeden elde edilecek kârın ve riskin kendisine ait olmadığı projelerde üretim faktörlerini düzenli bir şekilde kullanarak kurduğu ve çalışır durumdaki işletmelerde sorumluluğun verildiği kişidir (Can H., 1994). Proje yönetimi temel işlevleri; Henry Fayol’a göre planlama, örgütlenme, yürütme, koordinasyon ve denetleme; Gulick ve Urwick’ e göre planlama, örgütlenme, yürütme, koordinasyon, haberleşme ve ekonomik yönetim (Öztaş, 2014); Halil Can’ a göre planlama, örgütlenme, etkileme ve denetim (Can H., 1994); PMI (Project Management Institute) (2013)’e göre ise başlangıç, planlama, yürütme, izleme-kontrol ve kapanış olarak verilmektedir (PMI, 2013).

Proje yönetiminde temel unsur proje olup yönetim; süreç, yapım ve inşa işinden meydana gelmektedir. Proje yönetiminde sonuç değil eylem ve etmenler önemlidir. Bu eylem ve etmenler hem birbirleriyle hem de yapı üretimi, yapı bileşenleri ve yapı kullanımlarıyla doğrudan ilişkilidir. Bu bağlamda yönetim eylemleri; planlama, tasarlama, karar verme, denetim ve iletişim olmak üzere beş; yönetim etmenleri ise organizasyon, koordinasyon, verimlilik, standardizasyon, kısıtlar, ekonomi ve kalite olmak üzere yedi başlıktan oluşmaktadır (Gültekin, 2007) (Şekil 1).



Şekil 1. Proje Yönetimi Eylem ve Etmenleri (Gültekin (2007)’den uyarlanmıştır.)

Yönetim eylemlerinin hepsi birbirleriyle ilişkili ancak bazıları sürecin gereksinimlerine ve özelliklere göre daha yoğun kullanılabilir. Bu durum sürece, yönetici yetki ve görevlerine göre belirlenmektedir. Örneğin problem çözme eyleminde iletişim, planlama eyleminde karar vermeye gerek duyulmaktadır. Bu kapsamda genellikle eylemler deneme yanılma ve ihtiyaçlar bağlamında yapılmaktadır. Yönetim eylemleri yöneticinin süreç içerisinde yapması gereken eylemler olup günümüzde işleyiş olarak hala istenilen düzeye ulaşamamıştır. Bu bağlamda yönetim eylemlerinin içeriği ve birbirleriyle ilişkileri incelenmelidir (Gültekin, 2007).

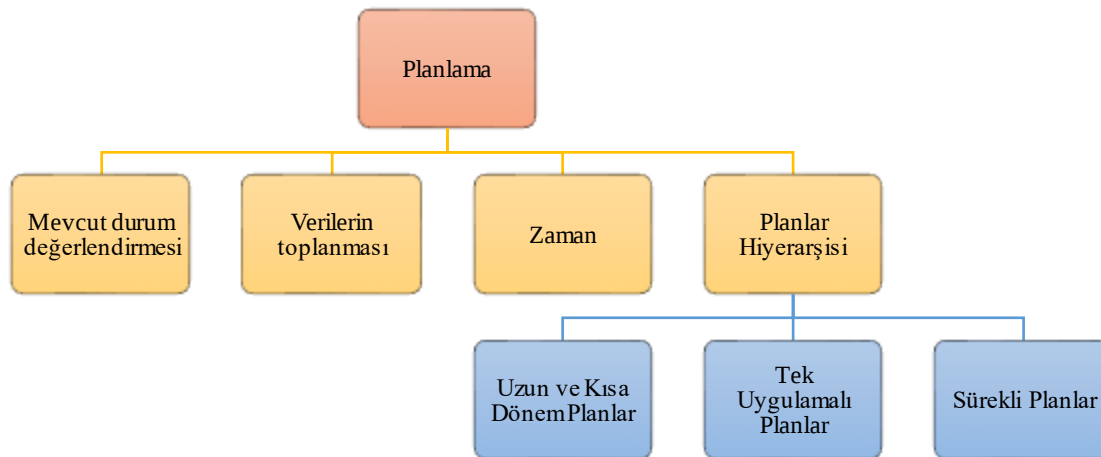
Planlama Eylemi

Planlama eylemi İnceoğlu (1980)’a göre belirlenen hedeflere ulaşmak için bilgi toplanarak gereksinimlerin bir araya getirilmesi ve diğer eylemlerin yönetilmesi ile ilgili alınan kararlar bütünüdür (İnceoğlu, 1980). Planlama, projenin en başında başlayıp proje boyunca devam edebilen bir eylemdir. Planlama eylemi bütçe, kaynak yönetimi ve süre bağlamında birçok aşamada projenin sorunsuz ilerleyebilmesi ve kaynakların en verimli şekilde kullanılması için yapılmaktadır. Bu bağlamda; Gültekin (2007) ’ye göre “Yönetimin aracı planlamadır”. Yapılan planlamalar çoğu zaman proje yapım

aşamasında değişiklik gösterebilmektedir. Bu kaçınılmaz bir durum olmakla beraber yapılan planlamada daha dikkatli ve esnek davranılmasını öngörmektedir (Gültekin, 2007).

Proje planlamasında; projenin en kısa sürede bitirilmesi, en az kaynak kullanımı ve maliyetin en az olması hedeflenmektedir. Ancak burada da dikkat edilmelidir ki hedefler birbiriyle iç içedir. Dolayısı ile proje en kısa sürede, en az maliyetle ve en az kaynak kullanımı ile sonlandırılmalıdır. Tabi ki bu hedeflerin tamamına ulaşmak her zaman mümkün olmamakla birlikte asgari hedeflerin sağlanması beklenmektedir. Planlamayı önemli kılan da bu bağlamda sağladığı yararlar ve verimliliğidir (Tümer, 1990). Planlama ile işin yapım ve yönetim aşamalarında meydana gelebilecek kararsızlıklar, riskler, yetersizlikler ve belirsizlikler ortadan kaldırılmış olur bu bağlamda da zaman ve emek kaybı azaltılır. Yapılan planlamalar çoğu zaman proje yapım aşamasında değişiklik gösterebilmektedir. Planlama eyleminde; ne yapılacak, nasıl yapılacak, neden yapılacak, ne zaman ve kim tarafından yapılacak gibi sorulara cevaplar aranmaktadır. Örneğin; projede ne tür işlemler gereklidir, bu işlemler için nasıl makine ve gereçler gerekmektedir, işçi sayısı ve niteliği, maliyet unsurları nelerdir gibi sorulardır (Gültekin, 2007). Planlama eylemi;

- Amaçların belirlenmesi,
- Mevcut mali durum, araç durumu, personel niteliği ve sayısı, kâr durumu gibi bilgilerin değerlendirilmesi,
- Ekonomik durum, sektör özellikleri, politika, istihdam arzı, kullanıcı, kaynak kullanımı gibi verilerin toplanması,
- İlerleyen aşamalara dair tahminde bulunmak,
- Plan kontrol ve gelişimini içermektedir (Gültekin, 2007) (Şekil 2).



Şekil 2. Proje Yönetimi Planlama Gelişimi (Gültekin (2007)’den uyarlanmıştır.)

Planlama eylemi üretimin her evresinde yer almakla birlikte en yoğun olduğu yapı üretim süreci planlama evresidir. Bu sebeple planlama detaylı ve kapsamlı olmalıdır. Proje planlama eyleminin temelinde işin ne zaman ve ne kadar sürede yapılacağı bulunmaktadır. Diğer planlamalar bu temel dahilinde gelişmektedir (Gültekin, 2007). Daha sonra proje kapsamında öncelikler ve önem sıralamaları göz önünde bulundurularak planlama gerçekleştirilmektedir. Bir projenin planlamasının yapılabilmesi için;

- a) Projenin tanımı; yapılacak işin ayrıntıları,
- b) Yapılacak işlerin sıralanması ve birbirleriyle ilişkileri
- c) Yapılacak işlerin her bir kademesinin gerçekleşmesi için gerekli süre ve maliyet,
- d) Yapılacak işlerin tamamının gerçekleşmesi için gerekli süre ve maliyet,
- e) Kullanılacak kaynakların tespiti (emek, malzeme, enerji ...)

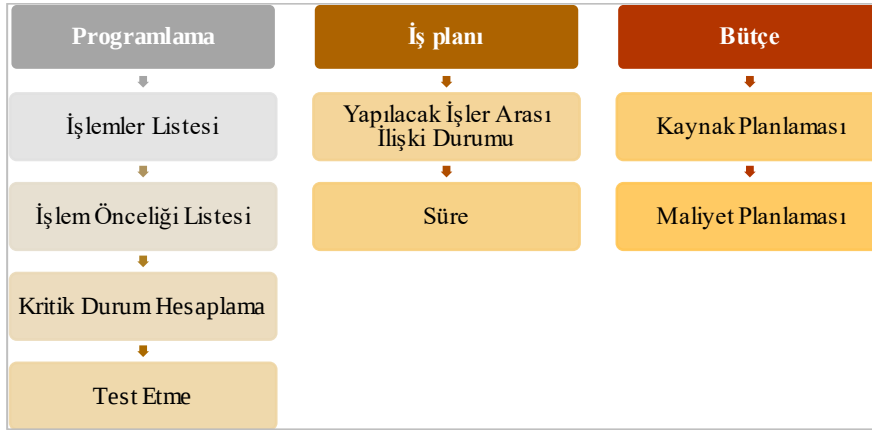
f) Kullanılacak tesis ve donanım gereksinimi konularında bilgi edinilmesi ve bilgi almada yetersiz kalınan yerlerde tahmin yürütülmesi gereklidir (Gültekin, 2007).

Bir proje planlamasında; programlama, iş planı ve bütçe aşamaları yer almaktadır (Şekil 3).

Programlama; Proje planlama eyleminde yapılacak işlemlerin belirlendiği aşamadır. Bu aşamada işlem sıralaması yapılmaktadır. İşlem sıralaması bu alanda yapılmış çalışmalarda izlenen yol, politik durumlar ve tahminlerden oluşmaktadır.

İş Planı; Programlamada belirlenen işlemler belli bir sıralama dahilinde birbirleriyle olan ilişkilerine göre bir araya getirilerek faaliyet zamanlaması yapılmaktadır.

Bütçe; İş planlamasında belirtilen her bir kademe de gerekli kaynakların tahsis edilerek tahmini kaynak tüketiminin ve her bir kademeden maliyetinin hesaplanmasını içermektedir.



Şekil 3. Proje Yönetimi Planlama Aşamaları (Gültekin (2007)'den uyarlanmıştır.)

Planlama eylemi süreç içerisinde gerçekleşir ve bu bağlamda proje başlangıcında başlayıp proje sonlanana dek gelişim ve değişim gösterebilmektedir. Planlama eylemi; entegrasyon yönetimi, kapsam yönetimi, maliyet yönetimi, risk yönetimi, zaman yönetimi, kalite yönetimi, kaynak yönetimi, iletişim yönetimi, tedarik yönetimi ve paydaş yönetiminde etkindir (PMI, 2013) (Tablo 2).

Entegrasyon Yönetimi: Uyumlu, ilişkili ve bağlantılı olarak kabul edilen entegrasyon yönetimi proje yönetiminin temelini oluşturur ve diğer tüm faktörleri de etkiler (Kömürlü ve Toltar, 2018). Projenin çeşitli bileşenlerinin uygun bir şekilde organize edilmesini sağlamak için yapılan işlemler entegrasyon yönetimini oluşturmaktadır. Entegrasyon yönetimi proje planı geliştirme, proje planı uygulama ve değişim kontrolünden oluşmaktadır. Bu kapsamda proje planı geliştirme; proje yapımında kullanılacak rehber niteliğinde olmalıdır, projeye alternatif seçenekler sunulmalıdır, proje alanının ayrıntıları yer almalıdır, proje ortakları arasındaki iletişimi kolaylaştırmalıdır ve proje gelişiminin ne derecede olduğunun görülmesi ve kontrol edilmesi için temel olmalıdır (Deniz, 2000).

Kapsam yönetimi: Proje iş ve iş hacminin planlanarak tanımlanmasını sağlamaktadır (Kocakulak, 1997, s.10).

Zaman yönetimi: Projenin başarılı bir şekilde sonuçlanması için gerekli sürenin belirlenerek iş takvimi oluşturulması hedeflenmektedir. Zaman yönetiminde işlere harcanacak sürenin tahmini, iş sıralaması ve süre kontrolünü sağlamaktadır (Kocakulak, 1997). Zaman planlaması, zaman yönetiminin en temel bileşenidir (Claessens vd., 2007). Zamanın etkili planlanması verimliliği artırarak projenin başarısında rol almaktadır. Zaman yönetimi; faaliyet tanımı, faaliyet sıralaması, faaliyet süre tahmini, program gelişimi, program kontrolü olmak üzere beş başlıkta incelenmektedir (Deniz, 2000; Akyüz vd. 2015).

Maliyet yönetimi: Projenin başarılı bir şekilde sonuçlanması için gerekli kaynaklar, bu kaynakların miktarı ve maliyetini içermektedir (Kömürlü ve Toltar, 2018). Projenin başlangıçta kabul edilen bütçe kapsamında geliştirilmesini tanımlamaktadır. Proje maliyetleri kontrol edilebilir ve kontrol edilemez maliyetler olmak üzere ayrı ayrı değerlendirilmelidir. Kaynak planlaması, maliyet tahmini, maliyet bütçeleme ve maliyet kontrolü aşamalarından oluşmaktadır (Naimi, 2016).

Kalite yönetimi: Proje sonucunda beklentilerin kalite standartlarına uygunluğunu kapsamaktadır. Kalite için kapsam, maliyet ve zaman kısıtları eş değerdir (Kömürlü ve Toltar, 2018). Kalite yönetimi projenin gelişiminin sağlanabilmesi için gerekli aşamaları içermektedir. Bu aşamalar; kalite planlama, kalite kontrol ve kalite güvencesidir. Kalite planlama, hangi kalite standartlarının yapılan projeye daha uygun olduğunun belirlenerek tahmin edilmesidir (Deniz, 2000).

Kaynak yönetimi: Projenin yapılmasında rol alacak her bir kaynağın ve bireyin seçilmesi, koordinasyonu ve yönetilmesini kapsamaktadır. Organizasyonel planlama, personel edinme ve takım geliştirme aşamalarını içermektedir. Araç- gereç, malzeme, para ve çalışan ile ortaklar gibi insan kaynaklarını da kapsamaktadır. (Hesapçioğlu, 1994& Nekardová, 2017).

İletişim yönetimi: Projenin gerçekleşmesinde gerekli olan bilginin toplanarak biriktirilmesi ve paylaşılmasını sağlar. Proje paydaşları ve çalışanlar arasında iletişim ağının yönetilmesini içerir (Usluata, 1992; Kömürlü ve Toltar, 2018).

Risk Yönetimi: Risk kelimesi kavramsal olarak belirsizlik kelimesiyle yakın anlamlıdır. Risk kavramı TDK'ye göre; belirsizliğin kaynağı, bir olayın olumsuz şekilde gerçekleşme olasılığı olması anlamlarını taşımaktadır. Risk yönetim sistemi için birçok araştırmacı tarafından farklı öneriler getirilmekte ve bunların temelinde risk yönetimi; riskin tanımlanması, veri toplama ve analiz etme aşamalarından oluşmaktadır. Bu bağlamda; CRMS (Construction Risk Management System) ve SCERT (Synergistic Contingency Evaluation and Response Techniques) ya da diğer adıyla PP P (Probabilistic Project Planning) bilinen yöntemler kullanılmaktadır. CRMS'de riskin tanımlanması, analiz edilmesi, çözüm getirilmesi ve sistem yönetimi süreçleri kapsanırken; SCERT' de aktivitelerin tanımlandığı, her aktivite için oluşabilecek risklerin tanımlandığı, her riske özel çözümlemelerin getirildiği, belirlenen çözümlerin yaratacağı risklerin tanımlanarak yeni çözümlerin önerilerek olasılıkların saptandığı ve değerlendirildiği aşamalar kapsamaktadır (Ward ve Chapman, 1991; PMI, 2013).

Tedarik yönetimi: Proje gelişiminde tedarik edilemeyen hizmet, mal veya ürünlerin temin edilmesini sağlar. Deniz (2000)'e göre tedarik yönetimi; tedarik planlama, teklif planlama, teklif, kaynak seçimi, sözleşme idaresi, sözleşme sona ermesi aşamalarından oluşmaktadır (Deniz, 2000).

Paydaş yönetimi: Projenin olumlu veya olumsuz sonuçlarından etkilenecek olan ortak, şirket, kişi ve kurumlara paydaş denilmektedir. Paydaşların belirlenmesi, paydaşlar arası iletişimin sağlanması ve paydaş beklentilerinin yönetilmesi paydaş yönetimine dahildir (Kömürlü ve Toltar, 2018).

Tablo 2. Proje Yönetim Süreçlerinde Planlama Eylemi (PMI (2013)' den uyarlanmıştır.)

Entegrasyon Yönetimi		
Entegrasyon Yönetimi: Entegrasyon yönetimi proje yönetiminin temelini oluşturup uyum ve koordinasyonu tanımlar ve diğer faktörleri de etkiler (Kömürlü ve Toltar, 2018).	a. Girdi	Proje Başlatma Belgesi
		Diğer Süreçlerden Çıktılar
		Çevresel İşletme Faktörleri
	b. Araç ve Tekn.	Organiz. Süreç Varlıkları
		Uzman Görüşü
	c. Çıktı	Kolaylaştırıcı Teknikler
Kapsam Yönetimi		
Kapsam yönetimi: Proje işlerinin neler olduğu, iş sıralaması ve hacminin planlanarak tanımlanmasını sağlamaktadır (Kocakulak, 1997).	a. Girdi	Proje Yönetim Planı
		Proje Başlatma Belgesi
		Çevresel İşletme Faktörleri
	b. Araç ve Tekn.	Organizasyonel Süreç Varlıkları
		Uzman Görüşü
	c. Çıktı	Toplantılar
Zaman Yönetimi		
Zaman yönetimi: Projenin tamamlanmasında gereken asgari sürenin belirlenerek iş takviminin yönetilmesini kapsamaktadır (Kocakulak, 1997 & Akyüz vd. 20015).	a. Girdi	Kapsam Yönetimi Planı
		Gereksinim Yönetimi Planı
	b. Araç ve Tekn.	Proje Yönetim Planı
		Proje Başlatma Belgesi
	c. Çıktı	Çevresel İşletme Faktörleri
Maliyet Yönetimi		
Maliyet yönetimi: Projenin yapılmasında gereken kaynakların nitelik ve niceliğiyle maliyetini içermektedir (Kömürlü ve Toltar, 2018& Naimi, 2016).	a. Girdi	Organizasyonel Süreç Varlıkları
		Uzman Görüşü
		Analitik Teknikler
	b. Araç ve Tekn.	Toplantılar
		Zaman Çizelgesi Yönetim Planı
	c. Çıktı	
Kalite Yönetimi		
Kalite yönetimi: Tamamlanan projenin beklenen kalite standartlarına uygunluğunu kapsamaktadır (Kömürlü ve Toltar, 2018& Çerçi ve Ergönül, 2007).	a. Girdi	Proje Yönetimi Planı
		Kalite Ölçütleri
		Kalite Kontrol Listeleri
	b. Araç ve Tekn.	Çalışma Performansı Verileri
		Onaylanmış Değişiklik Talepleri
	c. Çıktı	Teslimatlar
Proje Yönetimi		
Proje yönetimi: Proje yönetiminin temelini oluşturup uyum ve koordinasyonu tanımlar ve diğer faktörleri de etkiler (Kömürlü ve Toltar, 2018).	a. Girdi	Proje Belgeleri
		Organizasyonel Süreç Varlıkları
		Yedi Temel Kalite Aracı
	b. Araç ve Tekn.	İstatistiksel Örnekleme
		Tetkik
	c. Çıktı	

		Onaylanmış Değişiklik Talepleri Gözden Geçirmeleri
	c. Çıktı	Kalite Kontrol Ölçümleri
		Onaylanan Değişiklikler
		Doğrulanmış Teslimatlar
		Çalışma Performansı Bilgileri
		Değişiklik Talepleri
		Proje Yönetimi Planı Güncellemeleri
		Proje Belgeleri Güncellemeleri
		Organizasyonel Süreç Varlıkları Güncellemeleri
Kaynak Yönetimi		
Kaynak yönetimi: Projenin yapılmasında rol alacak kaynakların ve bireylerin seçilmesi, koordinasyonu ve yönetilmesini kapsamaktadır (Hesapçıoğlu, 1994& Nekardová, 2017).	a. Girdi	Proje Yönetimi Planı
		Aktivite Kaynak Gereksinimleri
		Çevresel İşletme Faktörleri
		Organizasyonel Süreç Varlıkları
	b. Araç ve Tekn.	Organizasyon Şemaları ve Pozisyon Tanımları
		İlişki Ağı Kurma
		Organizasyon Teorisi
		Uzman Görüşü
		Toplantılar
	c. Çıktı	İnsan Kaynakları Yönetimi Planı
İletişim Yönetimi		
İletişim yönetimi: Projenin gerçekleşmesi için gerekli iletişim ağının kurulmasını ve yönetilmesini içerir (Usluata, 1992; Kömürlü ve Toltar, 2018).	a. Girdi	Proje Yönetimi Planı
		Paydaş Listesi
		Çevresel İşletme Faktörleri
		Organizasyonel Süreç Varlıkları
	b. Araç ve Tekn.	İletişim Gereksinimleri Analizi
		İletişim Teknolojisi
		İletişim Modelleri
		İletişim Metotları
		Toplantılar
	c. Çıktı	İletişim Yönetimi Planı
Proje Belgeleri Güncellemeleri		
Risk Yönetimi		
Risk Yönetimi: Proje kapsamında ortaya çıkması muhtemel olan risk unsurlarının yönetilmesini kapsamaktadır (Ward ve Chapman, 1991; PMI, 2013).	a. Girdi	Proje Yönetimi Planı
		Proje Başlatma Belgesi
		Paydaş Listesi
		Çevresel İşletme Faktörleri
		Organizasyonel Süreç Varlıkları
	b. Araç ve Tekn	Analitik Teknikler
		Uzman Görüşü
		Toplantılar
	c. Çıktı	Risk Yönetimi Planı
Tedarik Yönetimi		
	a. Girdi	Proje Yönetimi Planı
		Gereksinim Dokümantasyonu
		Risk Listesi
		Aktivite Kaynak Gereksinimleri

Tedarik yönetimi: Proje gelişiminde her türlü gereksinimin temin edilmesini sağlar (Deniz, 2000).		Proje Zaman Çizelgesi
		Aktivite Maliyet Tahminleri
		Paydaş Listesi
		Çevresel İşletme Faktörleri
		Organizasyonel Süreç Varlıkları
	b. Araç ve Tekn	Yap ya da Satın al Analizleri
		Uzman Görüşü
		Pazar Araştırması
		Toplantılar
	c. Çıktı	Tedarik Yönetimi Planı
		Tedarik Çalışma Bildirimi
		Tedarik Belgeleri
		Kaynak Seçim Kriterleri
Yap ya da Satın Al Kararları		
Değişiklik Talepleri		
Proje Belgeleri Güncellemeleri		
Paydaş Yönetimi		
Paydaş yönetimi: Paydaşlar arası iletişimin kurulması ve paydaş beklentilerinin sağlanmasını içerir (Kömürlü ve Toltar, 2018).	a. Girdi	Proje Yönetim Planı
		Paydaş Listesi
		Çevresel İşletme Faktörleri
		Organizasyonel Süreç Varlıkları
	b. Araç ve Tekn	Uzman Görüşü
		Toplantılar
		Analitik Teknikler
	c. Çıktı	Paydaş Yönetimi Planı
		Proje Belgeleri Güncellemeleri

TARTIŞMA VE SONUÇ

İnşaat sektörü dünya ekonomisine olan katkısından dolayı önemlidir. İnşaat sektöründe karmaşık ve bir o kadar da uzun süreli uğraşlar söz konusudur. Bu sebeple inşaat sektöründe proje yönetimi önem arz etmektedir. İnşaat proje yönetimi planlama, organize etme, karar verme ve problem çözme gibi bir dizi süreçten meydana gelmekte ve her süreç birbiriyle ilişkili olmak durumundadır. İnşaat projelerinin her biri özgün olup proje yönetimi de bu bağlamda özgün ve evrenseldir. Belirli bir zaman diliminde istenen hedefe ulaşmak için gereken hammadde, malzeme, para ve donanım gibi gereçlere ihtiyaç duyulmaktadır.

Proje yönetiminde temel unsur projedir. Ancak proje yönetimi için önem arz eden sonuç değil eylem ve etmenlerdir. Bu bağlamda yönetim eylemleri planlama, tasarım, karar verme, denetim ve iletişim; yönetim etmenleri organizasyon, koordinasyon, verimlilik, standardizasyon, ekonomi, kısıtlar ve kaliteden oluşmaktadır. Araştırma sonucunda literatürde inşaat proje yönetiminin büyük yer edinmesine rağmen proje yönetiminde eylem ve etmenlerden açıkça bahsedilmediği görülmüştür. Proje yönetiminde planlama eylemi önemlidir. Bu sebeple bu çalışmada proje yönetiminde eylemler başlığı altında “planlama” değerlendirilmiştir.

Planlama eylemi, belirlenen hedeflere ulaşma yolunda veri toplanması, ihtiyaçların belirlenerek giderilmesi ve süreç boyunca gerçekleşecek diğer eylemlerin yönetilmesini kapsamaktadır. Planlama eylemi proje boyunca devam eden; kaynak, bütçe, zaman, risk, paydaş yönetimi gibi birçok aşamada yer almaktadır. Bu bağlamda çalışma kapsamında planlama eyleminin hangi süreçlerde yer aldığı dair tablo yapılmıştır. Proje planlamasında esas olan projenin en kısa sürede, yeterli kaynak kullanımı ve en az maliyetle tamamlanmasıdır. Bu beklentilerin asgari şekilde karşılanması proje yönetiminin başarısını göstermektedir.

Planlama eyleminde proje kapsamında yapılacak iş, nasıl yapılacağı, zamanı ve süresi, yapacak kişi veya kurumlar hakkında sorular sorulmaktadır. Bu bağlamda planlamanın gelişimi; amaçların belirlenmesi, mevcut mali durum, personel nitelik ve niceliği, tahmin yapma ve bunların sonucunda

oluşan planlamayı kontrol etmeye bağlıdır. Planlama eylemi projenin bütün süreçlerinde yer alırken en çok planlama evresinde rol oynamaktadır. Bir proje planının yapılabilmesinde;

- Projenin tanımlanması
- Yapılacak işlerin belirlenmesi ve sıralanması
- Gerekli süre ve maliyetin her kademe özelinde hesaplanması,
- Projenin tamamının gerçekleşmesi için gerekli süre ve maliyetin hesaplanması
- Kullanılacak kaynakların tespit edilmesi
- Kullanılacak tesis ve donanım gereksinimi konularında bilgi edinilmesi gerekmektedir.

Proje planlama eylemi proje başlangıç aşamasında başlamasına rağmen proje sonuçlanana kadar değişip gelişebilmektedir. Bu bağlamda planlama eyleminin; proje entegrasyon yönetimi, kaynak yönetimi, risk yönetimi, maliyet yönetimi, kalite yönetimi, zaman yönetimi, insan kaynakları yönetimi, iletişim, tedarik ve paydaş yönetiminde yer edindiği görülmektedir. Proje yönetiminde planlama eylemi üzerine bibliyometrik bir inceleme gerçekleştirilen bu çalışma ile alanda literatüre katkı koymak hedeflenmiştir.

KAYNAKLAR

Akyüz, B., Ünal, Ö. F., Mete, M. & Doger, F. (2015). İnşaat Sektöründe Zaman Yönetimi: Irak'ın Kuzeyindeki Türk Şantiyeleri Üzerine Bir Araştırma. Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, (21), 85-106. Retrieved from <https://dergipark.org.tr/tr/pub/sbe/issue/23146/247226>

Alpay, C. (2010). Proje Yönetimi: Bir İnşaat Projesinin Primavera ile planlanması, İ.K.Ü, Fen Bilimleri Enstitüsü Yayınlanmamış Yüksek Lisan Tezi, s.3.

Can, H. (1994). Organizasyon ve Yönetim, Siyasal Kitabevi.

Çerçi, E., & Ergönül, S. (2007). İnşaat Şirketlerinin Gelişimi Açısından Kalite Yönetim Sisteminin Değerlendirilmesi, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası 4. İnşaat Yönetimi Kongresi Bildiriler Kitabı.

Fujaszová, P. (2015). Plánování Zdrojů Projektu Výstavby (Planning of Resources for Construction Project), Fakulta Stavební Ústav Stavební Ekonomiky a Řízení (Faculty of Civil Engineering Institute of Structural Economics and Management), Yüksek Lisans Tezi, s. 10-21.

Gültekin, T. (2007). Proje Yönetimi Yapım Öncesi Süreci, Palme Yayınevi.

Günaydın, H. M., Bolposta, S. (2002). Proje Yönetimi Uygulamalarının Yapımda Kullanımını Etkileyen Faktörler, Ege Mimarlık Dergisi.

Hesapçıoğlu, M. (1994). İnsan Kaynakları Yönetimi ve Ekonomisi, Beta Basımevi.

İnceoğlu, M. (1980). Mimari Planlama Tasarım Sürecinde Problem Belirleme, İTÜ Matbaası.

Kocakulak, M. (1997). Proje Yönetim Danışmanlığı Yapan Firma Bakışıyla Proje Yönetim Sistemi ve Uygulama Örneği, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ, FBE, s. 4-13.

Kömürlü, R., Toltar L. (2018). İnşaat Proje Yönetimi; Projenin Başarısına Etkisi, Mimarlık ve Yaşam Dergisi, 3(2), 2018, (249-258) ISSN: 2564-6109 DOI: 10.26835/my.459406.

Mert H., Küçüköğlu N. (2016). PMI Methodology in project management and applicability in Turkey, PressAcademia Procedia, 2: 564-569.

Naimi, M. R. S. (2016). Proje ve Maliyet Yönetimi Yöntemleriyle Kalitenin ve Verimliliğin Artırılmasının İncelenmesi. İstanbul Aydın Üniversitesi Dergisi, 8 (29), 51-65 . Retrieved from <https://dergipark.org.tr/en/pub/iaud/issue/30077/324637>

Nekardová, I. (2017). Plánování Zdrojů Projektu Výstavby (Planning of Resources for Construction Project), Brno Teknoloji Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Fakültesi, Yapısal Ekonomi ve Yönetim Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, s. 11-22.

Oberlender, D. G., (2000). Project Management For Engineering And Construction, The McGraw-Hill Companies, 2.

Kolaylıoğlu, Ö. (2006). İnşaat Sektöründe Proje Yönetimi ve Proje Yöneticisi, D.E.Ü. Sosyal Bilimler Enstitüsü Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, s.1.

Özgen, H., Yalçın A. (2014). İnsan Kaynakları Yönetimi Stratejik Bir Yaklaşım, 4, s. 75-97.

Öztaş, N. (2014). Yönetim, Ankara Otorite Yayınları.

Project Management Institute, (2013). A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide) (5th ed.). Project Management Institute.

Sorguç, D. (1993). Yapı İşletmesi Ders Notları II, İTÜ Matbaası, s.161-162.

Taner, Z. T. (2019). Sürdürülebilir Kalkınma Bağlamında Yapım Yönetiminin Çukurova Bölgesinde İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Tümer, S. (1990). Çevre ve Verimlilik, Verimlilik Dergisi, Milli Prodüktivite Merkezi, 1990/4, s. 27-47.

Usluata, A. (1992). İletişim, Yeni Yüzyıl Kitaplığı, İletişim Yayınları.

Ünder, M.B. (2006). İnşaat İşletmelerinde Proje Yönetimi ve Bilgi Teknolojileri Uygulamaları, İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Ward, S.C., Chapman C.B. (1991). Extending the Use of Risk Analysis in Project Management, Int. Jnl. Project Management, 9, No:2, 117- 123.

AI-2024 ALÜMİNYUM SACIN İNCREMENTAL ŞEKİLENDİRİLEBİLİRLİĞİNİN İNCELENMESİ

EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF INCREMENTAL FORMING OF ALUMINIUM SHEET AI-2024

Serkan ÜLKER

Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Eğitimi Anabilim Dalı, Kütahya, Türkiye

ORCID ID: 0009-0007-3050-4460

Muammer GAVAS

Prof. Dr., Dumlupınar Üniversitesi, Simav Teknoloji Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü, Kütahya, Türkiye

ORCID ID: 0000-0003-3499-4392

ÖZET

Sac şekillendirme işlemi endüstride yaygın olarak kullanılmaktadır. Karmaşık geometrili küçük parça üretiminde hızlı prototipleme için kalıp imalatının zaman alması ve yüksek maliyetli olmasından dolayı geleneksel yöntemler ekonomik değildir. Son zamanlarda esnek imalat işlemleri için pek çok yöntem araştırılmıştır. Bunlardan en ilgi çekici olanı yüksek kapasiteli pres tezgâhlarına ve kalıplara ihtiyaç duymayan artışı şekillendirmedir. Artışlı şekillendirme, CAD/CAM programlarıyla oluşturulan takım yolu boyunca kesici olmayan bir takım ile sac metallerin plastik deformasyona maruz bırakılarak şekillendirilmesinde kullanılan yeni ve esnek bir yöntemdir. Bu yöntem ile küçük ve orta hacimdeki çeşitli parçalar kalıpsız olarak düşük maliyette elde edilebilmektedir. Bu çalışmada, CNC dik işleme tezgâhında negatif artışlı şekillendirme ile elips şeklinde şekillendirilen Al 2024-O sac metalin yırtılmadan şekillendirilebilir maksimum eğim açısı ve elde edilen şekillendirilmiş metalin et kalınlık değerleri deneysel olarak incelenmiştir. Deneysel çalışmada 3 farklı çapta (Ø6, Ø8 ve Ø10) küresel takım kullanılmıştır. Elips geometrisinde işlenen sac metalin, yırtılmadan şekillendirilebilmesi için yapılan deneylerde, 60° ile 70° arasında eğim açısı arasında çalışılmıştır. Hasar analizlerinin incelenebilmesi için yırtılma olduğu anda tezgâh durdurulmuştur. Tüm deneylerde takımın indiği derinlik 15 mm alınmıştır. Ayrıca dikey yöndeki artış miktarı $\Delta z = 0.2$ ve 0.7 mm'dir. Deneyler, 1000 mm/dak ilerleme hızında ve 1000 dev/dak takım dönme hızında yapılmıştır. Deneyler sonrası ise, maksimum eğim açısında şekillendirilen sac metalin kalınlık dağılımları incelenmiştir. Yapılan deney sonuçlarına göre, negatif artışlı şekillendirme işlemi ile 1 mm kalınlığındaki Al 2024-O alüminyum alaşımlı sacın şekillendirilebilir maksimum eğim açısı $\max = 61^\circ$ olarak belirlenmiştir. İşlem sırasında görülen yırtılmalar takım - parça temas noktasında değil de, bu bölgeye yakın bölgelerde meydana gelmiştir. Deneylerde şekillendirilen alüminyum malzemenin işlenmesinde izlerin oluşmaması için alüminyum malzemeye göre yumuşak şekillendirici (küresel uç malzemesi) olarak teflon tercih edilebilir. Küçük adım boyutunun ($\Delta z = 0.2$ mm) 2 mm'lik aralıklarda malzemeyi daha çabuk incelttiği gözlenmiştir. Büyük adım boyutunun ($\Delta z = 0.7$ mm) malzemeyi, küçük adım boyutuna (0.2 mm) göre daha az deformasyona uğrattığı gözlenmiştir.

Anahtar kelimeler: CAD/CAM, Maksimum şekillendirme açısı, Negatif artışlı şekillendirme, Sac metal.

ABSTRACT

The sheet metal forming process is widely used in industry. Traditional methods are uneconomical due to the time-consuming and high cost of manufacturing small parts with complex geometries and die for rapid prototyping. Recently, many methods for flexible manufacturing processes have been investigated. The most interesting of these is incremental forming, which does not require high-capacity press

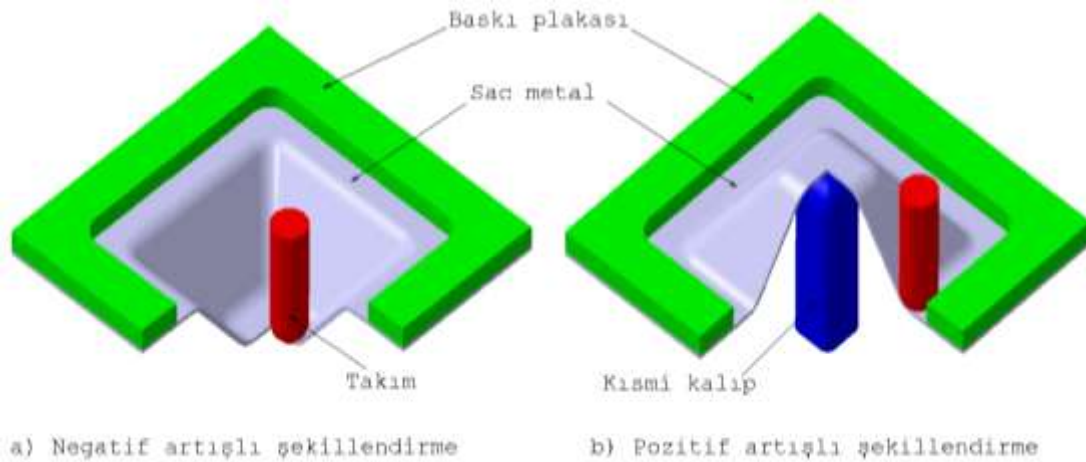
machines and die. Incremental forming is an innovative and flexible process forming in which sheet metal is plastically deformed by a small tool through tool path occurred by CAD/CAM program. Small and medium volume complex parts can be produced by dieless forming inexpensively using this method. In this study, maximum forming angle in truncated elips geometry formed from Al 2024 sheet metal without fracturing has been experimentally investigated. Also, wall thickness variations of the formed metal have been measured. The experimental studies were carried out on CNC vertical milling machine by using negative incremental forming. In the experimental study, 3 different diameter ($\varnothing 6$, $\varnothing 8$ and $\varnothing 10$) spherical tools were used. In the experiments carried out to shape the sheet metal processed in elliptical geometry without tearing, the inclination angle was between 60° and 70° . The machine was stopped as soon as tearing occurred in order to examine the damage analysis. In all experiments, the depth to which the tool descended was taken as 15 mm. In addition, the amount of increase in the vertical direction was $\Delta z = 0.2$ and 0.7 mm. The experiments were performed at a feed rate of 1000 mm/min and a tool rotation speed of 1000 rpm. After the experiments, the thickness distribution of the sheet metal formed at the maximum inclination angle was analyzed. According to the results of the experiments, the maximum inclination angle of 1 mm thick Al 2024-O aluminum alloy sheet metal with negative incremental forming process was determined as $\max = 61^\circ$. The tears seen during the process did not occur at the tool - part contact point, but close to this region. Accordingly, it was observed that the material was not affected much by the tool in the contact zone. In order to prevent the formation of marks in the processing of the aluminum material shaped in the experiments, Teflon can be preferred as a soft shaper (spherical end material) according to the aluminum material. It was observed that the small step size (0.2 mm) thinned the material more quickly at 2 mm intervals. It was observed that the large step size (0.7 mm) deformed the material less than the small step size (0.2 mm).

Keywords: CAD/CAM, Maximum forming angle, Negative incremental forming, Sheet metal

1.GİRİŞ

Sac şekillendirme işlemi endüstride yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu yöntem için genellikle belirli kalıp setleri ve yüksek kapasiteli pres tezgahları gereklidir. Karmaşık geometrili küçük parça üretimi ve hızlı prototipleme için kalıp imalatının zaman alması ve maliyetli olmasından dolayı geleneksel yöntemler ekonomik değildir. Son zamanlarda esnek imalat işlemleri için pek çok yöntem araştırılmıştır. Bunlardan en ilgi çekici olanı yüksek kapasiteli pres tezgahlarına ve kalıplara ihtiyaç duymayan artışı şekillendirmedir [1,2,3].

Artışlı sac metal şekillendirme işlemi, takım ile sac metal arasında küçük temas yüzeyi sağlanarak, belirlenen artışlardaki plastik deformasyon ile istenen şeklin elde edilmesidir. Bir yarı küresel uçlu takım, oluşturulacak olan geometrideki yüzeyler üzerinde takım yolu boyunca kayarak hareket eder. Bu kayma tekniği ile kalıpsız olarak basit şekilli bir takım kullanılarak karmaşık geometrili parçalar üretilebilir [3,4]. Artışlı şekillendirme işlemi, negatif artışlı şekillendirme ve pozitif artışlı şekillendirme işlemi olmak üzere iki ana sınıfa ayrılır. Artışlı şekillendirme çeşitleri Şekil 1.1’de verilmiştir.



Şekil 1.1 Artışlı şekillendirme işlemleri [3].

Bu deneysel çalışmada, CNC dik işleme tezgâhında, Ø6, Ø8, Ø10 mm yarı küresel uçlu takım kullanılarak, negatif artışlı şekillendirme ile elips geometrisinde şekillendirilen 1 mm kalınlığındaki Al 2024-O alüminyum sac metalin yırtılmadan şekillendirilebilir maksimum eğim açısının araştırılması amaçlanmıştır. Ayrıca maksimum eğim açısında şekillendirilen sac metalin et kalınlık değerleri incelenmiştir.

1.1 Önceki Çalışmalar

Artışlı şekillendirme ile sac metallerin şekillendirilebilirlik sınırlarının incelenmesi konusunda deneysel [1,3,5 - 12], teorik [2,13 - 20] ve nümerik simülasyon [4,21,22] olmak üzere pek çok çalışma yapılmıştır. Yapılan bu çalışmalarda, alüminyum alaşımlı, bakır alaşımlı, magnezyum alaşımlı, titanyum alaşımlı, çelik vb. olmak üzere çeşitli malzemelerden oluşan sac metallerin şekillendirilebilirlikleri incelenmiştir.

G. Hirt ve arkadaşları basit kalıp ve CNC tezgahı ile karmaşık şekiller , tezgahın dikey hareketiyle sac malzeme üzerinde kontur dolaşarak plastik deformasyona uğratılmıştır [1].

M. Yamashita ve arkadaşları, yarı küresel uçla piramit şekilli iki yüksekliği olan sac malzemenin inkremental şekillendirilmesinde nümerik simülasyon uygulamıştır. Nümerik simülasyon, metal sacın inkremental şekillendirme işleminin iyileştirilmesinde yararlanılarak deney sonuçlandırmışlardır [5].

J.J. Park ve arkadaşları, inkremental (artışlı) şekil verme geleneksel yöntemlere göre daha iyi olduğunu, pozitif artışlı yöntem ile keskin köşe ve kenarları şekillendirmek mümkün olduğunu ileri sürmüşlerdir [6].

Y.H. Kim ve arkadaşları, geleneksel yöntem sac işlemeciliği seri üretim için idealdir, fakat kalıp setlerinin maliyeti yüksek olduğunu, prototipleme ve küçük parçalar için yeni bir sac işleme yöntemi geliştirilmesi gerektiğini, inkremental (artışlı) yöntemde, küresel ucun bir noktadan teması ile şekillendirilebilirliğe yardımcı olup, ilerleme hızının azaldıkça şekillendirilebilirliğin arttığını ileri sürmüşlerdir [7].

I. Cerro ve arkadaşları, inkremental (artışlı) şekil verme umut verici bir teknoloji olduğunu, yavaş bir süreç olmasına rağmen, kalıplama maliyetinden kaçınılması gerçeğine bağlı olarak prototiple süreci için uygun bir yöntem olduğunu ileri sürmüşlerdir [9].

Deneysel çalışmalar göstermiştir ki, şekillendirilebilirliği etkileyen genelde dört ana parametre vardır [23]:

- a) Sac kalınlığı,
- b) Dikey yöndeki adım miktarı,
- c) İlerleme hızı ve
- d) Takım çapı [3,16].

Yaygın olarak ilk parametrenin etkisi sinüs kuralı ile ifade edilir. İkinci parametrenin şekillendirilebilirliği genel olarak azalttığı bilinmesine rağmen, adım büyüklüğünün şekillendirilebilirliği önemli ölçüde etkilemediği belirtilmiştir [3,16]. Takım ile sac metal arasındaki sürtünmeden dolayı takımın ilerleme hızı şekillendirilebilirliği doğrudan etkilediği bilinmektedir. Takım ile sac metal arasındaki deformasyon alanındaki gerilme yığılmalarından dolayı küçük çaplı takımlar, şekillendirilebilirliği daha iyi sağlamaktadır [3,4].

2. İMALAT YÖNTEMLERİ

İmalat yöntemlerini talaşlı imalat ve talaşsız imalat yöntemleri olarak 2 başlık altında incelenmiştir.

2.1 Talaşlı İmalat

Talaşlı imalat prosesleri şekli, boyutları ve yüzey kalitesi daha önceden belirlenmiş parçaların metal işleme makinalarında kesme operasyonu ile şekillendirilmelerini kapsar.

Talaşlı imalat, kesici takım ve iş parçasının nisbi hareketleri ile iş parçasının belirli bir kısmında, gerinim oluşturarak gerçekleştirilir. Diğer bir ifadeyle talaşlı imalat kesici takım tarafından uygulanan kesme kuvvetleri ile iş parçası arasındaki ara etkileşime bağlıdır.

Talaşlı imalat proseslerinde mekanik enerji kullanılır. Bu gruba giren bazı yeni imalat tekniklerinde ise kimyasal, elektrik ve ısı enerjisi kullanılmaktadır [24].

2.1.1 Talaşlı imalat işlemleri ve makineleri

Eğeleme eğeleme, tornalama, frezeleme, delme, raspalama, raybalama, planyalama şeklinde sıralayabiliriz. [24].

2.2 Talaşsız İmalat Yöntemleri

Talaşsız imalat yöntemlerini kaynak, döküm ve plastik şekil verme olarak 3 başlıkta incelenmiş olup plastik şekil verme başlığına biraz açıklama getirmek gerekecektir.

2.2.1 Plastik şekil verme

Şekil değişimi, bir malzemenin kuvvet etkisi altında başlangıçtaki biçimini değiştirmesi demektir. Şekil değişimi elastik veya plastik şekilde olabilir. Elastik şekil değişimi, kalıcı olmayan şekil değişimi; plastik şekil değişimi, kalıcı şekil değişimi demektir.

Bir malzemeye kuvvet etki ettiği zaman; bu kuvvetin etkisi ile malzeme yapısına bağlı olarak ya kalıcı bir şekil değişiminden sonra kırılır veya önemli bir kalıcı şekil değişimi olmadan kırılır. Birinci davranışı gösteren malzeme sünek, ikinci davranışı gösteren malzeme gevrek olarak adlandırılır.

Malzemelere etki eden kuvvetler, malzeme üzerinde basma, çekme ve kayma biçiminde şekil değişimine sebep olurlar. Başlangıçtaki boyutu , kesiti olan bir çubuk (plastik şekil değiştirebilen), bir P kuvveti ile çekmeye maruz kalırsa; boyu l ve kesiti A olur.

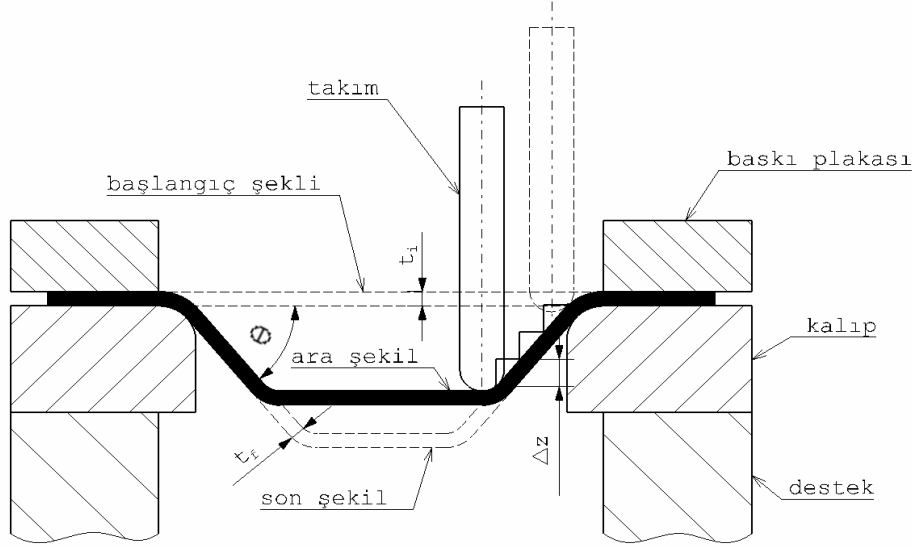
Bu bağıntılar elastik şekil değişimi alanında geçerlidir. Malzeme kopacak şekilde kuvvetin artırılmasına devam edilirse, plastik şekil değişimi başlar ve nihayet parça kopar. Bundan sonra malzemede plastik şekil değişimi başlamaktadır.

Yukarıda verilen bilgilerin ışığı altında, malzemelere plastik şekil değişimi olacak biçimde kuvvet uygulayarak şekil vermeye, "plastik şekil verme" adı verilmektedir.

Malzemelerin bu özelliklerinden faydalanılarak, onları arzu edilen faydalı şekil haline getirme mümkün olmaktadır.

3. NEGATİF ARTIŞLI ŞEKİLENDİRME

Negatif artışlı şekillendirme, hızlı prototipleme işlemidir. Bu teknikte, bir CAD/CAM yazılımıyla oluşturulan 3 boyutlu helisel veya $2\frac{1}{2}$ boyutlu dikey (Z) yönünde takım yolu boyunca yatay duran düz bir sac metalin deformasyona maruz bırakılarak şekillendirilmesidir. CNC dik işleme tezgahında, takımın dikey (Z) yönde küçük adımlarla (Δz) hareketi ile metal şekillendirilmektedir. Negatif artışlı şekillendirme işleminin şematik gösterimi Şekil 3.1'de gösterilmiştir. Bu küçük adımdan sonra takım gerekli olan X-Y düzlemindeki çevresel döngüyü dolaşarak, istenen şekil elde edilinceye kadar bu işlemler devam etmektedir [3].



Şekil 3.1 Negatif artışı şekillendirme işleminin şematik gösterimi [3].

Negatif artışı şekillendirmede kullanılan bazı özel tanımlama terimleri aşağıda verilmiştir.

Dikey yöndeki aşağı adım miktarı (Δz), takımın her bir döngü sonrası sac metalin şekillendirilmesi için gerekli olan adım miktarıdır. Adım miktarı, metalin işleme süresini ve yüzey kalitesini doğrudan etkilemektedir. Bu parametre CAM yazılımıyla belirlenmektedir.

İlerleme hızı, takımın takım yolu boyunca ilerleme hızıdır. İlerleme hızı, şekillendirme için gerekli olan işleme zamanını doğrudan etkilemektedir. Bu hız, mm/dak. birimi ile belirtilir. Bu parametre de yine CAM yazılımıyla belirlenmekte ve tezgah üzerinden değiştirilebilmektedir.

Devir sayısı, takımın kendi eksenini etrafındaki dönme hızıdır. Devir sayısı, sac metal ile takım arasındaki temas noktasında meydana gelen ısı miktarını etkilemektedir. Bu hız da tezgah üzerinden değiştirilebilmektedir [3,8].

Şekillendirilmemiş yatay sac metal ile şekillendirilmiş sac metal arasındaki açı (θ), çekme açısı veya şekillendirme açısı olarak tanımlanır. Şekillendirme açısı, sac metalin şekillendirilebilirlik ölçüsüdür. Maksimum açı (θ_{max}), sac metalin yırtılmadan şekillendirilebildiği en büyük açıdır. Şekillendirme açısı CAD/CAM yazılımıyla belirlenmektedir.

4. MALZEME VE METOT

Deney için seçilen malzeme özellikleri ve uygulanan metotla birlikte deney ekipmanlarına değinilmiştir.

4.1 Alüminyum Alaşımları

Saf alüminyumun yumuşak, dayanımının düşük oluşu nedeni ile kullanım alanı sınırlıdır. Bu nedenle alüminyum, mekanik özelliklerini iyileştirmek için alaşım yapılarak kullanılır. Alaşım sayesinde ısı işlemlere de elverişli hale getirilir. Soğuk ve sıcak olarak biçimlendirilmesi kolay, makinede talaş çıkartılması zordur. Makine ile yapılan işlemede yüksek hız ve özel keskin takımlar kullanılır.

Alüminyum, alaşım yapılarak kullanım alanı genişleyen, ısı işlem sayesinde de (sertleştirme) 600 N/mm² dayanıma ulaşabilen bir metaldir. Sertleştirilemeyen alüminyum ise özellikle deniz suyuna dayanıklıdır.

Otomat alüminyumu içerisinde %5.5 bakır, %0.5 kurşun ve %0.5 bizmut bulunan alüminyum alaşımıdır. Makinede kolayca işlenebilir. Alüminyum alaşımları ikiye ayrılır [28].

4.2 Dökme Alüminyum Alaşımları

Döküm yapılarak kum ya da madeni kalıplarda elde edilen alaşımlardır. Özellikleri döküm şekline göre değişir. Alüminyum başta bakır, silisyum, manganez ve çinko olmak üzere birçok metal ile alaşım yapar. Mimaride, süslemecilikte, deniz motorları gövde ve blokların yapımında, motor parçalarında ve

korozyona dayanım isteyen yerlerde silisyumlu alaşım kullanılır. Manganezle yaptığı alaşımda korozyon direnci açısından üstün özelliklere sahiptir. Çinko ile yaptığı alaşım ise ağır, ucuz, sertlik açısından oldukça iyi, ancak korozyon direnci düşüktür.

Dökme alüminyum alaşımlarından, % 11 - 13.5 silisyum, % 0 - 0.5 magnezyum içeren dökme alüminyum alaşımı, çok iyi döküm özelliği gösterir. Talaşlı işçiliği iyi ve korozyon direnci yüksektir. Zorlanan ince kenarlı ve çarpmalara dayanıklı parçaların imalatında kullanılır. % 9 - 11 silisyum, % 0.2 - 0.4 magnezyum ve % 0 - 0.5 manganez içeren dökme alüminyum alaşımı, yüksek zorlanmalı, ağır ve titreşimli çalışacak parçalar için dökülür.

Kaynak edilebilir ve korozyona dirençlidir. % 11 silisyum içeren alüminyum alaşımı ise aşınmaya karşı oldukça dirençlidir [28].

4.3 Dövme Alüminyum Alaşımları

Dövme alüminyum alaşımları, dökme alüminyum alaşımlarından daha üstün mekanik özelliklere sahiptir. Bu üstünlük dövme, haddeleme, çekme ve ısı işlemlerinden sonra oluşur. Bu işlemler alüminyumun yapısını inceltir ve daha homojen bir yapı oluşturur. Dövme alüminyum alaşımları üç aşamada elde edilirler. Döküm yolu ile önce büyük bloklar elde edilir. Daha sonra 300 - 500 °C sıcaklıklarda soğuk veya sıcak çekme, haddeleme ile uygun profiller haline getirilir. Gerekli zamanlarda ısı işlemler uygulanır.

% 3.5 - 4.9 bakır, % 0.2 - 1.9 magnezyum, % 0.3 - 1.1 manganez içeren dövme alüminyum alaşımları otomat tezgâhları için uygundur. % 0.6 - 1.6 magnezyum, % 0.6 - 1.6 silisyum, % 0.2 - 1 manganez, % 0 - 0.3 krom içeren alaşım ise iyi bir korozyon direncine sahiptir. Aynı alaşıma toplam % 1 - 3 kadar kurşun, kalay, bizmut ve kadmiyum katılırsa talaşlı işlemler için uygun hale gelmektedir. % 0.6 - 7.2 magnezyum, % 0 - 0.6 manganez, % 0 - 0.3 krom içeren alüminyum alaşımı dönen parçaların talaşlı işlemleri için uygundur. Özellikle optik ve hassas alet endüstrisinde kullanılır [28].

4.4 Malzeme

Deneylerde, deney numunesi olarak 1 mm kalınlığındaki, 250 x 250 mm boyutlarındaki alaşımlı alüminyum Al 2024-O sac malzeme kullanılmıştır. Kullanılan bu malzemenin kimyasal bileşimi Çizelge 4.1'de ve mekanik özellikleri Çizelge 4.2'de verilmiştir.

Çizelge 4.1 Alaşımlı alüminyum Al 2024-O sac malzemenin kimyasal bileşimi [31].

%	Cu	Fe	Si	Zn	Mn	Mg	Ti	Cr
<i>Etial-24</i>	3.8 - 4.9	0.50	0.50	0.25	0.3 - 0.9	1.2 - 1.8	0.15	0.05

Çizelge 4.2 Alaşımlı alüminyum Al 2024-O sac malzemenin mekanik özellikleri [31].

Etial-24	
Isıl işlem	O
Akma dayanımı, kg/mm ² -Mpa	11/107.8
Çekme dayanımı, kg/mm ² -Mpa	22.5 - 220.6
% Uzama, (50mm) mm/mm	12
Sertlik (HB), kg/mm ² -Mpa	47 - 460.9
Kesme dayanımı, kg/mm ² -Mpa	12.5 - 112.5
Özgül ağırlık, gr/mm ²	2.77
Elastite modülü, kg/mm ² -Mpa	7300 - 71588.5
Isısal iletkenlik, cal/cm S C°	0.29
Genleşme katsayısı, (20-100 °C) / C	23x10 ⁻⁶
Elektriksel direnci, (20 C) ohm mm ² /m	0.057
Korozyon direnci	Zayıf

Kaynak edilebilme kabiliyeti	Zayıf
Eloksal olabilme özelliği	İyi

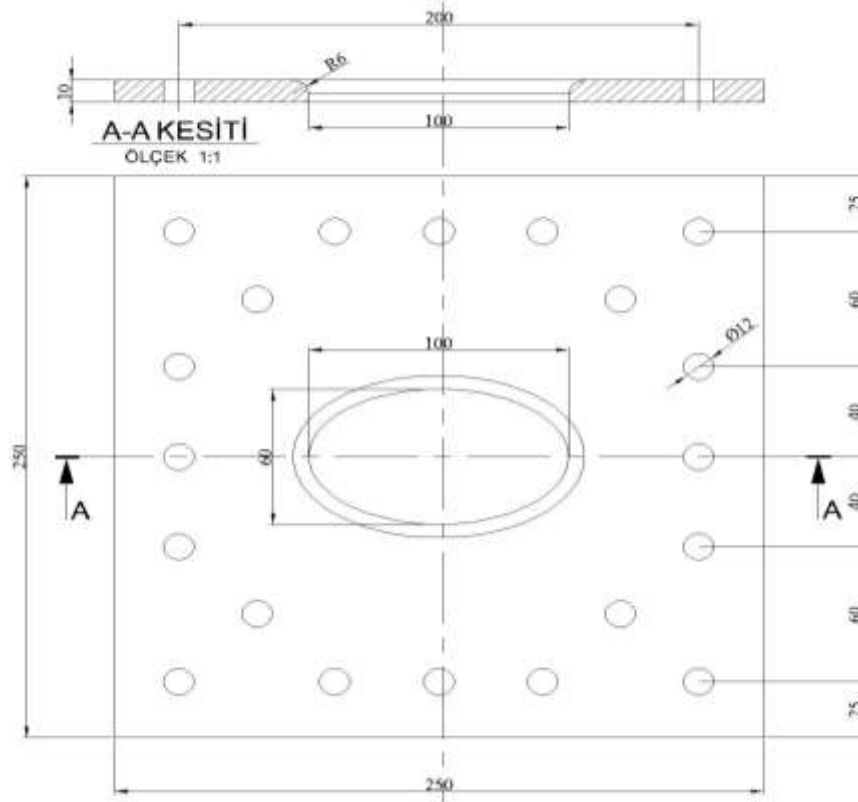
4.5 Deney Ekipmanları

Deneyler, 3 eksenli Fanuc 0i-MB kontrol paneline sahip CNC dik işleme tezgahında yapılmıştır.

4.5.1 Deneysel tasarım ve deneylerin yapılışı

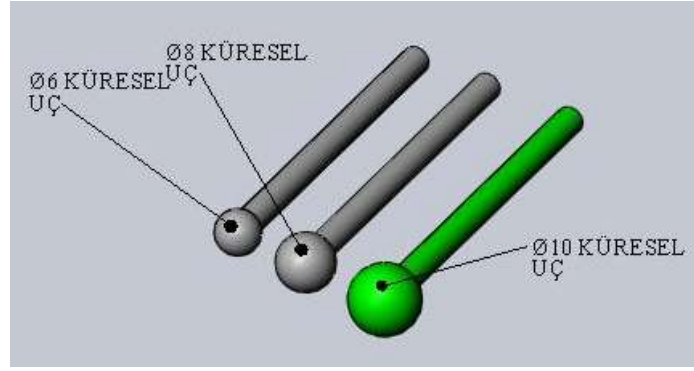
Negatif artışı şekillendirme ile alüminyum alaşımlı ince sac metalin yırtılmadan şekillendirilebilir maksimum eğim açısının araştırılması için deneyler yapılmıştır. Deneylerin yapılabilmesi için, 100 x 60 mm ölçülerine sahip elips şeklinde katı modeli CATIA V5R18 yazılımıyla oluşturulmuştur. Aynı yazılım kullanılarak modelin geometrik özelliğine bağlı olarak takım yolu çıkartılmıştır. Takım yolu olarak kontur dolanma kullanılmıştır. Bu döngüde takım şeklin X-Y düzleminde dolaştıktan sonra Δz kadar aşağıya inmekte ve tekrar kontur dolaşmaktadır. Bu işlem, deney numunesi tam şeklini alana kadar devam etmektedir.

Kalıp malzemeleri piyasada kolay bulunan malzeme St37 kalite de 10 mm'lik saclar lazerde kestirilip, form plakası malzeme akışını kolaylaştıracak şekilde elips formundaki şekil etrafı R6 radyüsle freze işlemine tabii tutulmuştur. Form plakasının dizaynı Şekil 4.1'de gösterilmiştir.



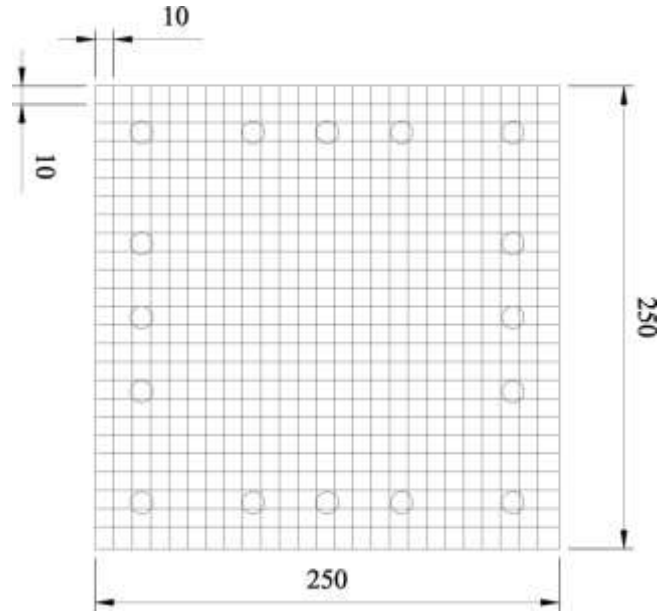
Şekil 4.1 Form plaka dizaynı

Taslak malzemeye form vermede kullanılan küresel uçlar ise piyasada kolay bulunan uzun cıvataların kafaları (8.8 kalite) Ø6, Ø8 ve Ø10 mm'ye getirilerek ısıtılma işlemine tabii tutulmadan deneye hazır hale getirilmiştir. Küresel uçlar Şekil 4.2'de gösterilmiştir.



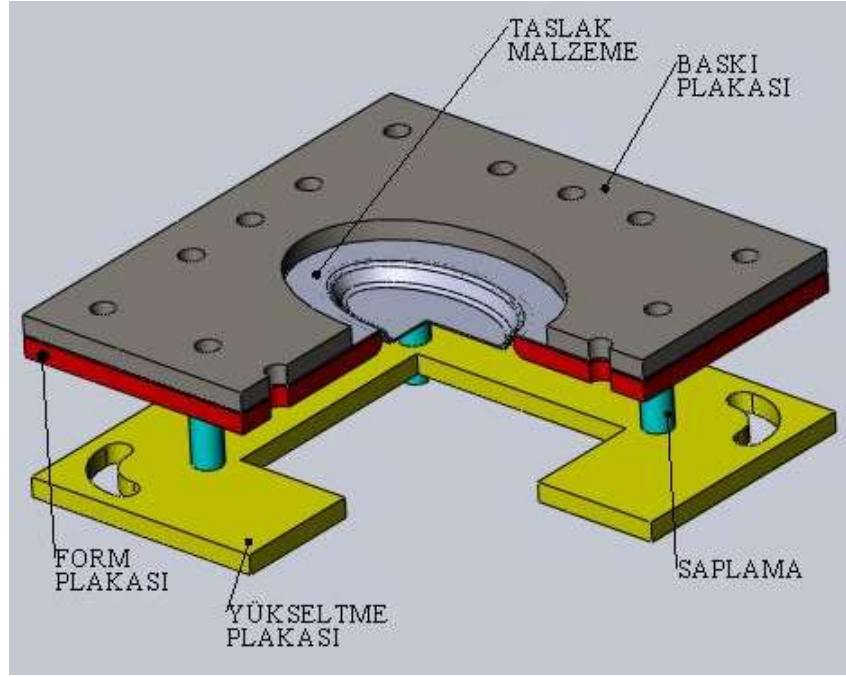
Şekil 4.2 Küresel uçlar

Taslak malzeme 250 x 250 mm boyutlarda kesilmiştir. Taslak malzeme kesim işleminden sonra şekillendirilmeyecek yüzey tarafına 10 x 10 mm aralıklara gridler çizilmiştir. Taslak malzeme hazırlama ölçüleri Şekil 4.3’de gösterilmiştir.



Şekil 4.3 Taslak malzeme hazırlama prosesi

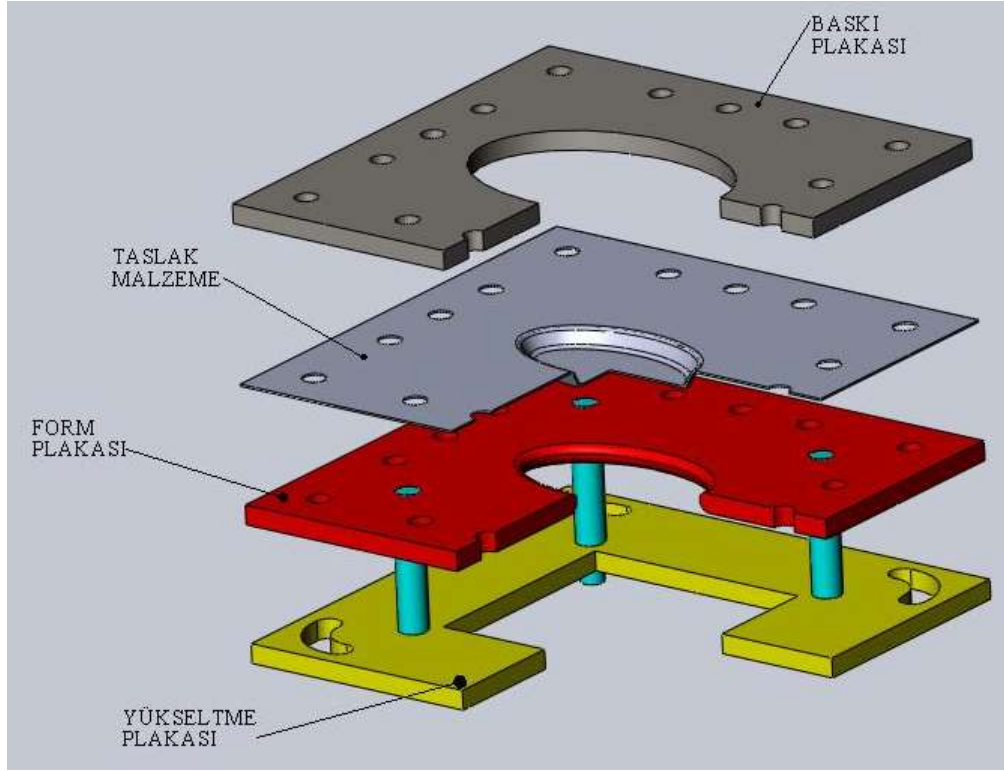
Şekillendirilecek olan sac metal, baskı plakası ve kalıp arasında sıkılarak, CNC tezgahının tablasına bağlama pabuçları ile sabitlenmiştir. 250 x 250 mm boyutlarındaki sac metalin şekillendirilmesinde, farklı eğim açılarında elips geometrisi kullanılarak, maksimum eğim açısını (θ_{max}) bulmak için deneyler yapılmıştır. Deney ekipmanları Şekil 4.4’de gösterilmiştir.



Şekil 4.4 Kalıp ekipmanları

Elips geometrisinde işlenen sac metalin, yırtılmadan şekillendirilebilmesi için yapılan deneylerde, ilk eğim açısı $\theta = 60^\circ$ alınmış ve sonra 70° yırtılma görülünce, 60° ile 70° arasında eğim açısı bu dereceler arasında aranmaya başlanmıştır. Yırtılma görüldükten sonra 1° lik azaltma aralığıyla işlemler yapılarak yırtılma öncesi maksimum eğim açısı bulunmaya çalışılmıştır. Hasar analizlerinin incelenebilmesi için yırtılma olduğu anda tezgah durdurulmuştur.

Numaralandırılmış taslak malzemeler işlendikten sonra, baskı parçası sökülüp sırası gelen numaralandırılmış taslak malzeme, deney programıyla işlenmek üzere hazırlığı yapılmıştır. Taslak malzemenin değiştirilmesi Şekil 4.5’de gösterilmiştir. Taslak malzeme küresel uç ile şekillendirme esnasında Hangsterfer’s Way/2 kızak yağı kullanılmıştır.



Şekil 4.5 Taslak malzeme değiştirme

Tüm deneylerde takımın indiği derinlik 15 mm alınmıştır. Ayrıca dikey yöndeki artış miktarı $\Delta z = 0.2$ ve 0.7 mm'dir. Deneyler, 1000 mm/dak ilerleme hızında ve 1000 dev/dak takım dönme hızında yapılmıştır.

Deneyler yapıldıktan sonra ise, maksimum eğim açısında şekillendirilen sac metalin kalınlık dağılımları incelenmiştir.

5. DENEYSEL SONUÇLAR

Deney çalışmasının ardından taslak malzemenin maksimum eğim açısı, kalınlık dağılımı ve hasar tespiti yapılmıştır.

5.1 Maksimum Eğim Açısı

Yapılan deney sonuçlarına göre 60° eğim açısında sac metalde yırtılma gerçekleşmemiştir. 70° eğim açısında sac metal numune de yırtılma gerçekleşmiştir. 65°'de yapılan deneyde yırtılma gerçekleşmiştir. Daha sonra 63°'de yapılan deneyde numune de

yırtılma gerçekleşmiştir. 61° eğim açısında malzemede yırtılma gerçekleşmemiştir. 61°'de yırtılma görülmezken 62°'de numune üzerinde yırtılmanın meydana geldiği görülmüştür. Bu sonuçlara bağlı olarak yukarıda belirtilen parametrelerde ve geometride işlenen 1 mm kalınlığındaki Al 2024-O alüminyum alaşımlı sacın şekillendirilebilir maksimum eğim açısı $\theta_{max} = 61^\circ$ olarak belirlenmiştir. Deneysel planlanan program Çizelge 5.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.1 Deneysel planlanan program

Şekil no	Adım (Δz) mm	Küresel uç çapı (Ø)	İlerleme hızı (mm/dk)	Dönme hızı (dev/dk)	Duvar açısı (θ)	Numune no	Açıklama
1	0.2	6	1000	1000	60	1.	Yırtılmadı
2	0.2	6	1000	1000	70	2.	Yırtıldı

3	0.2	6	1000	1000	65	3.	Yırtıldı
4	0.2	6	1000	1000	63	4.	Yırtıldı
5	0.2	6	1000	1000	62	5.	Yırtıldı
6	0.2	6	1000	1000	61	6.	Yırtılmadı
7	0.7	6	1000	1000	61	7.	Yırtılmadı
8	0.7	8	1000	1000	61	8.	Yırtılmadı
9	0.2	8	1000	1000	61	9.	Yırtılmadı
10	0.2	10	1000	1000	61	10.	Yırtılmadı
11	0.7	10	1000	1000	61	11.	Yırtılmadı

Birinci program tezgaha aktarılıp, 6 mm'lik küresel uç takılıp, birinci programa göre taslak malzemenin duvar açısı 60° belirlenir. Deney sonunda malzemenin yırtılmadığı gözlenmiştir. Şekil 5.1'de genel görünümüleri gösterilmiştir.



a

b

Şekil 5.1 Adım (Δz) = 0.2 mm, küresel uç çapı ($\varnothing$) = 6 mm, duvar açısı (θ) = 60°

a) küresel uçla temas etmeyen sac yüzeyi, b) küresel uçla temas eden sac yüzeyi

İkinci program tezgaha aktarılıp, 6 mm'lik küresel uç takılıp, ikinci programa göre taslak malzemenin duvar açısı 70° belirlenir. Deney sonunda malzemenin yırtıldığı gözlenmiştir.

60° ile 70° arası taslak malzeme yırtılmayana kadar maksimum duvar açısı aranmıştır. Şekil 5.2'de genel görünümüleri gösterilmiştir.



a

b

Şekil 5.2 Adım (Δz) = 0.2 mm, küresel uç çapı ($\varnothing$) = 6 mm, duvar açısı (θ) = 70°

a) küresel uçla temas etmeyen sac yüzeyi, b) küresel uçla temas eden sac yüzeyi

Üçüncü program tezgaha aktarılıp, 6 mm'lik küresel uç takılıp, üçüncü programa göre taslak malzemenin duvar açısı 65° belirlenir. Deney sonunda malzemenin yırtıldığı gözlenmiştir. Şekil 5.3'de genel görünümüleri gösterilmiştir.



Şekil 5.3 Adım (Δz) = 0.2 mm, küresel uç çapı ($\varnothing$) = 6 mm, duvar açısı (θ) = 65°

a) küresel uçla temas etmeyen sac yüzeyi, b) küresel uçla temas eden sac yüzeyi

Dördüncü program tezgaha aktarılıp, 6 mm'lik küresel uç takılıp, dördüncü programa göre taslak malzemenin duvar açısı 63° belirlenir. Deney sonunda malzemenin yırtıldığı gözlenmiştir. Şekil 5.4'de genel görünümüleri gösterilmiştir.



Şekil 5.4 Adım (Δz) = 0.2 mm, küresel uç çapı ($\varnothing$) = 6 mm, duvar açısı (θ) = 63°

a) küresel uçla temas etmeyen sac yüzeyi, b) küresel uçla temas eden sac yüzeyi

Beşinci program tezgaha aktarılıp, 6 mm'lik küresel uç takılıp, beşinci programa göre taslak malzemenin duvar açısı 62° belirlenir. Deney sonunda malzemenin yırtıldığı gözlenmiştir. Şekil 5.5'de genel görünümüleri gösterilmiştir.



a

b

Şekil 5.5 Adım (Δz) = 0.2 mm, küresel uç çapı ($\varnothing$) = 6 mm, duvar açısı (θ) = 62°

a) küresel uçla temas etmeyen sac yüzeyi, b) küresel uçla temas eden sac yüzeyi

Altıncı program tezgaha aktarılıp, 6 mm'lik küresel uç takılıp, altıncı programa göre taslak malzemenin duvar açısı 61° belirlenir. Deney sonunda malzemenin yırtılmadığı gözlenmiştir.

Taslak malzenin maksimum duvar açısı; sırasıyla 60-70-65-63-62 61° denenerek 61° yırtılmadığı gözlenmiş, maksimum duvar açısı 61° olarak belirlenmiştir. Şekil 5.6'da genel görünümüleri gösterilmiştir.



a

b

Şekil 5.6 Adım (Δz) = 0.2 mm, küresel uç çapı ($\varnothing$) = 6 mm, duvar açısı (θ) = 61°

a) küresel uçla temas etmeyen sac yüzeyi, b) küresel uçla temas eden sac yüzeyi

Yedinci program tezgaha aktarılıp, 6 mm'lik küresel uç takılıp, yedinci programa göre taslak malzemenin duvar açısı 61° iken adım 0.7 mm belirlenmiştir. Deney sonunda malzemenin yırtılmadığı gözlenmiştir.

Yedinci numuneye göre; adım parametresinin değiştirilmesiyle inkremental şekillendirilebilirlik başarılı bulunmuştur. Adım parametresinin inkremental şekillendirmeye olumsuz etki etmediği gözlenmiştir. Şekil 5.7'de genel görünümüleri gösterilmiştir.



a

b

Şekil 5.7 Adım (Δz) = 0.7 mm, küresel uç çapı ($\varnothing$) = 6 mm, duvar açısı (θ) = 61°

a) küresel uçla temas etmeyen sac yüzeyi, b) küresel uçla temas eden sac yüzeyi

Sekizinci program tezgaha aktarılıp, 8 mm'lik küresel uç takılıp, sekizinci programa göre taslak malzemenin duvar açısı 61° iken adım 0.7 mm belirlenmiştir. Deney sonunda malzemenin yırtılmadığı gözlenmiştir.

Sekizinci numuneye göre; adım parametresiyle birlikte küresel uçun değişmesiyle de inkremental şekillendirilebilirlik başarılı bulunmuştur. Adım parametresinin yanında küresel uç çapının büyümesi inkremental şekillendirmeye olumsuz etki etmediği gözlenmiştir. Şekil 5.8'de genel görünümüleri gösterilmiştir.



a

b

Şekil 5.8 Adım (Δz) = 0.7 mm, küresel uç çapı ($\varnothing$) = 8 mm, duvar açısı (θ) = 61°

a) küresel uçla temas etmeyen sac yüzeyi, b) küresel uçla temas eden sac yüzeyi

Dokuzuncu program tezgaha aktarılıp, 8 mm'lik küresel uç takılıp, dokuzuncu programa göre taslak malzemenin duvar açısı 61° iken adım 0.2 mm belirlenmiştir. Deney sonunda malzemenin yırtılmadığı gözlenmiştir.

Dokuzuncu numuneye göre; küresel uçun çapı sabitken adım parametresinin değişmesiyle de inkremental şekillendirilebilirlik başarılı bulunmuştur. Küresel uç çapının sabit tutulmasıyla adım parametresinin değiştirilmesi inkremental şekillendirmeye olumsuz etki etmediği gözlenmiştir. Şekil 5.9'da genel görünümüleri gösterilmiştir.



a

b

Şekil 5.9 Adım (Δz) = 0.2 mm, küresel uç çapı ($\varnothing$) = 8 mm, duvar açısı (θ) = 61°

a) küresel uçla temas etmeyen sac yüzeyi, b) küresel uçla temas eden sac yüzeyi

Onuncu program tezgaha aktarılıp, 10 mm'lik küresel uç takılıp, onuncu programa göre taslak malzemenin duvar açısı 61° iken adım 0.2 mm belirlenmiştir. Deney sonunda malzemenin yırtılmadığı gözlenmiştir.

Onuncu numuneye göre; adım parametresiyle birlikte küresel uçun değişmesiyle de inkremental şekillendirilebilirlik başarılı bulunmuştur. Adım parametresinin yanında küresel uç çapının büyümesi inkremental şekillendirmeye olumsuz etki etmediği gözlenmiştir. Şekil 5.10'da genel görünümüleri gösterilmiştir.



a

b

Şekil 5.10 Adım (Δz) = 0.2 mm, küresel uç çapı ($\varnothing$) = 10 mm, duvar açısı (θ) = 61°

a) küresel uçla temas etmeyen sac yüzeyi, b) küresel uçla temas eden sac yüzeyi

Onbirinci program tezgaha aktarılıp, 10 mm'lik küresel uç takılıp, onbirinci programa göre taslak malzemenin duvar açısı 61° iken adım 0.7 mm belirlenmiştir. Deney sonunda malzemenin yırtılmadığı gözlenmiştir.

Onbirinci numuneye göre; küresel uçun çapı sabitken adım parametresinin değişmesiyle de inkremental şekillendirilebilirlik başarılı bulunmuştur. Küresel uç çapının sabit tutulmasıyla adım parametresinin değiştirilmesi inkremental şekillendirmeye olumsuz etki etmediği gözlenmiştir. Şekil 5.11'de genel görünümüleri gösterilmiştir.

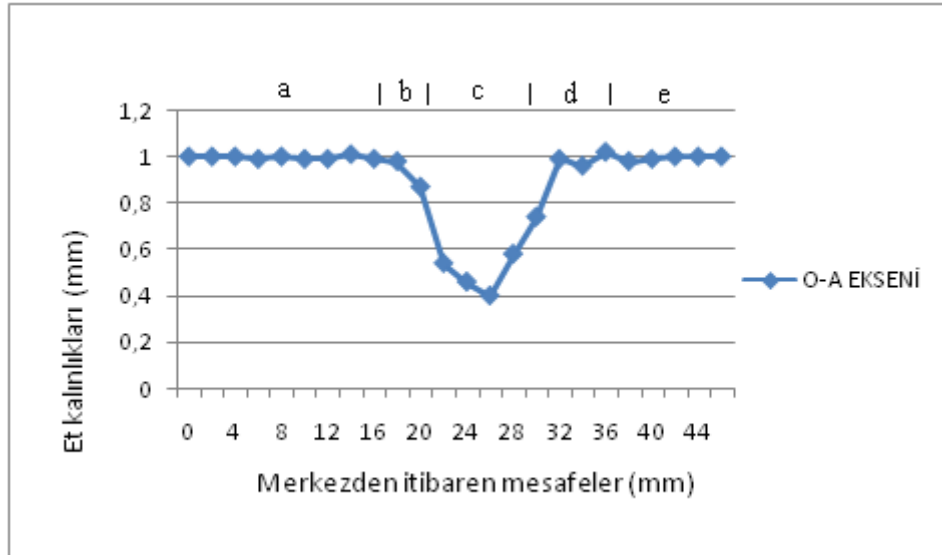


Şekil 5.11 Adım (Δz) = 0.7 mm, küresel uç çapı ($\varnothing$) = 10 mm, duvar açısı (θ) = 61°

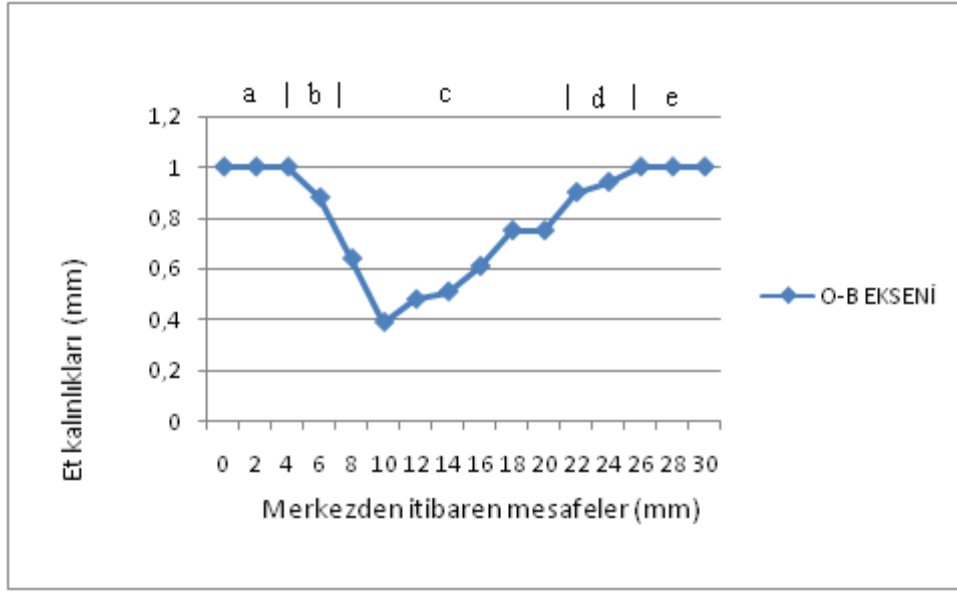
a) küresel uçla temas etmeyen sac yüzeyi, b) küresel uçla temas eden sac yüzeyi

5.2 Kalınlık Dağılımı

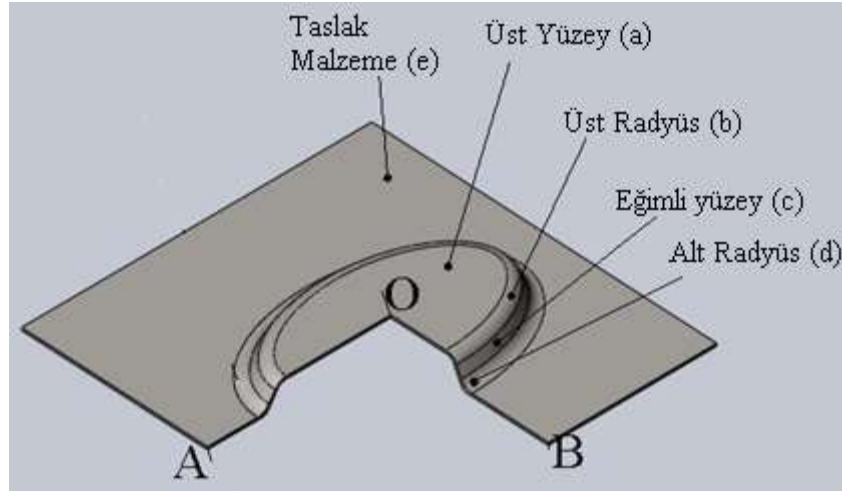
Deneyler sonucunda, yırtılmadan şekillendirilebilir maksimum eğim açısında ($\theta_{\max} = 61^\circ$) elde edilen sac metalin et kalınlığı değişimine ait grafik Şekil 5.12 ve 5.13’de verilmiştir. Grafikte kalınlık dağılımı gösterilen şekillendirilmiş metalin kesilmesi esnasında plastik deformasyon ve dolayısıyla şekil bozukluğu oluşmaması için, şekillendirilmiş sac O-A ve O-B eksenlerinden su jeti ile kesilmiştir. Daha sonra kesilen kenarların çapakları alınmıştır. OA ve OB eksenleri boyunca kesilen kenarlar 2 mm aralıklarla işaretlenerek, bu işaretli noktalarından konik uçlu mikrometre ile sacın et kalınlık değerleri ölçülmüştür. Şekil 5.13’de taslak malzemenin kesilen eksenleri gösterilmiştir. Yapılan ölçümlere göre, parçanın üst yüzeylerinin ve flanş kısımlarının kalınlıklarının değişmediği görülmüştür. Şekillendirme işleminin (plastik deformasyonun) başladığı alt radyüs başlangıcından itibaren malzeme incelmeye başlamış, yan eğimli kenarlarda bu incelme devam etmiş ve üst radyüste de sac metalin et kalınlığında minimum incelme meydana gelmiştir. Daha sonra tekrar kalınlaşarak, üst yüzeyden itibaren malzeme kalınlığında herhangi bir değişikliğin olmadığı görülmüştür.



Şekil 5.12 O - A eksenli et kalınlıkları dağılımı



Şekil 5.13 O - B eksenli et kalınlıkları dağılımı



Şekil 5.14 61° açılı elips geometrili taslak malzeme

5.3 Yüzey Kalitesi

Yüzey kalitesi incelendiğinde parçanın iç yüzeylerinde işleme izlerinin görüldüğü, dış yüzeylerinde ise plastik deformasyon sonucu oluşan akma neticesinde yüzey kalitesinin bozulduğu gözlemlenmiştir.

5.4 Hasar Analizi

Parçanın yırtılmadan şekillendirilebilir maksimum açısı 61° olarak belirlenmiştir. Açısı 70°, 65°, 63°, 62° alındığında şekilde görüldüğü gibi parçanın dar kesitlerinde yırtılmalar gerçekleşmiştir (Bkz. Şekil 5.2 - 5.5).

Yırtılmalar takım ile parça arasındaki temas noktasında değil de, bu bölgeye yakın kısımlarda oluşmuştur. Bu durumda malzemenin temas bölgesinde takımdan çok fazla etkilenmediği görülmüştür. Ayrıca yırtılmalar takım yolunu takip etmediğinden, yırtılmaların plastik deformasyon sonucu oluştuğu tahmin edilmektedir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Sac işlemeciliğinde esnek imalat için önerilen inkremental şekillendirilebilirlik için yapılan deneylerde ilerleme ve dönme hızları sabit tutularak, Al-2024-O malzemenin şekillendirilmesinde adım boyutunun ve küresel ucun etkileri maddeler halinde belirtilmiştir.

- Yapılan deney sonuçlarına göre, negatif artışı şekillendirme işlemi ile 1 mm kalınlığındaki Al 2024-O alüminyum alaşımlı sacın şekillendirilebilir maksimum eğim açısı $\theta_{\max} = 61^\circ$ olarak belirlenmiştir.
- İşlem sırasında görülen yırtılmaların takım - parça temas noktasında değil de, bu bölgeye yakın bölgelerde meydana gelmiştir. Buna bağlı olarak malzemenin temas bölgesinde takımdan çok fazla etkilenmediği görülmüştür.
- İşlenen yüzeyde izlerin meydana geldiği, şekillendirilecek malzemenin sert, işleyen malzemenin yumuşak olması durumunu göz önünde bulundurduğumuzda, deneyde şekillendirilen alüminyum malzemenin işlenmesinde izlerin oluşmaması için alüminyum malzemeye göre yumaşak şekillendirici (küresel uç malzemesini) olarak teflon tercih edilebilir.
- Deney sonuçlarından elde edilen minimum sac kalınlıkları Çizelge 6.1’de gösterilmiştir.
- Yırtılmaların dışında minimum sac kalınlığı O - A ekseninde 0.29 mm, O - B ekseninde 0.26 mm olarak ölçülmüştür.
- Küçük adım boyutunun (0.2 mm) 2 mm’lik aralıklarda malzemeyi daha çabuk incelttiği gözlenmiştir.
- Büyük adım boyutunun (0.7 mm) malzemeyi, küçük adım boyutuna (0.2 mm) göre daha az deformasyona uğrattığı gözlenmiştir. Büyük adım boyutunun şekillendirmede daha başarılı olduğu gözlenmiştir.
- Malzeme yırtılmalarının dar kesitlerde meydana geldiği gözlenmiştir. (Bkz. 5.2 - 5.5)
- Yapılan deneylerle kontur dolanma çevriminin negatif artışı şekillendirme işleminde uygulanabilirliği ortaya konmuştur.

Çizelge 6.1 Al 2024-O malzemenin deney sonuçları

Al 2024-O malzemenin deney sonuçları								
Numune	Sac min.kalınlık		Sacın hızlı(ani) incelendiği değerler					
	O - A ekseni min. kalınlık	O - B ekseni min. kalınlık	O - A ekseni üst değer	O - A ekseni alt değer	O - A ekseni değer fark	O - B ekseni üst değer	O - B ekseni alt değer	O - B ekseni değer fark
1	0.38	0.36	0.64	0.39	0.25	0.84	0.48	0.36
2	0.29	0.38	0.78	0.48	0.3	0.88	0.52	0.36
3	0.35	0.32	0.6	0.35	0.25	0.68	0.32	0.36
4	0.3	0.26	0.63	0.32	0.31	0.71	0.3	0.41
5	0.38	0.35	0.81	0.39	0.42	0.8	0.41	0.39
6	0.4	0.39	0.87	0.54	0.33	0.64	0.39	0.25
7	0.53	0.5	0.74	0.53	0.21	0.9	0.58	0.32
8	0.45	0.53	0.97	0.78	0.19	0.97	0.72	0.25
9	0.35	0.51	0.96	0.63	0.33	0.8	0.67	0.13
10	0.37	0.42	0.88	0.54	0.34	0.97	0.72	0.25
11	0.51	0.56	0.76	0.66	0.1	0.94	0.56	0.38

KAYNAKLAR DİZİNİ

- [1] Hirt, G., Ames, J., Bambach, M., and Kopp, R., (2004). Forming Strategies and Process Modelling for CNC Incremental Sheet Forming. CIRP Annals - Manufacturing Technology, Volume: 53, Number: 1, pp: 203-206.



- [2] Hussain, G., Dar, N.U., Gao, L. and Chen, M.H., (2007). A Comparative Study on the Forming Limits of an Aluminum Sheet - Metal in Negative Incremental Forming. *Journal of Materials Processing Technology*, Volume: 187-188, pp: 94-98.
- [3] Mumcu, H., Experimental investigation of maximum forming angle and wall thickness variation on Al-1050 sheet metal in negative incremental forming , *Technological Applied Sciences*, Volume: 4, Number: 2, Article Number: 2A0016,
- [4] Martins, P.A.F., Bay, N., Skjoedt, M. and Silva, M.B., (2008). Theory of Single Point Incremental Forming. *CIRP Annals -Manufacturing Technology*, Volume: 57, Number: 1, pp: 247-252.
- [5] Yamashita, M., Gotoh, M., and Atsumi, S., (2008). Numerical Simulation of Incremental Forming of Sheet Metal. *Journal of Materials Processing Technology*, Volume: 199, Number: 1-3, pp:163-172.
- [6] Park, J.J. and Kim, Y.H., (2003). Fundamental Studies on the Incremental Sheet Metal Forming Technique. *Journal of Materials Processing Technology*, Volume: 140, Number: 1-3, pp: 447-453.
- [7] Kim, Y.H. and Park, J.J., (2002). Effect of Process Parameters on Formability in Incremental Forming of Sheet Metal. *Journal of Materials Processing Technology*, Volume: 130-131, pp: 42-46.
- [8] Ambrogio, G., Costantino, I., De Napoli, L., Filice, L., Fratini, L. and Muzzupappa, M., (2004). Influence of Some Relevant Process Parameters on the Dimensional Accuracy in Incremental Forming: a Numerical and Experimental Investigation. *Journal of Materials Processing Technology*, Volume: 153-154, pp:501-507.
- [9] Cerro, I, Maidagan, E, Arana, J., Rivero, A. and Rodriguez,P.P., (2006). Theoretical and Experimental Analysis of the Dieless Incremental Sheet Forming Process. *Journal of Materials Processing Technology*, Volume: 177, Number: 1-3, pp: 404-408.
- [10] Minutolo, F.C., Durante, M., Formisano, A. and Langella, A.,(2007). Evaluation of the Maximum Slope Angle of Simple Geometries Carried out by Incremental Forming Process. *Journal of Materials Processing Technology*, Volume: 194, Number: 1-3, pp:145-150.
- [11] Lasunon, O. and Knight, W.A., (2007). Comparative Investigation of Single-Point and Double-Point Incremental Sheet Metal Forming Processes. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture*, Volume:221, Number: 12, pp: 1725-1732.
- [12] Ji, Y.H. and Park, J.J., (2008). Formability of Magnesium AZ31 Sheet in the Incremental Forming at Warm Temperature. *Journal of Materials Processing Technology*, Volume: 201, Number: 1-3, pp:354-358.

- [13] Matsubara, S., (2001). A Computer Numerically Controlled Dieless Incremental Forming of a Sheet Metal. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, London, Volume: 215, Number: 7, pp: 959-966.
- [14] Fratini, L., Ambrogio, G., Lorenzo, R.D., Filice, L. and Micari, F., (2004). Influence of Mechanical Properties of the Sheet Material on Formability in Single Point Incremental Forming. CIRP Annals - Manufacturing Technology, Volume: 53, Number: 1, pp: 207-210.
- [15] Ham, M. and Jeswiet, J., (2006). Single Point Incremental Forming and the Forming Criteria for AA3003. CIRP Annals - Manufacturing Technology, Volume: 55, Number: 1, pp: 241-244.
- [16] Raithatha A, Jackson K, Duncan S. and Allwood J., (2006). New Method for Modeling Plastic Deformation in Incremental Sheet Forming. 2006 IEEE International Conference on Control Applications, pp: 1037-1042.
- [17] Hussain, G., Gao, L., Hayat, N., and Qijian, L., (2007). The Effect of Variation in the Curvature of Part on the Formability in Incremental Forming: An Experimental Investigation. International Journal of Machine Tools and Manufacture, Volume: 47, Number: 14, pp: 2177-2181.
- [18] Takano, H., Kitazawa, K., and Goto, T., (2008). Incremental Forming of Nonuniform Sheet Metal: Possibility of Cold Recycling Process of Sheet Metal Waste. International Journal of Machine Tools and Manufacture, Volume: 48, Number: 3-4, pp: 477-482.
- [19] Ambrogio, G., Filice, L., and Manco, G.L., (2008). Warm Incremental Forming of Magnesium Alloy AZ31. CIRP Annals - Manufacturing Technology, Volume: 57, Number: 1, pp: 257-260.
- [20] Hussain, G., Gao, L., Hayat, N., Cui, Z., Pang, Y.C., and Dar, N.U., (2008). Tool and Lubrication for Negative Incremental Forming of a Commercially Pure Titanium Sheet. Journal of Materials Processing Technology, Volume: 203, Number: 1-3, pp: 193-201.
- [21] Hussain, G. and Gao, L., (2007). A Novel Method to Test the Thinning Limits of Sheet Metals in Negative Incremental Forming. International Journal of Machine Tools and Manufacture, Volume: 47, Number: 3-4, pp: 419-435.
- [22] Hussain, G., Gao, L. and Dar, N.U., (2007). An Experimental Study on Some Formability Evaluation Methods in Negative Incremental Forming. Journal of Materials Processing Technology, Volume: 186, Number: 1-3, pp: 45-53.
- [23] Jeswiet J., Micari F., Hirt G., Bramley A., Duflou J. and Allwood J., (2005). Asymmetric Single Point Incremental Forming of Sheet Metal. CIRP Annals - Manufacturing Technology, Volume: 54, Number: 2, pp: 623-649.



- [24] <http://151820051104.tr.gg/Tala%26%23351%3B%26%23305%3B-%26%23304%3Bmalat-Y.oe.ntemleri.htm>, Esogu,E.T., Şubat 2011
- [25] <http://151820051104.tr.gg/Kaynak.htm>, Esogu.,E.T., Şubat 2011
- [26] <http://151820051104.tr.gg/D.oe.k.ue.m.htm>, Esogu,E.T., Şubat 2011
- [27] Ay, İ., İmalat Yöntemleri II, Balıkesir Üniversitesi, Plastik Şekil Vermede Metalürjik Esasları
- [28] Karagöz, S., Makine Resim Konstrüksiyon Programı, Adnan Menderes Üniversitesi Aydın Meslek Yüksekokulu,Malzeme Bilgisi, Aydın – 2008
- [29] <http://151820051104.tr.gg/Plastik-%26%23350%3Bekil-Verme.htm>, Esogu, E.T., Şubat 2011
- [30] www.ofismuhendis.com, Şubat 2011
- [31] <http://www.seydisehiraluminyum.com.tr/> , Şubat 2011

KONYA İLİ, SELÇUKLU İLÇESİ KONYA İLİ, SELÇUKLU İLÇESİ, FERİTPAŞA MAHALLESİ 13217 ADA 1 PARSEL'İN EN VERİMLİ VE EN İYİ KULLANIMI İLKESİNE (EVİK) GÖRE DEĞER ANALİZİ

VALUE ANALYSIS OF KONYA PROVINCE, SELÇUKLU DISTRICT KONYA PROVINCE, SELÇUKLU DISTRICT, FERİTPAŞA NEIGHBORHOOD, 13217 PARK 1, ACCORDING TO THE MOST EFFICIENT AND BEST USE PRINCIPLE

Ezgi Bilge ARSLAN

KTO Karatay Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Karatay, Konya, Türkiye

ORCID ID: 0009-0009-6724-6420

Süleyman Kamil AKIN

Dr., KTO Karatay Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Karatay, Konya, Türkiye

ÖZET

Bu çalışma, verimlilik ve en etkin ve verimli kullanım ilkesine göre bir değer analizi gerçekleştirmeyi hedeflemektedir. Değer analizi, bir sistemin veya kaynağın mevcut durumunu ve potansiyel değerini belirlemek için kullanılan bir yöntemdir. En etkin ve verimli kullanım ilkesi, gayrimenkul yönetimi ve şehir planlaması gibi alanlarda uzun bir tarihe sahiptir. 18. ve 19. yüzyıllarda gerçekleşen Sanayi Devrimi'nden sonra, sanayi üretimi artmış ve kentsel nüfus hızla büyümüştür. Bu dönemde, fabrikaların ve işçi konutlarının verimli bir şekilde planlanması ve kullanılması ihtiyacı ortaya çıkmıştır. Şehirleşme, yerleşimlerin daha düzenli ve verimli bir şekilde planlanması gerekliliğini vurgulamıştır. Modern Şehir Planlaması 20. yüzyılda, şehir planlaması disiplini ve kavramları geliştirmiştir. Bu dönemde en etkin ve verimli kullanım ilkesi, şehirlerin altyapı, ulaşım, konut, ticaret ve yeşil alanlar gibi alanlarda dengeli ve etkili bir şekilde planlanmasını vurgulamıştır. Fonksiyonel ayırım, zonlama, yeşil kuşaklar ve trafik akışı gibi planlama prensipleri bu ilkeye dayanmıştır. Son yıllarda, çevresel sürdürülebilirlik önem kazanmış ve en etkin ve verimli kullanım ilkesi bu bağlamda ele alınmıştır. Yeşil binalar, enerji verimliliği, atık yönetimi, çevresel etkilerin azaltılması ve sağlıklı iç mekânlar gibi faktörleri dikkate alarak en verimli kullanımı hedeflemektedir. Bu bilgiler bağlamında; sürdürülebilirlik, teknolojik ilerlemeler, nüfus artışı ve değişen pazar talepleri gibi faktörler, bu ilkenin sürekli olarak yeniden değerlendirilmesine ve uygulanmasına yol açmaktadır. Bu çalışma, planlama ve mevzuat, piyasa talepleri, gayrimenkulün fiziksel özellikleri, ekonomik faktörler ve sürdürülebilirlik gibi farklı parametreleri değerlendirilerek bir sistemin mevcut performansını analiz edecek ve daha iyi kullanım potansiyelini ortaya çıkarmayı amaçlayacaktır. Bu süreçte, kaynakların en iyi şekilde kullanılması, maliyet-etkinlik, enerji verimliliği, çevresel sürdürülebilirlik ve toplumsal fayda gibi faktörler dikkate alınacaktır. Sonuç olarak, bu tez, verimlilik ve en iyi kullanım esasına dayalı bir değer analizi yaparak, bir sistemin potansiyelini artırmaya yönelik stratejiler ve öneriler sunmayı amaçlamaktadır.

Anahtar kelimeler: Verimli kullanım, değer analizi, kentsel dönüşüm, değerlendirme, şehir planlama.

ABSTRACT

This study aims to perform a value analysis according to the principle of efficiency and the most effective and efficient use. Value analysis is a method used to determine the current state and potential value of a system or resource. The principle of most effective and efficient use has a long history in areas such as real estate management and city planning. After the Industrial Revolution in the 18th and 19th centuries, industrial production increased and the urban population grew rapidly. During this period, has gained importance and the principle of most effective and efficient use has been discussed in this context. Green buildings aim for the most efficient use by taking into account factors such as



energy efficiency, waste management, reduction of environmental impacts and healthy interiors. In the context of this information; Factors such as sustainability, technological advances, population growth and changing market demands lead to a constant reassessment and application of this principle. This study will analyze the current performance of a system by evaluating different parameters such as planning and legislation, market demands, physical properties of real estate, economic the need for efficient planning and use of factories and workers' residences emerged. Urbanization has emphasized the need for more regular and efficient planning of settlements. Modern Urban Planning In the 20th century, the discipline and concepts of urban planning have developed. In this period, the principle of most effective and efficient use emphasized the balanced and effective planning of cities in areas such as infrastructure, transportation, housing, trade and green areas. Planning principles such as functional separation, zoning, green belts and traffic flow are based on this principle. In recent years, environmental sustainability factors and sustainability and aim to reveal its potential for better use. In this process, factors such as the best use of resources, cost-effectiveness, energy efficiency, environmental sustainability and social benefit will be taken into account. In conclusion, this thesis aims to present strategies and suggestions for increasing the potential of a system by performing a value analysis based on efficiency and best use.

Keywords: Efficient use, value analysis, urban transformation, valuation, city planning.

SÜRDÜRÜLEBİLİR HİBRİT GEOPOLİMER HARÇLARDA FARKLI TÜR BOR MİNERALLERİ KULLANIMININ MEKANİK ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİLERİ

THE EFFECTS OF USING DIFFERENT TYPES OF BORON MINERALS IN SUSTAINABLE HYBRID GEOPOLYMER MORTARS ON MECHANICAL PROPERTIES

Ezgi ÖRKLEMEZ

Doktora Öğrencisi, Erciyes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Talas, Kayseri, Türkiye

ORCID ID: 0000-0003-0514-7370

Serhan İLKENTAPAR

Doç. Dr., Erciyes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Talas, Kayseri, Türkiye

ORCID ID: 0000-0002-9932-2899

Uğur DURAK

Dr. Öğr. Üyesi, Erciyes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Talas, Kayseri, Türkiye

ORCID ID: 0000-0003-2731-3886

Burak UZAL

Prof. Dr., Abdullah Gül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Kocasinan, Kayseri, Türkiye

ORCID ID: 0000-0002-3810-7263

Okan KARAHAN

Prof. Dr., Erciyes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Talas, Kayseri, Türkiye

ORCID ID: 0000-0001-7970-1982

Cengiz Duran ATİŞ

Prof.Dr., Erciyes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Talas, Kayseri, Türkiye

ORCID ID: 0000-0003-3459-329X

ÖZET

Beton inşaat sektöründe yaygın olarak kullanılan yapı malzemelerinin başında gelmektedir. Betonun ana bileşenlerinden biri olan Portland çimentosu üretilirken çok fazla enerji tüketilir ve atmosfere büyük miktarda CO₂ salınır. Son yıllarda inşaat sektöründe çevresel kaygılar ve uluslararası anlaşmalar (Avrupa Yeşil Mutabakatı) sebebiyle sürdürülebilir kalkınma, döngüsel ekonomi ve karbon emisyonun azaltılması gibi konular ön plana çıkmıştır. Çevresel etkileri daha az olan çimentoya alternatif olabilecek bağlayıcı malzemelere ihtiyaç duyulmuştur. Endüstriyel atıklar ile üretilen sürdürülebilir geopolimer sistemler çimentolu sistemlere alternatif olabileceği potansiyeline sahiptir. Bu çalışmada, bağlayıcı olarak

endüstriyel atık puzolanlar olan uçucu kül ve yüksek fırın cürufu kombinasyonundan sürdürülebilir hibrit geopolimer harçlar üretilmiştir. Bağlayıcı olarak kullanılan uçucu kül/yüksek fırın cürufu oranı 4 olarak belirlenmiştir. Üretilen numunelerde ağırlıkça likit/bağlayıcı oranı 0,48 ve kum/bağlayıcı oranı 3,0'tür. Na_2SiO_3 ve NaOH 'tan oluşan aktivatör çözeltisine ağırlıkça %5 ve %10 oranlarında kolemanit, üleksit, tinkal ve bor pentahidrat ikame edilmiştir. Geopolimer harç karışımlarında agrega olarak Rilem CEN standart kumu kullanılmıştır. 40x40x160 mm boyutlarında üretilen geopolimer harç numuneleri 23 ± 2 °C oda sıcaklığında 3, 7 ve 28 gün kür edilmiştir. Kür süreci tamamlanan numuneler üzerinde birim ağırlık, eğilme dayanımı, basınç dayanımı ve ultrasonik atımlı dalga hızı deneyleri yapılmıştır. Geopolimer harçların 3, 7 ve 28 günlük birim ağırlık değerleri 2,14 ile 2,34 gr/cm^3 arasında elde edilmiştir. Kür süresi uzadıkça geopolimer harçların birim ağırlık değerleri azalmıştır. 3, 7 ve 28 günlük eğilme dayanım sonuçlarına göre, referans harca kıyasla en fazla dayanım artışı %10 tinkal içeren (5,6 MPa ile %12 oranında artış) harçlarda görülmüştür. 3, 7 ve 28 günlük basınç dayanım sonuçlarına göre en yüksek basınç dayanım değeri (34,3 MPa ile %13 oranında artış) 28 gün kür edilen %10 tinkal içeren geopolimer harçta olmuştur. 3, 7 ve 28 gün kür edilen referans ve bor ikameli harçların basınç dayanımlarının birbirilerine yakın olduğu görülmüştür. 3, 7 ve 28 gün kür edilen geopolimer harçların ultrasonik atımlı dalga hızı değerleri ise 2,67-4,22 km/s arasında olduğu tespit edilmiştir. Artan kür süresi ile harç numunelerin ultrasonik dalga hızlarında artış görülmüştür. Sonuç olarak geopolimer harç üretiminde alkali aktivatör olarak kullanılan NaOH ve Na_2SiO_3 karışımına %5 ve %10 oranında kolemanit, üleksit, tinkal ve bor pentahidrat ikame edilerek geleneksel alkaliler ile üretilmiş geopolimer harçlara muadil yapı malzemeleri elde edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Hibrit Geopolimer, Bor, Sürdürülebilirlik, Aktivatör, Mekanik Özellikler

ABSTRACT

Concrete is one of the most widely used building materials in the construction industry. While producing Portland cement, one of the main components of concrete, a lot of energy is consumed and a large amount of CO_2 is released into the atmosphere. In recent years, issues such as sustainable development, circular economy, and carbon emission reduction have come to the fore in the construction sector due to environmental concerns and international agreements (European Green Deal). There was a need for binder materials that could be an alternative to cement with less environmental impact. Sustainable geopolimer systems produced with industrial wastes have the potential to be an alternative to cementitious systems. In this study, sustainable hybrid geopolimer mortars were produced from the combination of fly ash and blast furnace slag, which are industrial waste pozzolans, as binders. The ratio of fly ash/blast furnace slag used as a binder was determined as 4. In the samples produced, the liquid/binder ratio by weight is 0.48 and the sand/binder ratio is 3.0. Colemanite, ulexite, tincal, and boron pentahydrate were substituted at 5% and 10% by weight in the activator solution consisting of Na_2SiO_3 and NaOH . Rilem CEN standard sand was used as aggregate in geopolimer mortar mixes. The geopolimer mortar samples produced in the dimensions of 40x40x160 mm were and cured at 23 ± 2 °C room temperature for 3, 7 and 28 days. Unit weight, flexural strength, compressive strength and ultrasonic pulse velocity tests were carried out on the specimens after curing. The 3, 7, and 28 day unit weight values of geopolimer mortars were obtained between 2.14 and 2.34 gr/cm^3 . As the curing time increased, the unit weight values of geopolimer mortars decreased. According to the flexural strength results of 3, 7, and 28 days, the highest increase in strength was observed in the mortars containing 10% tincal (with 5.6 MPa, 12% increase) compared to the reference mortar. According to the compressive strength results of 3, 7, and 28 days, the highest compressive strength value (13% increase with 34.3 MPa) was found in the geopolimer mortar containing 10% tincal, cured for 28 days. It was observed that the compressive strengths of the reference and boron-substituted mortars cured for 3, 7, and 28 days

were close to each other. Ultrasonic pulsed wave velocity values of geopolymer mortars cured for 3, 7, and 28 days were found to be between 2.67-4.22 km/sec. The ultrasonic wave velocity of the mortar samples increased with increasing curing time. As a result, 5% and 10% colemanite, ulexite, tincal, and boron pentahydrate were substituted to the mixture of NaOH and Na₂SiO₃, which is used as an alkali activator in the production of geopolymer mortar, and building materials equivalent to geopolymer mortars produced with traditional alkalis were obtained.

Keywords: Hybrid Geopolymer, Boron, Sustainability, Activator, Mechanical Properties

KAYSERİ YÖRESİNE AİT POMZA AGREGALI HAFİF GEOPOLİMER HARÇLARIN FİZİKSEL VE MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

INVESTIGATION OF PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF LIGHTWEIGHT GEOPOLYMER MORTARS WITH PUMICE AGGREGATE BELONGİNG TO KAYSERİ REGION

Abdullahı Nur BARKHADLE

Yüksek Lisans Öğrencisi, Erciyes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Talas, Kayseri, Türkiye

ORCID ID: 0009-0004-3794-9882

Serhan İLKENTAPAR

Doç. Dr., Erciyes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Talas, Kayseri, Türkiye

ORCID ID: 0000-0002-9932-2899

Uğur DURAK

Dr. Öğr. Üyesi, Erciyes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Talas, Kayseri, Türkiye

ORCID ID: 0000-0003-2731-3886

Okan KARAHAHAN

Prof. Dr., Erciyes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Talas, Kayseri, Türkiye

ORCID ID: 0000-0001-7970-1982

Cengiz Duran ATİŞ

Prof. Dr., Erciyes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Talas, Kayseri, Türkiye

ORCID ID: 0000-0003-3459-329X

ÖZET

Atmosfere salınan CO₂ 'in yaklaşık %8'i çimento üretimi esnasında oluşmaktadır. Bu nedenle son yıllarda çimentoya alternatif bağlayıcı sistemleri hakkında çalışmalar artmış durumdadır. Özellikle ülkemizi de yakından ilgilendiren Avrupa Yeşil Mutabakatı (European Green Deal) çerçevesinde hazırlanan 2021 ve 2022 Yeşil Mutabakat Eylem Planı'nı da belirtilen enerji yoğun 5 sektör için önlemlerin alınması kaçınılmaz olmuştur. Bu 5 sektörün içerisinde çimento sektörü de yer almakta olup daha çevreci sürdürülebilir yapı malzemelerin elde edilmesi elzem hale gelmiştir. Özellikle 2030 ve 2050 hedefleri doğrultusunda 2023 yılından başlayacak kademeli değişikliklere adapte olunması ülkemiz açısından önem arz etmektedir. Bu sebeple bu çalışmada geleneksel çimentolu bağlayıcılara alternatif olarak uçucu kül tabanlı bağlayıcılar kullanılmıştır. Uçucu küller çeşitli alkaliler ile aktive edilerek geopolimer bağlayıcılar oluşturulmuştur. Geopolimer harçların düşük birim hacim ağırlığına sahip olması için Kayseri yöresine ait pomza agregası kullanılmıştır.

Bu çalışmanın amacı Kayseri ilinde yüksek miktarda bulunan hafif pomza agregalarını kullanarak yeterli mekanik özelliklere sahip hafif geopolimer harç üretmektir. Çalışmada bağlayıcı olarak F sınıfı uçucu kül kullanılmış olup, aktivatör olarak NaOH kullanılmıştır. Hafif harçlar 40×40×160 mm lik standart harç numune boyutlarında üretilmiştir. 75°C de ısıtılır kurulan pomza agregalı harçlar 24, 48 ve 72 saat ısıtılır küre tabi tutulmuştur. Üretilen harç numunelerin birim hacim ağırlığı, basınç dayanımı

ve eğilme dayanımı incelenmiştir. Ayrıca iç yapıda boşluk oluşturma ve dayanıma etkisinin incelenmesi için karışımlara alüminyum tozu ilave edilmiştir. Buna göre mekanik dayanım sonucu olarak en yüksek dayanım %10 oranında aktivatör kullanılan geopolimer hafif harçlar da görülmüştür. %2 Al tozu ilave edilmiş harçlarda birim hacim ağırlık değeri referans numuneye göre yaklaşık %16 oranında daha düşük olmuştur. Elde edilen sonuçlara göre pomza agregasının uygun aktivatör miktarı ve kür süresi ayarlaması hafif geopolimer hafif harç üretiminde kullanılabileceği kanaatine varılmıştır.

Anahtar kelimeler: Geopolimer, Pomza Agregası, Uçucu Kül, Mekanik Özellik

ABSTRACT

Approximately 8% of the CO₂ released into the atmosphere is formed during cement production. Therefore, studies on alternative binder systems to cement have increased in recent years. It was inevitable to take measures for the 5 energy-intensive sectors specified in the 2021 and 2022 Green Deal Action Plan, which was prepared within the framework of the European Green Deal, which is also closely related to our country. The cement sector is also included in these 5 energy-intensive sectors, and it has become essential to obtain more environmentally friendly sustainable building materials. It is important for our country to adapt to the gradual changes that will start in 2023, especially in line with the 2030 and 2050 targets. Therefore, in this study, fly ash-based binders were used as an alternative to traditional cementitious binders. Fly ash was activated with alkalis and geopolymer binders were produced. In order for the geopolymer mortars to have low unit weight, pumice aggregate from the Kayseri region was used.

The aim of this study is to produce lightweight geopolymer mortar with sufficient mechanical properties by using light pumice aggregates, which are high in Kayseri province. In the study, Class F fly ash was used as a binder and NaOH was used as an activator. Lightweight mortars were produced in standard mortar sample sizes of 40×40×160 mm. Mortars with pumice aggregate, which were heat cured at 75 °C, were subjected to heat curing for 24, 48, and 72 hours. The unit volume weight, compressive strength, and flexural strength of mortar samples were investigated. In addition, aluminum powder was added to the mixtures to create voids in the internal structure and to examine its effect on strength. As a result of mechanical strength, the highest strength was observed in geopolymer lightweight mortars using a 10% activator. The unit volume weight value of the mortars with 2% Al powder was approximately 16% lower than the reference sample. According to the results, it was concluded that the pumice aggregate can be used in the production of lightweight geopolymer mortar with the appropriate activator amount and curing time adjustment.

Keywords: Geopolymer, Pumice Aggregate, Fly Ash, Mechanical Property

THE EFFECT OF AGGREGATE TYPE ON THE RELATIONSHIP OF ABRASION RESISTANCE-COMPRESSIVE STRENGTH IN HIGH STRENGTH CONCRETE

Mustafa KAYA

Prof. Dr, Aksaray Univ. Eng. Fac. Civil Eng. Dep., Aksaray, Türkiye

Erçin GÜRSEL

Grad Student from Aksaray Univ. Institute of Science and Technology, Civil Eng. Dep., Aksaray, Türkiye

Şule Bakırcı ER

Assist. Prof. Dr., Kırıkkale Univ, Eng and Arch. Fac, Civil Eng. Fac., Kırıkkale, Türkiye

ORCID ID: 0000-0003-1021-3678

ABSTRACT

Concrete is the most common construction material. Being economical and durable, easy to shape are reasons for preference. Aggregates compose the 75% of concrete volume. Using the appropriate aggregate is important to obtain the desired quality concrete. In this study, the effect of aggregate types taken from different aggregate quarries in our country on the abrasion resistance and compressive strength of high strength concrete was investigated. Concrete mixtures were prepared by using aggregates of basalt, granite, diorite, limestone, quartzite origin. Abrasion resistance-compressive strength values of these mixtures were investigated. The aggregate type with the highest abrasion resistance is basalt, and the lowest is diorite. Abrasion resistance values are 29 and 9, respectively. Diorite aggregate with the highest compressive strength of 239 MPa and basalt aggregate with the lowest compressive strength of 78 MPa are obtained. No linear relationship was observed between abrasion resistance and concrete compressive strength.

Keywords: Abrasion resistance in concrete, compressive strength, basalt, granite, diorite, limestone, quartzite

THE EFFECT OF AGGREGATE TYPE ON THE RELATIONSHIP OF HARDNESS-COMPRESSIVE STRENGTH IN HIGH STRENGTH CONCRETE

Mustafa KAYA

Prof. Dr, Aksaray Univ. Eng. Fac. Civil Eng. Dep., Aksaray, Türkiye

Erçin GÜRSEL

Grad Student from Aksaray Univ. Istitute of Science and Technology, Civil Eng. Dep., Aksaray, Türkiye

Şule Bakırcı ER

Assist. Prof. Dr., Kırıkkale Univ, Eng and Arch. Fac, Civil Eng. Fac., Kırıkkale, Türkiye

ORCID ID: 0000-0003-1021-3678

ABSTRACT

Concrete is durable, easily shaped, economical and the most widely used construction material. Aggregates, one of the concrete components, gain the bearing properties to the concrete. The physical and chemical properties of aggregates affect the concrete. In this study, the effect of the use of aggregate type obtained from different quarries in our country in concrete mixture on hardness and compressive strength was investigated. The hardness and compressive strength of concrete mixtures prepared using aggregates of basalt, granite, diorite, limestone, quartzite origin were investigated. Among the samples examined, quartzite with the highest hardness value of 7 and limestone with the lowest value of 3.5 were used. Concretes containing basalt with the highest compressive strength of 239 MPa and diorite with the lowest value of 78 MPa. No linear relationship was observed between hardness and concrete compressive strength.

Keywords: Concrete hardness, compressive strength, basalt, granite, diorite, limestone, quartzite

BOTANİK PARK VE ATIK SU SANTRALİ İÇİN BİR VAKA ÇALIŞMASI A CASE STUDY FOR BOTANIC PARK AND WASTEWATER PLANT

M. Cihat TUNA

Doç. Dr., Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi İnşaat Müh., Elazığ, Türkiye

ORCID ID: 0000-0001-9005-1968

Ayça AYTAÇ

Dr., Doğu Üniversitesi, Meslek Yüksek Okulu, İstanbul, Türkiye

ORCID ID: 0000-0002-2108-6363

ÖZET

İnsanlar ve diğer tüm canlılar için vazgeçilmez bir yaşam kaynağı olan suya, ihtiyaç gün geçtikçe artmaktadır. Bu yaşam kaynağının sınırsız olmaması ve sürekli olarak azalması nedeniyle yapılacak bazı çalışmalar ile mevcut olan su daha etkin bir şekilde kullanılmalıdır. Dünyada bu amaçla birçok özelliği bünyesinde barındıran projeler geliştirilmektedir. Son yıllarda özellikle gelişmiş ülkelerde rekreasyon amaçlı yapılan botanik parklar ve bunların atık suyundan faydalanmak amacıyla inşa edilen atık su hidroelektrik santrallerinin sayısı hızla artmaktadır. Rekreasyon tesislerinin ve şehirlerin mansap tarafına kurulan santrallerde üretilen enerji ile boşa akan su değerlendirilmiş olmaktadır. Bu çalışmada Elazığ şehir merkezinde kurulacak olan botanik park ve şehrin çıkış noktasında yapılacak olan bir mikro hidroelektrik santralinden elde edilebilecek elektrik enerjisi ve elde edilecek gelir teorik hesaplamalar sonucu bulunmuştur. Bu çok amaçlı proje ile taşkın zamanlarında Fırat Üniversitesi kampüs alanı ve şehrin aşağı kotta kalan kısımlarının taşkın zararlarından korunması sağlanmış olacaktır.

Anahtar kelimeler: Rekreasyon, hidroloji, mikro hes.

ABSTRACT

The need for water, which is an indispensable source of life for humans and all other living things, is increasing day by day. Due to the fact that this source of life is not unlimited and is constantly decreasing, the existing water should be used more effectively with some studies to be done. For this purpose, projects with many features are being developed in the world. In recent years, especially in developed countries, the number of botanical parks built for recreational purposes and wastewater hydroelectric power plants built to benefit from their wastewater has been increasing rapidly. The energy produced in the power plants installed on the downstream side of the recreation facilities and cities and the wasted water are utilized. In this study, the electrical energy and income to be obtained from the botanical park to be established in the city center of Elazığ and a micro hydroelectric power plant to be built at the exit point of the city were found as a result of theoretical calculations. With this multi-purpose project, the Fırat University campus area and the lower parts of the city will be protected from flood damages in times of flood.

Keywords: Recreation, hydrology, Micro hepp

GİRİŞ

Kentsel su yönetiminde çok yoğun enerji ihtiyacı olduğu bilinmektedir. Bu nedenle, dünya çapındaki mühendisler ve araştırmacılar, içme suyu, kanalizasyon ve rekreasyon amaçlı tesislerden suyu toplayan su şebekelerinde ve bunların arıtma tesislerinde bulunan enerjiyi geri kazanmanın yollarını aramaktadır [1-4]. Bahse konu tesislerde bulunan bu enerji potansiyeli küçük (1-10 MW), mini (100 kW–1 MW) ve mikro (5-100 kW) hidroelektrik sistemler olarak tarif edilebilir. Bu potansiyel büyük ölçüde

keşfedilmemiş durumdadır. Son zamanlarda Dünya genelinde enerjiye olan ihtiyacın artması ve artan enerji maliyetleri mühendisleri bu alternatif enerji kaynağını kullanmaya zorlamaktadır.

Nehirlerde inşa edilen geleneksel hidroelektrik santrallerin aksine bu sistem gizli veya kanal içi mevcut altyapıya entegre edildiğinden minimum çevresel etkiye sahiptir [5]. Bu sistemler, enerji üretimi dışında bir amaç için kullanılan sudan istifade etmektedirler.

Bu şekilde su ve atık su altyapısına inşa edilen hidroelektrik santrallerin teknik ve ekonomik uygulanabilirliği de dahil olmak üzere hidroelektrik potansiyel değerlendirmeleri birçok ülkede yapılmıştır [6-10].

Hidroelektrik enerji üretimi için atık su kaynaklarının değerlendirilmesinde mühendislik çalışmaları çok önemlidir. Atık suyun debisi, akış hızı ve zaman içindeki dağılımı gibi bazı hidrolojik ve hidrolik verilerin titizlikle hesaplanması oldukça önemlidir.

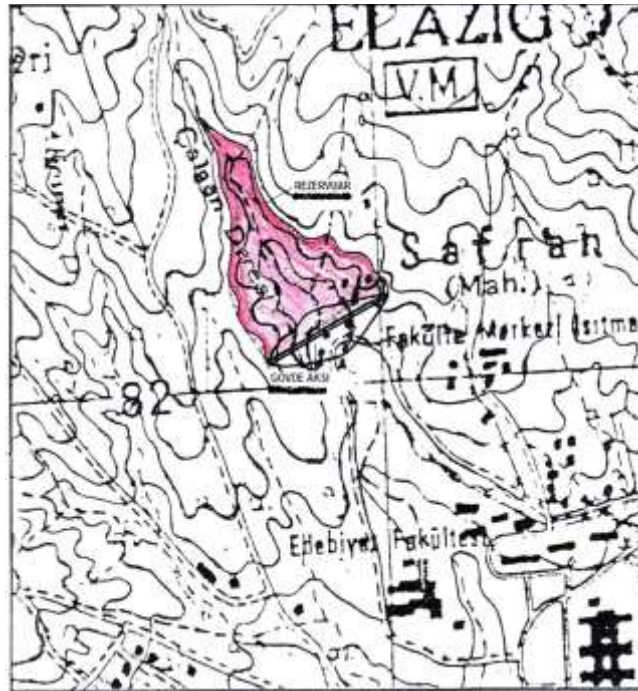
Sonuçları göz önüne alındığında, atık su tesisleri de dahil olmak üzere rekreasyon alanları ve ait arıtma tesislerinin mansap tarafına hidroelektrik sistemlerin kurulması ekonomik yönden büyük faydalar sağlayabilir.

Önemli bitki koleksiyonlarına sahip tesisler olan botanik bahçeler, günlük organizasyonel ihtiyaçların yanı sıra sağlıklı ve bakımlı bitkiler için yeterli suya erişim esastır. Ancak bu aynı zamanda yüksek su tüketim oranlarını da beraberinde getirmektedir. Bu durum özellikle kuraklık yaşayan ve sınırlı su kaynağına sahip bölgelerdeki tüm bahçeler için bir handikaptır. Bu nedenle, daha verimli su kullanım sistemleri ile enerjiyi geri dönüştüren tesislere ihtiyaç olmaktadır.

Bu çalışmada Elazığ şehir merkezinden geçen Çalgan Deresi ve havzasında kurulması tasarlanan botanik park ile bu parktan çıkan suyu ve şehrin atık sularını değerlendirmek amacıyla şehrin çıkış noktasında yapılacak olan bir mikro hidroelektrik santralinden elde edilebilecek elektrik enerjisi ve elde edilecek gelir teorik hesaplamalar sonucu bulunmuştur. Bu çok amaçlı proje ile şehre enerji geliri, sosyal katkı, turizm ve taşkın koruma gibi faydalar sağlanabileceği değerlendirilmektedir.

ARAŞTIRMA VE BULGULAR

Projenin içinde yer aldığı Çalgan Deresi havzası, Elazığ il merkezinin 5-6 km kuzey-batısından doğup, kampüs alanı altından bir kemer menfez vasıtasıyla ilin güneyinde bulunan demir yolu hattına kadar iletilen dere bundan sonra Haringet Çayı'na dökülmektedir (Şekil 1). Proje yeri 1/25000 ölçekli haritalar yardımıyla belirlenmiş ve aşağıda gösterilmiştir.



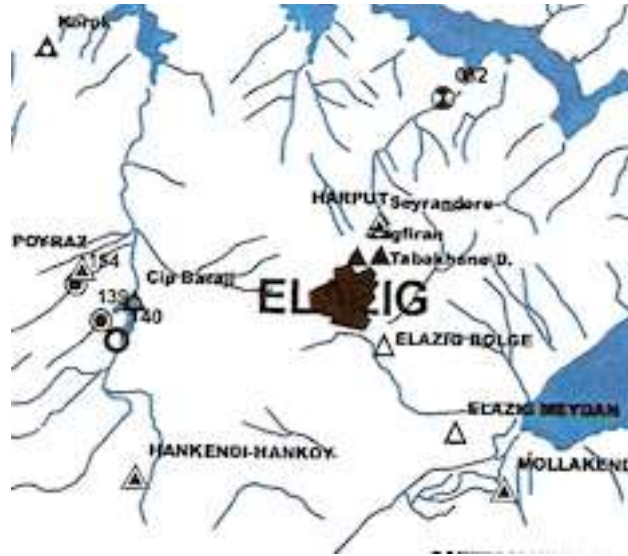
Şekil 1. Çalgan Deresi Havzası (1/25000 Ölçekli)

İklim

Elazığ ilinde genellikle karasal iklim koşulları geçerlidir. Havzanın yağış alanı tamamen Doğu Anadolu ikliminin özelliklerini taşımaktadır. Yazları sıcak ve kurak, kış ayları kar yağışlı ve bahar ayları ise yağışlı geçer. Kış başlarında hızlı bir ısı azalması olur. Önemli kar yağışları Kasım, Aralık, Ocak ve Şubat aylarında olur. En kurak aylar ise Temmuz ve Ağustos aylarıdır. Elazığ meteoroloji istasyonunun 46 yıllık verilerine göre, yıllık ortalama sıcaklık 12.9 °C'dir. Buna göre Doğu Anadolu Bölgesi içinde Malatya'dan sonra en yüksek değere Elazığ'da ulaşılmaktadır. Öyle ki; ilin en alçak kesiminde bulunan Keban 14.6 °C'lik değerle Doğu Anadolu Bölgesi'nin en sıcak sahalarından birine karşılık gelmektedir.

Meteoroloji İstasyonları

Proje bölgesi içinde ve yakın çevresinde bulunan meteorolojik gözlem istasyonlarını gösterir harita Şekil 2'de gösterilmiştir. Bu istasyonlar DMİ ve DSİ tarafından işletilmekte olup genellikle yağış ve sıcaklık ölçümleri yapılmaktadır. Bazılarında ise ayrıca kar derinlikleri, nem ve rüzgar gözlemleri kaydedilmektedir.



Şekil 2. Meteorolojik Gözlem İstasyonları

Yağışlar

Elazığ ilindeki rasat değerlerine göre yıllık ortalama yağış miktarı, 374 mm ile 903 mm (arasında değişmektedir. Yağışın aylara dağılışı düzensiz olup, en yağışlı ay genellikle Nisan, en kurak ay ise Ağustos olarak belirlenmektedir. İlkbahar en yağışlı yaz ise en kurak mevsimdir. İlkbahar yağışlarının yıllık toplam yağışa göre oranı % 35 ile % 49 arasında değişmektedir. İlkbahar mevsimini bu oranlara yakın değerlerle kış mevsimi takip etmektedir. Kış mevsimindeki oran artarak bu dönem en yağışlı mevsim durumunu almaktadır. Yaz aylarının toplam yağış miktarı oldukça düşüktür. Bu özelliklere göre; yörede Akdeniz yağış rejiminin bozulmuş da olsa bir benzeri görülmektedir. İl sınırları içinde Akdeniz yağış rejimi güneye doğru gidildikçe belirginleşmektedir.

Bölgede konvektif, orografik ve cephesel yağışların üçü de görülür. Proje bölgesinde bulunan meteoroloji istasyonlarında yağış gözlemleri bulunmaktadır.

Sıcaklık

Proje sahasında karasal iklim koşulları geçerlidir. Elazığ meteoroloji istasyonunun 46 yıllık verilerine göre, yıllık ortalama sıcaklık 12.9 °C'dir. Elazığ (DMİ) meteoroloji istasyonunda sıcaklığın en düşük olduğu ay -1.4 °C ile Ocak ayı, en yüksek olduğu Ağustos ayı ise 29.5 °C'dir.

Buharlaştırma

Proje sahasına en yakın buharlaştırma ölçümleri yapan istasyon Elazığ MGİ dir. İstasyonda 1963 yılından beri Class-A Pan buharlaştırma gözlemi yapılmaktadır. Ancak regülatörler projelendirilirken net buharlaştırma hesabı kullanılmadığı için buharlaştırma ile ilgili çalışma yapılmamıştır.

Su Kaynakları

Yerüstü Suları

Proje sahasında yerüstü su kaynağı regülatörün de üzerinde bulunduğu Çalgan Deresi'dir. Çalgan Deresi üzerinde herhangi bir kurum tarafından işletilmiş olan Akım Gözlem İstasyonu (AGİ) bulunmamaktadır. Ancak DSİ tarafından uzun yıllar boyunca müteferrik ölçümler yapılmıştır. Regülatör yeri su potansiyeli çalışmalarında bu ölçümlerden yararlanılmıştır. Uzun yıllar boyunca yapılan müteferrik ölçümlerin ay bazında ortalaması alınmış olup Tablo 1'de gösterilmiştir.

Tablo 1. Çalgan Deresinin Aylık Ortalama Debileri (Lt/s)

ÇALGAN DERESİNİN AYLIK ORTALAMA DEBİLERİ (Lt/s)												
Gün	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	May.	Haz.	Tem.	Ağus	Eylül
1	15.50	42.00	48.00	4.00	9.00	23.50	54.60	69.00	67.60	10.00	5.50	6.60
2	17.90	47.00	42.00	4.00	9.40	25.30	53.90	71.00	64.10	10.00	5.50	6.90
3	28.20	49.80	41.20	4.00	9.70	27.20	53.10	73.00	60.70	10.00	5.50	7.70
4	28.20	54.40	37.40	4.00	10.00	29.00	52.40	75.30	60.70	10.00	5.50	7.50
5	28.20	54.40	21.90	4.00	10.50	30.80	51.60	77.40	60.70	10.00	5.50	7.50
6	28.20	54.40	20.00	4.00	10.80	32.70	50.90	79.40	57.90	11.20	5.50	7.50
7	28.20	54.40	17.70	4.00	11.20	34.50	50.10	81.50	57.90	9.80	5.50	7.50
8	28.20	54.40	17.70	4.00	11.50	36.30	49.00	83.60	57.90	9.60	5.50	7.50
9	28.20	56.70	17.70	4.00	11.90	38.20	48.70	85.70	57.90	9.50	5.50	7.50
10	28.20	59.80	17.70	4.00	12.20	40.00	47.90	87.80	46.76	9.60	5.50	7.50
11	29.00	59.90	17.70	4.00	12.60	41.80	47.20	89.80	46.76	9.60	5.50	7.50
12	32.00	59.90	17.70	4.00	12.90	43.70	46.40	91.90	46.76	9.60	5.50	7.50
13	33.00	59.90	17.70	4.00	13.30	45.50	45.70	94.00	46.76	9.60	5.50	7.50
14	32.20	59.90	17.70	4.00	13.70	47.30	45.00	93.00	45.70	9.60	5.50	7.50
15	32.40	59.90	17.70	4.00	14.00	49.30	44.20	107.00	45.70	9.60	5.50	7.30
16	32.40	59.90	17.70	4.00	14.40	51.00	43.50	92.80	45.70	9.60	5.50	7.20
17	32.40	60.20	17.70	4.00	14.50	52.80	42.70	91.00	44.40	9.60	5.50	7.20
18	32.40	62.00	13.40	4.00	15.10	54.70	42.00	91.40	44.40	9.60	5.50	7.20
19	32.40	62.00	15.50	4.40	15.50	56.50	44.10	90.80	44.40	9.60	5.50	7.20
20	32.40	64.00	16.90	4.70	16.20	58.30	46.20	90.10	44.40	9.60	5.50	7.20
21	32.40	65.50	14.50	5.10	16.50	60.20	48.20	89.50	43.20	9.60	5.50	7.20
22	32.40	64.00	15.00	5.40	17.00	62.00	50.30	88.80	43.20	9.60	5.50	7.20
23	32.40	64.00	12.30	5.80	17.00	61.30	52.40	88.20	43.20	9.60	5.50	7.20
24	32.40	64.00	12.30	6.20	17.20	60.50	54.50	87.60	42.70	9.60	5.50	8.00
25	32.00	61.00	12.30	6.50	17.60	59.80	56.60	86.90	41.10	9.60	5.50	8.00
26	31.80	59.00	12.30	6.90	18.00	59.70	58.60	86.30	36.80	9.60	5.50	8.30
27	33.00	58.00	12.30	7.20	19.80	58.30	60.70	85.60	31.70	9.60	5.50	8.40
28	33.40	56.00	10.00	7.60	21.70	57.60	62.90	85.00	27.40	9.60	5.50	8.40
29	34.50		7.70	7.90		56.80	64.50	81.50	21.50	5.50	5.50	8.40
30	36.80		5.90	8.30		56.10	67.00	78.00	19.70	5.40	5.50	8.40
31	37.00		5.50	8.70		55.30		74.60		5.30	5.50	
ORT:	30.57	58.09	18.42	5.05	14.04	47.29	51.16	85.40	46.59	9.31	5.50	7.55

Akım (10 ³ m ³)	81.88	150.5	49.34 3	13.5	36.4	126.6	132.6	228.7	120.7	24.9	14.7	19.5
---	-------	-------	------------	------	------	-------	-------	-------	-------	------	------	------

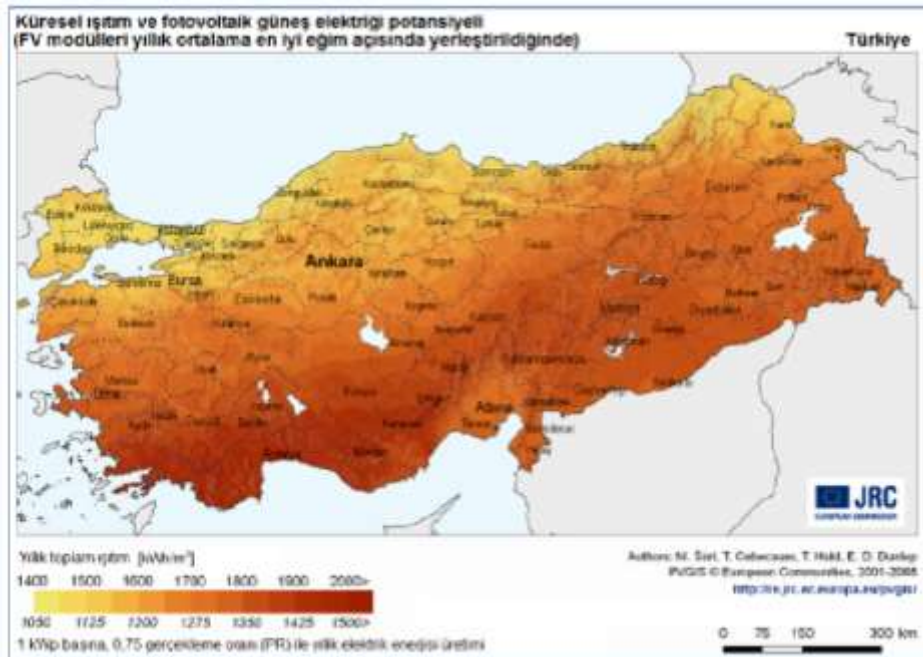
1. Etap Botanik Park

DSİ tarafından yapılan müteferrik ölçümlere göre Çalgan Deresi'nde zaten 1 milyon m³ civarında bir doğal yıllık akış mevcuttur. Ayrıca bölgeye çok yakın olan Keban Baraj gölünden yaklaşık 10 km uzunluğunda pompajlı bir isale hattı ile Çalgan Deresi'ne 100 lt/s su getirilmesi mümkündür. Pompaj işlemi için gerekli olan elektrik enerjisi bölgeye kurulacak olan güneş enerjisi santrali vasıtasıyla karşılanacaktır. Alınacak debiye göre yaklaşık 1 MW gücünde bir GES tesisi yeterli olacaktır. Zira bölge güneş ışınımı bakımından gayet iyi bir konumdadır. Salkaya Köyü civarına yapılacak güneş enerjisi tesisleri bahar aylarında ve Çalgan Deresi'ne pompaja gerek olmadığı zamanlarda enerji üretip satma amaçlı çalıştırılabilir ve belediyeye ek bir gelir sağlanabilir.

Proje ile Keban Baraj gölünden alınacak su Çalgan Deresi havzasına verilerek üniversitenin üst kısmındaki ormanlık arazide ülkemizin en büyük botanik parklarından ve vaha vadi projelerinden birisi yapılabilir. Zira bölgede doğal şelale vs gibi doğal zenginlikler bulunmaktadır. Gölet çevresinde yapılacak olan mesire yeri, restaurant vb. sosyal tesisler ile belediyeye ekonomik bir girdi sağlanmış olacaktır. Rezervuar alanı ve gövde aksı ve diğer yapılar tamamen kamu arazisi içinde kalacağından herhangi bir kamulaştırma problemi ve masrafı olmayacağı gibi mevcut inşaat masrafları gölet etrafındaki sosyal tesislerin hayata geçirilmesi ile kendi kendini kısa bir süre içerisinde amorti edeceğinden yapılacak olan su yapısının oldukça rentabl olduğu düşünülmektedir. Proje sahası çam ağaçları ile kaplı olduğundan yapılacak gölet ve botanik park ile çok daha güzel bir görünüme kavuşacaktır.

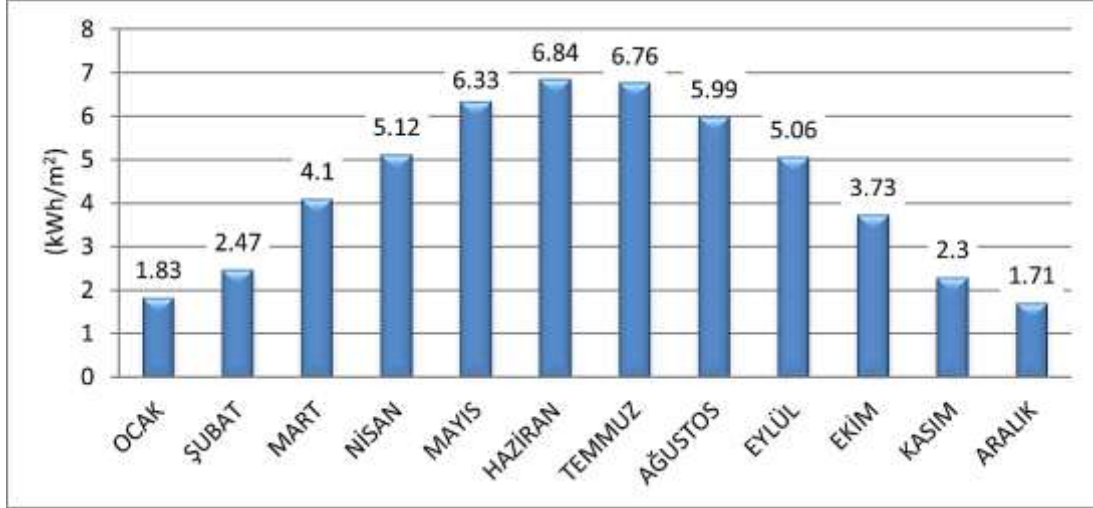
Güneş Potansiyeli

Güneş enerjisinin hem ısı enerjisini hem de elektrik enerjisini dönüştürmedeki verimini etkileyen ana faktörler güneş radyasyon şiddeti ve coğrafi yapıdır. Elazığ, Doğu Anadolu Bölgesi ile İç Anadolu Bölgesi arasındaki sınır bölgesidir. Türkiye Güneş Enerjisi Atlası'nda da görüldüğü gibi güneş ışınımının en yüksek olduğu bölgede yer almaktadır. Şekil 3'te performans oranı %75 olan 1 kWp'lik bir fotovoltaik sistem için Türkiye'nin fotovoltaik enerji üretim kapasite haritası verilmektedir. Haritadan da görüldüğü gibi Elazığ il sınırları içindeki bölgelerde yıllık 1650 kWh/kWp'nin üzerinde elektrik enerjisi üretimi vardır.



Şekil 3. Normalize Edilmiş Fotovoltaik Enerji Üretim Kapasitesi [11]

Avrupa Komisyonu tarafından yürütülen Ortak Araştırma Merkezi Fotovoltaik Coğrafi Bilgi Sistemi (PVGIS) tarafından sağlanan radyasyon yoğunluğu verilerine göre, bölgede yapılacak Güneş Enerjisi Santrali için seçilen yatay düzlemde birim alan başına güneş enerjisi değerleri Haziran ayında 6.84 kWh/m²'dir. Aralık ayında bu değer 1.71 kWh / m²'dir. Yıllık ortalama değer 4.35 kWh / m²-gün olarak hesaplanmıştır. Şekil 4'te Güneş Enerjisi Santrali proje alanına ait birim alana düşen günlük ortalama radyasyon enerjisi ile toplam güneş enerjisi değerleri ve güneş ışığı süreleri aylık olarak aylık olarak verilmektedir.



Şekil 4. Elazığ Günlük Ortalama Global Radyasyon Değerleri

Yapılan hesaplamalar sonucunda proje sahasında yapılacak güneş enerji santrali ile yılda toplam 1.65 Milyon kWh enerji üretimi gerçekleştirilecektir.

2. Etap Atıksu Mikrohes

İkinci etapta Dünya'da birçok gelişmiş ülkenin uyguladığı ve Türkiye'de bir ilk olacak atık su hidroelektrik santrali inşa edilecektir. Botanik park projesinin mansap kısmından çıkış yapacak olan su Şorşor Deresi vasıtasıyla tekrar Keban Baraj gölüne deşarj olmaktadır. Aynı güzergahtan Elazığ şehir merkezi kanalizasyon hattı deşarjı da geçmektedir. Birleşen bu sular asri mezarlık sırtlarından 980 m bir kotunda derive edilerek yükleme havuzuna alınacaktır. Daha sonra cebri borular vasıtasıyla türbinlenip enerji üretilmek suretiyle tekrar Keban Barajı'na deşarj edilecektir. Yükleme havuzu ile Keban Baraj gölü arasında yaklaşık 200 m düşü farkı bulunmaktadır (Şekil 5). Şehrin yaklaşık atık su miktarı Çalgan deresiyle birleştikten sonra 2 m³/s civarında olmaktadır.



Şekil 5. Atık Su Hattı ve Mikro HES

Hidroelektrik üretim tesis özelliklerine ek olarak iki temel girdiye bağlıdır: Akım ve düşü yüksekliği. Bu şartlar altında Denklem 1. su yoğunluğunun bir fonksiyonu olarak üretilebilecek toplam gücü (Watt) gösterir. Burada; yoğunluk ρ (kg/m³); yerçekimi ivmesi g (m/s²); tesis verimliliği η (sabit); su düşüsü. H (m); ve türbinler boyunca akım Q (m³/s). Bu değerlerin çarpımı Watt cinsinden kurulu gücü vermektedir.

$$\text{Güç} = \rho \cdot g \cdot \eta \cdot H \cdot Q \quad (1)$$

Gücün zaman ile çarpımı t (saat), belirli bir dönemde ΔT . enerji üretimini (kWh) verir (Denklem 2).

$$\text{Enerji} = \int_0^T \rho g \eta H(t) Q(t) dt \quad (2)$$

Üretilen enerji miktarı enerji fiyatı ile çarpılırsa. $p(t)$ (\$/kWh) hidroelektrik gelir (\$) elde edilecektir.

Proje yerinde debi ve düşünün bir fonksiyonu olarak hidroelektrik tesis 1.5 MW güce ulaşmaktadır. Bu güce sahip bir mikro HES ile yıllık 10 Milyon kWh enerji üretilecektir.

Toplam Enerji Üretimi

Projede yer alan enerji santrallerinin enerji üretiminin hesaplanması şu şekildedir: Hidroelektrik santral sürekli çalışmaktadır. Güneş enerjisi ise yalnızca güneş ışınlamı olan saatlerde enerji üretmektedir. İki santralin toplam yıllık elektrik üretimi 11.6 GWh'dir. Tablo 2'de iki santrale ait hesaplanmış ekonomik değerler bulunmaktadır.

Tablo 2. Santrallerin Ekonomik Değerleri

	Mikro HES	Güneş Santrali
Kurulu Güç	1.5 MW	1 MW
İlk yatırım Maliyeti (\$)	3.000.000	650.000
Sistem Ömrü (yıl)	50	25
Kayıplar	90%	90%
Yıllık Enerji Üretimi (kWh)	10.000.000	1.650.000
Enerji birim fiyatı (\$/kWh)	0.013	0.013
Yıllık Gelir (\$)	1.300.000	214.500
Yıllık İşletme Gideri (\$)	300.000	24.500
Amorti Süresi (yıl)	3	3.43

TARTIŞMA VE SONUÇ

Atık su sistemlerini kullanan mikro hidroelektirik santraller enerji geri kazanım potansiyeli, belediye ve su sektörünün enerji verimliliğini artırmak için oldukça uygun bir çözümdür.

İklim değişikliği ve küresel ısınma nedeniyle su kaynaklarındaki belirsizlik, dünyanın birçok gelişmiş ülkesinde yenilenebilir enerji üreten santrallere bakış açısını ve yaklaşımını değiştirmiştir. Yağışların azalması ve güneşli gün sayısının artması güneş santrallerini yakın gelecekte daha stratejik hale getirecektir. Çevresel kaygıları en aza indiren atıksu hidroelektrik santrallerinin de kullanımı oldukça önemli bir enerji geri dönüşümü sağlamaktadır.

Proje alanında yaklaşık 300 hektar sulanabilir alan mevcuttur. Bu alanların sulanması ilaveten çevre düzenlemelerinde yeni yeşil alanların ve botanik bir parkın oluşturulmasında özellikle yaz aylarında bol suya ihtiyaç vardır. Proje ile yapılacak olan botanik park yılın her mevsiminde istenilen miktar ve kalitede sulama suyuna kavuşmuş olacaktır. Botanik park bünyesinde yapılacak olan restaurant, kafeterya vb. sosyal tesisler ile bölgeye yüksek ekonomik bir girdi sağlanmış olacaktır. Park alanı ve diğer yapılar

tamamen hazine arazisi vasfında olduğundan herhangi bir arazi bedeli veya kamulaştırma masrafı olmayacağı gibi oluşacak inşaat masrafları botanik park etrafındaki sosyal tesislerin hayata geçirilmesi ile kendi kendini kısa bir süre içerisinde amorti edeceğinden yapılacak olan tesisler oldukça rentablardır.

Botanik parktan şehre gelen atıksular ile yapılacak olan mikro HES'te üretilen enerji ile yıllık yaklaşık 1 Milyon Amerikan Doları gelir sağlanacaktır.

Ayrıca feyezan zamanlarında şehrin aşağı kısımlarının taşkın zararlarından korunması sağlanmış olacaktır. Birçok endirekt ve direkt faydasını saydığımız bahse konu projenin hayata geçirilebilmesi için bir an önce planlama ve proje çalışmalarına geçilmesi bölgenin yararına olacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] Beltran. H.; Vidal. R.; Basiero. L.; Santos. J.M.; Basiero. J.A.; Belenguer. E. (2014). Micro hydro installation analysis in a wastewater treatment plant. *Renew. Energy Power Qual. J.* 12. 15–20. [Google Scholar] [CrossRef]
- [2] Bousquet. C.; Samora. I.; Manso. P.; Rossi. L.; Heller. P.; Schleiss. A.J. (2017). Assessment of hydropower potential in wastewater systems and application to Switzerland. *Renew. Energy.* 113. 64–73. [Google Scholar] [CrossRef]
- [3] Llácer-Iglesias. R.; Pérez. J.; Satorre-Aznar. J.; López-Jiménez. P.; Pérez-Sánchez. M. (2020). Energy recovery in wastewater treatment systems through hydraulic micro-machinery. Case study. *J. Appl. Res. Technol. Eng.* 1. 15. [Google Scholar] [CrossRef]
- [4] Diaz-Elsayed. N.; Rezaei. N.; Ndiaye. A.; Zhang. Q. (2020). Trends in the environmental and economic sustainability of wastewater-based resource recovery: A review. *J. Clean. Prod.* 265. 121598. [Google Scholar] [CrossRef]
- [5] Choulot. A.; Denis. V.; Punys. P. (2012). Integration of Small Hydro Turbines into Existing Water Infrastructures. In *Hydropower—Practice and Application*; InTech: Rijeka. Croatia [Google Scholar]
- [6] Gallagher. J.; Harris. I.M.; Packwood. A.J.; McNabola. A.; Williams. A.P. (2015). A strategic assessment of micro-hydropower in the UK and Irish water industry: Identifying technical and economic constraints. *Renew. Energy.* 81. 808–815. [Google Scholar] [CrossRef]
- [7] Power. C.; McNabola. A.; Coughlan. P. (2014). Development of an evaluation method for hydropower energy recovery in wastewater treatment plants: Case studies in Ireland and the UK. *Sustain. Energy Technol. Assess.* 7. 166–177. [Google Scholar] [CrossRef]
- [8] Power. C.; Coughlan. P.; McNabola. A. (2017). Microhydropower Energy Recovery at Wastewater-Treatment Plants: Turbine Selection and Optimization. *J. Energy Eng.* 143. 4016036. [Google Scholar] [CrossRef]
- [9] Munaaim. M.A.C.; Razali. N.; Ayob. A.; Hamidin. N.; Mydin. M.A.O. (2018). Potential of Micro Hydroelectric Generator Embedded at 30.000 PE Effluent Discharge of Sewerage Treatment Plant. *E3S Web Conf.* 34. 2037. [Google Scholar] [CrossRef]
- [10] García. A.M.; Díaz. J.A.R.; Morillo. J.G.; McNabola. A. (2021). Energy Recovery Potential in Industrial and Municipal Wastewater Networks Using Micro-Hydropower in Spain. *Water.* 13. 691. [Google Scholar] [CrossRef]
- [11] Bilir. L. & Yildirim. N. (2018). Modeling and performance analysis of a hybrid system for a residential application. *Energy.* 163. 555-569.

YÜKSEK DOLGU ALTINDAKİ RİJİT MENFEZLERİN DAVRANIŞLARININ İNCELENMESİ

INVESTIGATION OF THE BEHAVIOUR OF RIGID CULVERTS UNDER HIGH FILL

Rana GÜLER ADACA

Aksaray Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Aksaray, Türkiye

ORCID ID: 0000-0002-9662-8091

Salih BEKTAŞ

Doç. Dr., Aksaray Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Aksaray, Türkiye

ORCID ID: 0000-0003-4492-7396

ÖZET

Kutu menfezler genellikle karayolu ve demiryolu güzergâhlarında drenaj ve taşıt geçişleri sağlamak ve bir yol dolgusu için sabit bir temel görevi görmek için inşa edilmektedirler. Kutu menfezler yastıklama nedeniyle trafik yüküne ve dolgu basıncına (düşey ve yatay) maruz kalmaktadırlar. Yüksek miktardaki dolgudan kaynaklanan toprak basıncının büyüklüğü kutu menfez yüzeyinde gerilmeler ve deformasyonlar oluşturmaktadır. Bu büyük basınca karşı koymak için, kutu menfezin ya betonarme kesitleri büyütülmekte ya da dolgu olarak hafif malzeme kullanılmaktadır.

Bu çalışmada ise, laboratuvar ortamında üretilen iki farklı geometrideki kutu menfezin yükleme altındaki davranışı incelenmiştir. Kutu menfeze gelen düşey ve yatay yüklere karşı daha fazla mukavemet sağlamak için, kutu menfez üst kısmında bir çıkıntı yapılarak, düşey yüklerin bu çıkıntı boşluğunda kalarak, yatay basıncın azaltılması amaçlanmıştır. Normal kesitteki (200x200x700 mm) kutu menfez, dolgu malzemesi olarak seçilen Şile kuvars kumunun değişik Kompaksiyon değerlerinde kapalı bir yükleme sistemi kullanılarak, yayılı yük şeklinde yüklenmiş ve davranışı incelenmiştir. Ayrıca Literatürde yük atan menfez olarak tarif edilen, geometrisi değiştirilen kutu menfez de aynı şekilde üç farklı dolgu malzemesi kompaksiyonu (gevşek, orta-sıkı ve sıkı zemin) değerinde yüklenmiş ve sonuçlar değerlendirilmiştir.

Yapılan deneyler sonucunda, dolgu malzemesinin kompaksiyon (sıkılık) derecesi arttıkça, kutu menfezin hem taşıdığı yük artmakta hem de menfezdeki düşey ve yatay deplasmanlar azalmaktadır. Yük azaltan menfez türünde de, kompaksiyon derecesine göre benzer durum gözlenmektedir. İki menfez türü birbiri ile karşılaştırıldığında ise, ikinci tür menfez (yük azaltan menfez) hem yük taşımada daha fazla yük taşımakta, hem de düşey ve yatay deplasmanı daha az olmaktadır. Özellikle yanal toprak basıncı büyük oranda azalmaktadır.

Anahtar kelimeler: Kutu menfez, Yüksek dolgu, Kompaksiyon, Yük azaltan menfez.

ABSTRACT

Box culverts are generally constructed on road and railway routes to provide drainage and vehicular crossings and to serve as a stable foundation for a road embankment. Box culverts are subjected to traffic load and embankment pressure (vertical and horizontal) due to cushioning. The magnitude of the earth pressure due to the large amount of fill creates stresses and deformations on the box culvert surface. In order to resist this high pressure, either the reinforced concrete sections of the box culvert are enlarged or lightweight materials are used as backfill.

In this study, the behaviour of two different geometries of box culverts produced in laboratory environment under loading was investigated. In order to provide more resistance against vertical and horizontal loads on the box culvert, a protrusion was made at the top of the box culvert and it was aimed to reduce the horizontal pressure by keeping the vertical loads in this protrusion cavity. The box culvert

of normal cross section (200x200x700 mm) was loaded as a distributed load by using a closed loading system at different compaction values of Şile quartz sand selected as filling material and its behaviour was investigated. In addition, the box culvert, which is described as load throwing culvert in the literature and whose geometry was changed, was also loaded in the same way at three different fill material compaction values (loose, medium-tight and tight soil) and the results were evaluated.

As a result of the experiments, as the degree of compaction (tightness) of the filling material increases, both the load carried by the box culvert increases and the vertical and horizontal displacements in the culvert decrease. Similar situation is observed in the load reducing culvert type according to the degree of compaction. When the two types of culverts are compared with each other, the second type of culvert (load reducing culvert) carries more load and has less vertical and horizontal displacement. Especially the lateral earth pressure is reduced to a great extent.

Keywords: Box culvert, High fill, Compaction, Load reducing culvert.

YAPIŞTIRMA BAĞLANTILARI ÜZERİNDE GRAFEN NANO PARTİKÜL ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ

DETERMINATION OF GRAPHENE NANOPARTICLE EFFECTS ON ADHESIVE JOINTS

Feremez YÜCE

Batman Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Makine Mühendisliği Bölümü, Batman, Türkiye

Edip ÇETKİN

Dr. Öğr. Üyesi, Batman Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Elektrik ve Enerji Bölümü, Batman, Türkiye

ÖZET

Endüstride parçalar hasar gördüğünde ya değişim yapılır ya da hasar duruma göre tamir işlemleri yapılmaktadır. Zaman ve maliyet açısından tasarruf sağladığı için çoğu zaman parça değişimi yerine tamir işlemleri yapılmaktadır. Bu maksatla tamir işlemleri için çoğunlukla kaynak, cıvata, perçin ve yapıştırma gibi bağlama yöntemleri kullanılmaktadır. Yapıştırma ile bağlama yöntemi daha pratik ve yapıştırma yüzeylerinde daha düzgün bir gerilme dağılımı elde edildiği için çokça tercih edilmektedir. Bu çalışmada üzerinde 10 mm çapında ve 20 mm uzunluğunda kanal açılan St37 çelik boruları DP460 yapıştırıcısı ve bu yapıştırıcı içerisine %0.1 ve %0.3 takviye oranlarında grafen nano oksit partikülü (GNOP) katılarak tamir işlemi yapılmıştır. Yapılan yapıştırılmalarda GNOP etkisini gözlemlemek için bütün numuneler çekme testine tabi tutulmuştur. Elde edilen çekme test sonuçlarında karışım oranında daha homojen bir yapı elde edilen %0.3 GNOP takviyesinde daha yüksek sonuçlar elde edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Yapıştırma, GNP, DP460, St37 çelik

ABSTRACT

When parts are damaged in the industry, they are either replaced or repaired according to the damage situation. Because it saves time and cost, repairs are often performed instead of parts replacement. For this purpose, fastening methods such as welding, bolts, rivets and bonding are mostly used for repair operations. The method of bonding by bonding is more practical and is widely preferred because a more uniform stress distribution is obtained on the bonding surfaces. In this study, St37 steel pipes with a channel of 10 mm in diameter and 20 mm in length were repaired by adding DP460 adhesive and graphene nano oxide particles (GNOP) at the reinforcement rates of 0.1% and 0.3% into this adhesive. All samples were subjected to tensile test in order to observe the effect of GNOP in the adhesions. In the tensile test results obtained, higher results were obtained in the 0.3% GNOP supplement, which obtained a more homogeneous structure in the mixing ratio.

Keywords: Adhesive, GNOP, DP460 St37 steel

GİRİŞ

Günümüzde teknolojinin gelişmesiyle birlikte endüstrinin pek çok alanı bundan etkilenmiştir. Bu alanlardan biri de boru hatlarında meydana gelen yeniliklerdir. Katı, sıvı ve gazların uzun mesafeler güvenli ve ekonomik olarak taşınması genellikle boru hatlarıyla yapılmaktadır. Boru hatlarıyla taşınan birçok madde vardır. Bunlar; ham petrol, doğal gaz, karbondioksit, benzin, jet yakıtı, sıvı içinde konsantre katı maddeler ve sulardır. Bu maddeler ekonomik ve güvenli bir şekilde borularla taşınmaktadır.

Çeşitli yükler altında hasara uğramış boruların tamiri için birçok yöntem kullanılmıştır. Hasar görmüş borunun tamamının değiştirilmesi yüksek ekonomik maliyetli olmaktadır. Bunun yerine hasara uğramış noktasal bölgelerin tamiri için değişik yöntemler kullanılmaktadır. Boru hatlarının onarımı için cıvatalı

kelepçe ve kaynak başlıca kullanılan yöntemlerdir. Kaynakla yapılan hasar yönteminde birçok olumsuzluğa rastlanmakta. Malzeme, işçilik ve zaman kaybı, kaynaktan sonra malzemede meydana gelen etkiler kaynaklı yöntemde başlıca olumsuzluklardır. Günümüzde bu yöntemlere alternatif olarak geliştirilen yama bağlantısı ile yapısal yapıştırıcılar geliştirilmiştir. Hasar gören bölgenin yapısal yapıştırıcılarla yama bağlantısının yapılması minimum işçilik, malzeme ve zaman kaybının en aza indirilmesi amaçlanmıştır (temiz, 2006). Literatür çalışmalarında yapısal yapıştırıcıların yapışma mukavemetini artırmak için nano partikül takviyeler yapılmıştır. Bunlardan bazıları; Pinto ve ark. (2013) Yapışkan bağlantılarının kesme mukavemetini geliştirmek için bir yapıştırıcı olarak polivinil asetatına grafen nano partiküllerini (GNP) takviyesini kullanmışlar. Çalışmalarının sonuçlarında, ağırlıkça % 0.1 GNP'nin takviyesinin kesme mukavemetini % 50'den fazla artırmıştır. Ayrıca yapıştırıcıya GNP takviyesinin, nano dolgu hidrofobikliğine bağlı olarak yapışma yüzeyinde iyi bir ıslanabilirlik oluşmasını sağlamıştır. Yapıştırıcı karışımı ile yapılan bağlantıların kesme mukavemetinde elde edilen artışın, polimer zincirleri ve GNP'ler arasındaki güçlü ara-yüzey etkileşimleri ile ilişkilendirilmiştir. Borghesi ve ark. (2019) Grafen nano partikülün (GNP), tek bindirmeli yapıştırma bağlantıları ve perçinin çekme kuvveti üzerindeki etkilerini deneysel olarak incelemişlerdir. Deneysel çalışmanın sonucunda, %0.5 GNP yapıştırıcıya takviyesi ve perçinin kullanıldığı bağlantılarda çekme kuvvetini, takviyesiz yapıştırıcının kullanıldığı yapışma bağlantılara göre sırasıyla %12 ve %24 oranlarında artış sağlanmıştır. Ayrıca çekme testinden sonra yapışma bağlanıların kopan yüzeylerinden alınan SEM görüntülerinde, GNP takviyesinin kullanıldığı bağlantıların yüzeylerinde homojen bir film tabakasının oluştuğunu belirtmişlerdir. Han ve ark. (2019) epoksi yapıştırıcıların grafen ve karbon nanotüp takviyeli kullanımları üzerine mekanik ve elektriksel özelliklerini deneysel ve sayısal olarak çalışmışlardır. Grafenin mekanik özellikler üzerindeki etkisini belirlemek için yapılan deneylerde, %0.25 altındaki grafen takviyesinin mekanik özellikleri iyileştirdiğini belirtmişlerdir. Ancak %0.25 üzerindeki karbon nanotüp takviyesinin mekanik performansı daha iyi artırdığını vurgulamışlar. Moriche ve ark. (2016) grafen nano partikülün (GNP) termal iletkenlik üzerindeki etkisini belirlemek için epoksi yapıştırıcı ile karışımı üzerinde araştırma yapmışlar. Deneysel çalışmalar için epoksi yapıştırıcılar içerisine farklı oranlarda grafen nano partikülü kullanmışlardır. Deneysel çalışmalar sonucunda GNP'nin %8 ve %10 oranlarında takviyesi ile termal iletkenliğin sırasıyla %206 ve 306 oranlarında artırdığını belirtmişler.

Bu çalışmada st37 çelik borularının üzerine 10 mm çapında ve 20 mm uzunluğunda freze tezgahında oyuklar açılarak DP 460 ve GNP takviyesi ile hazırlanan yapıştırıcı karışımı ile tamir edilmiştir. DP460 yapıştırıcısı içerisine grafen nano oksit ağırlıkça %0.1 ve %0.3 oranlarında kullanılmıştır. Takviyesiz ve takviyeli olarak yapılan yapıştırırmaların hasar kuvvetlerini belirlemek için bütün numuneler çekme testine tabi tutulmuştur.

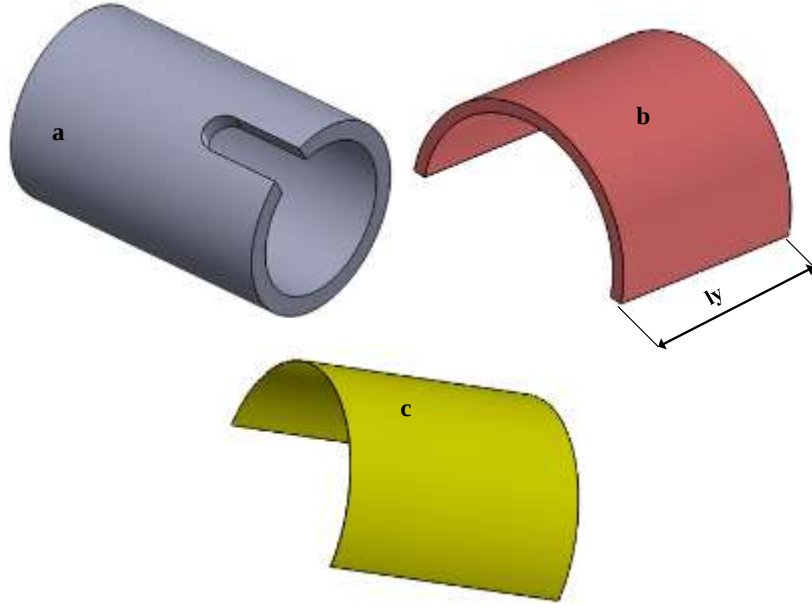
MATERYAL ve YÖNTEM

Bu çalışmada üzerine oyuklar açılan St37 çelik boruları yapıştırma numunesi olarak kullanılmıştır. Bu işlem için St37 çelik borular 75x25x27 mm (uzunluk, iç çap ve dış çap) ölçülerinde kesilmiştir. Yine benzer şekilde St37 çeliğinden üretilmiş yamalar 40x25x27 mm, 50x20x25 mm ve 60x20x25 mm (uzunluk, iç çap ve dış çap) ölçülerinde ve 60°, 90° ve 120° derecelerinde kesimler yapılmıştır. Üzerinde oyuklar açılmış olan St37 çelik numuneleri DP460 yapıştırıcı ve bu yapıştırıcı içerisine farklı takviye oranlarında (%0.1 ve %0.3) grafen nano oksit partikülü karışımları kullanılarak yapıştırırmalar yapılmıştır. St37 çeliği çekme dayanımı 350-480 MPa, akma dayanımı 235 MPa ve % uzama değeri 25 olan bir yapı malzemesidir. DP460 yapıştırıcısına ait mekanik özellikler çizelge 1'de verilmiştir.

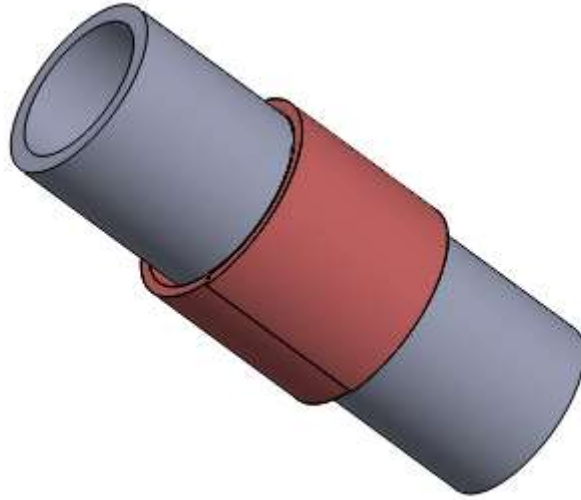
Çizelge 1 Dp460 mekanik özellikleri (çetkin, 2022)

Elastisite Modülü	2077.1 MPa
Poisson Oranı	0.38
Çekme Dayanımı	44.616 MPa

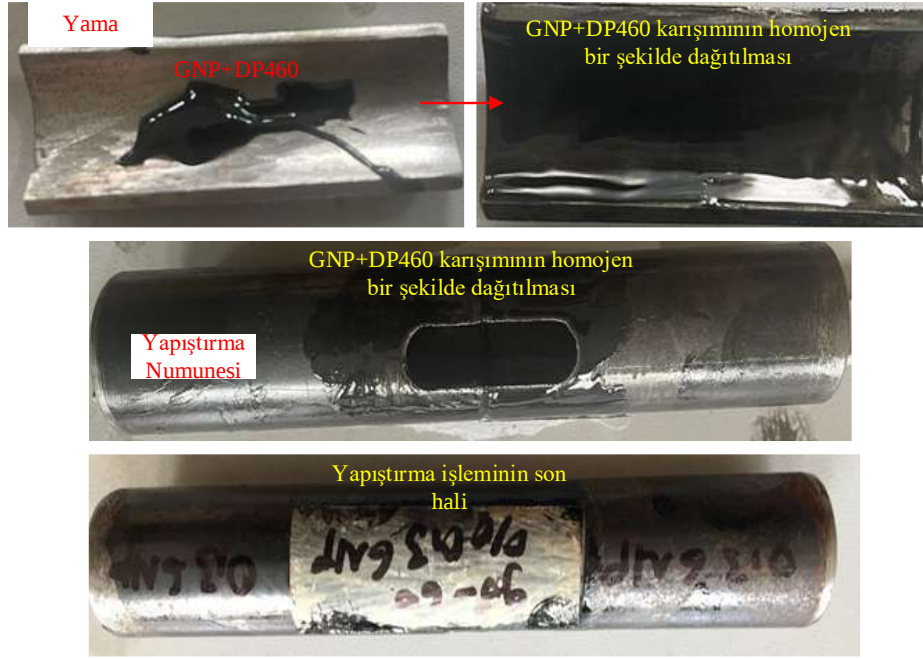
Yapıştırma işlemi için öncelikle hassas terazide nano grafen oksit partiküllerin ölçümleri yapılmıştır. Daha sonra DP460 yapıştırıcısı ile mekanik bir karıştırıcı ile karıştırıldıktan sonra yama ile yapıştırma işlemleri yapılmıştır. Şekil 1'de ve şekil 2'de yapılan yapıştırma işlemleri için solidworks paket programında çizilen görselleri verilmiştir. Şekil 3'te ise yapıştırma işlemi esnasında alınan bir görüntü verilmiştir.



Şekil 1. Deneysel çalışmada kullanılan st37 çeliği ve DP460 yapıştırıcına ait solidworks çizimleri yapıştırma işleminin parçaları (a-Ana malzeme, b-Yama malzemesi c-Yapıştırıcı Malzemesi)



Şekil 2. Deneysel çalışmada yapılan yapıştırma işleminin 3D çizim düzeneği



Şekil 3. Nano grafen oksit ve DP460 yapıştırıcısı karışımı ile yapılan yapıştırma işlemi

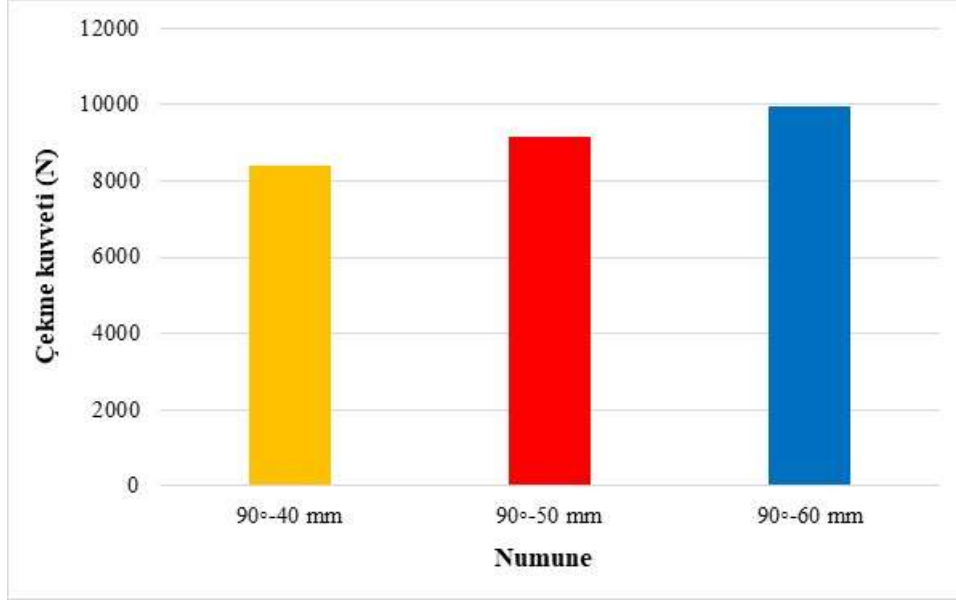
Freze tezgahında üzerinde kanal açılan st37 çelik boruları ve yine st37 çelik malzemesinden hazırlanan yamalar kullanılarak takviyesiz ve grafen partikül takviyeli DP460 yapıştırıcı kullanılarak yapıştırmalar yapılmıştır. Takviyesiz ve takviyeli yapıştırma bağlantıların çekme yükü karşısındaki davranışlarını belirlemek için bütün yapıştırma numuneleri Shimadzu AG-X 250 kN universal test cihazında 1 mm/dak. çekme hızında çekme yüklerine tabi tutulmuştur. Çekme deneylerinde hata payını minimize etmek için her bir parametrede deney üç kez tekrar edilmiştir. Şekil 4'te çekme deney esnasında çekilen bir görüntü verilmiştir.



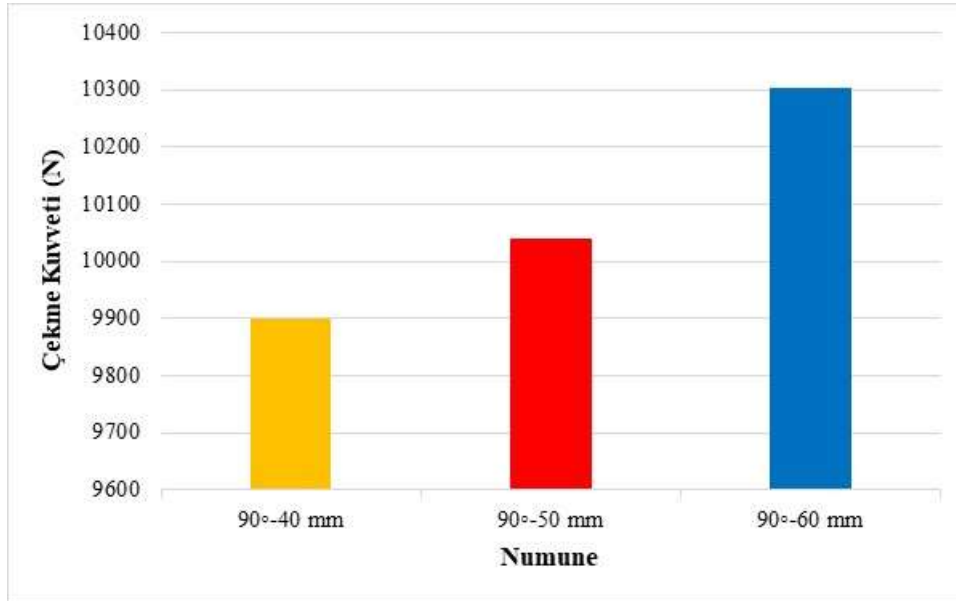
Şekil 4. Shimadzu AG-X 250 kN universal çekme cihazı

ARAŞTIRMA SONUÇLARI

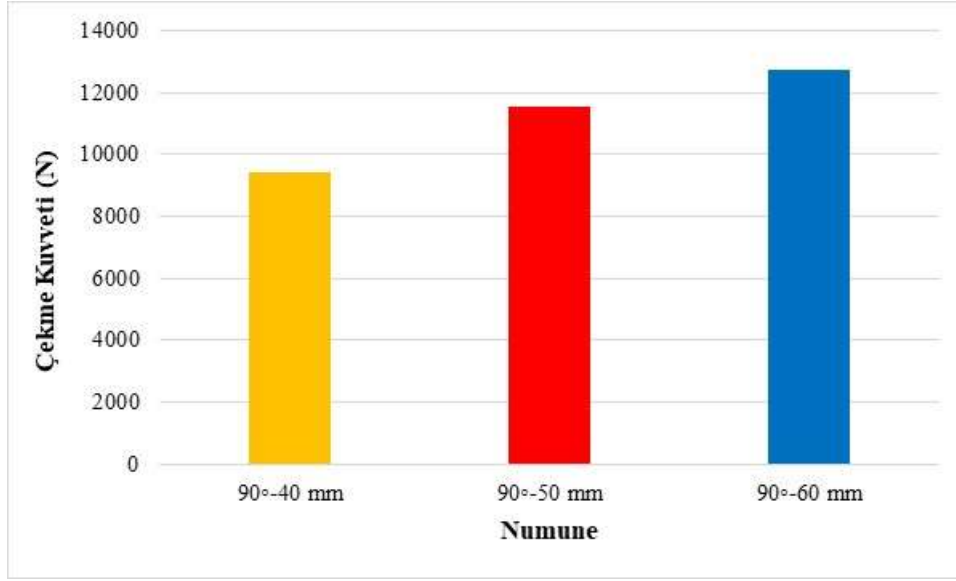
Üzerine 10 mm çapında ve 20 mm uzunluğunda üzerinde tek yönde oyuklar açılan St37 çelik boruları DP460 yapıştırıcısı ve nano grafen oksit takviyesi ile tamir işlemi yapılmıştır. Nano grafen oksit partikülü ağırlıkça %0.1 ve %0.3 oranlarında kullanılmıştır. Yapılan tamir işleminde DP460 yapıştırıcısı ve nano grafen oksit karışımının etkisini belirlemek için bütün numunelerin çekme testleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar şekil 5, şekil 6 ve şekil 7’de verilmiştir.



Şekil 5. DP460 yapıştırıcısı ile yapılan yapıştırırmaların çekme deneyleri



Şekil 6. %0.1 grafen oksit takviyesi ile yapılan yapıştırırmaların çekme deneyleri



Şekil 7. %0.3 grafen oksit takviyesi ile yapılan yapıştırıcıların çekme deneyleri

Şekil 5'te takviyesiz olarak yapılan yapıştırıcıların sonuçları incelendiğinde yama boyutları artıka yapışma yüzey alanları artığı için numunelerin hasar kuvvetleri (çekme kuvvetleri) artığı görülmektedir. En büyük çekme kuvveti 90°-60 mm parametresine sahip numunede 9968.7 N olarak elde edilmiştir.

DP460 yapıştırıcısına %0.1 ve %0.3 yapılan takviyelerin yapıştırma bağlantılarının çekme yükleri karşısındaki dayanımları incelendiğinde (şekil 6 ve şekil 7), grafen nano oksit takviyesi ile yapılan birleştirmelerin takviyesiz olarak yapılan yapıştırma bağlantılarında daha yüksek çekme kuvveti elde edildiği görülmektedir. Maksimum çekme kuvveti %0.3 grafen nano oksit takviyesi ile yapılan yapıştırma bağlantısından takviyesiz bağlantıya göre %28 artış ile 12759 N olarak elde edilmiştir.

TARTIŞMA VE SONUÇ

Takviyesiz ve %0.1 ve %0.3 grafen nano oksit takviyeli DP460 yapıştırıcı karışımı kullanılarak üzerinde 10 mm çapında ve 20 mm uzunluğunda oyuklar bulunan st37 çelik boruları farklı yama uzunluğu ile tamir edilmiştir. Takviyeli ve takviyesiz yapılan yapıştırma bağlantılarının etkilerini görmek için bütün numunelerin çekme deneyleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir.

- 1- Takviyesiz DP460 yapıştırıcısı ve 90°-60 mm parametredeki yama ile yapılan yapıştırmada en büyük çekme kuvveti dayanımım 10000 N olarak elde edilmiştir.
- 2- %0.1 grafen nano oksit partikül takviyeli DP460 yapıştırıcı ve 90°-60 mm parametredeki yama ile yapılan yapıştırmada en büyük çekme kuvveti dayanımım 10300 N olmuştur.
- 3- %0.3 grafen nano oksit partikül takviyeli DP460 yapıştırıcı ve 90°-60 mm parametredeki yama ile yapılan yapıştırmada en büyük çekme kuvveti dayanımım 12300 N olmuştur.

KAYNAKLAR

Borghai, H.R., Behjat, B., Yazdani, M. (2019) The impact of graphene nanoparticle additives on the strength of simple and hybrid adhesively bonded joints. *Journal of Composite Materials*, Vol. 53(23) 3335–3346. <https://doi.org/10.1177/0021998318817588>.

Çetkin, E. (2021). Investigation of the Effects of Use of GNP and GNP Reinforced Nano-Fibers with Epoxy Adhesive on Tension Tests. *European Journal of Technique (EJT)*, 11 (2), 175-181. DOI: 10.36222/ejt.957654.

Han, S., Meng, Q., Araby, S., Liu, T., Demiral, M. (2019) Mechanical and electrical properties of graphene and carbon nanotube reinforced epoxy adhesives: Experimental and numerical analysis. *Composites Part A* 120, 116–126. <https://doi.org/10.1016/j.compositesa.2019.02.027>.

Moriche, R., Prolongo, S.G., Sánchez, M., Jiménez-Suárez, A., Chamizo, F.J., Ureña, A. (2016) Thermal conductivity and lap shear strength of GNP/epoxy nanocomposites adhesives. *International Journal of Adhesion&Adhesives* 68, 407–410. <https://doi.org/10.1016/j.ijadhadh.2015.12.012>.



Pinto, A.M., Martins, J., Moreira, J.A., Mende, A.M., Magalhães, F.D. (2013) Dispersion of graphene nanoplatelets in poly (vinyl acetate) latex and effect on adhesive bond strength. *Polym Int*, 62(6):928–35.

Temiz, S., (2006). Application of bi-adhesive in double-strap joints subjected to bending moment. *J. Adhesion Sci. Technol.* 20, 1547–1560.

EPOKSİ YAPIŞTIRICISI İÇERİSİNE FARKLI ORANLARDA NANOPARTİKÜL KULLANILARAK BİRLEŞTİRİLEN AA5754 ALAŞIMININ MEKANİK DAVRANIŞLARININ İNCELENMESİ

INVESTIGATION OF THE MECHANICAL BEHAVIORS OF AA5754 ALLOY JOINED USING NANOPARTICLE, IN DIFFERENT PROPORTIONS INTO EPOXY ADHESIVE

Mustafa SARUHAN

Batman Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Makine Mühendisliği Bölümü, Batman, Türkiye

Edip ÇETKİN

Dr. Öğr. Üyesi, Batman Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Elektrik ve Enerji Bölümü, Batman, Türkiye

ÖZET

Gerçekleştirilen bu çalışmada farklı nanopartiküllerin çift takviyeli bindirilmiş yapıştırma bağlantılarında çekme davranışları deneysel olarak araştırılmıştır. Bu çalışmada yapıştırıcı malzeme DP460 epoksi, yapıştırma numunesi AA5754 alüminyum alaşımı, yama malzemesi olarak da cam epoksi kompozit malzemeleri kullanılmıştır. Yapıştırıcı malzemenin içerisine nanopartiküller olarak Al_2O_3 , ve MgO ağırlıkça %2, %4 ve %6 oranlarında ilave edilmiştir. Takviye edilmiş ve takviye edilmemiş yapıştırıcılar ile çift takviyeli yapıştırma bağlantıları hazırlanmıştır. Deney sonucunda takviyesiz yapıştırma bağlantılarına nazaran nanopartikül takviyeli yapıştırma bağlantılarının çekme mukavemetinin ciddi oranda arttığı görülmüştür. En yüksek çekme mukavemeti ise %6 ağırlık oranında takviye edilmiş MgO takviyeli yapıştırıcı olduğu saptanmıştır. Her bir nanopartikül için en yüksek ve en düşük çekme mukavemet değerleri tespit edilmiştir. Belirlenen cam epoksi kompozit malzemelerin önce makro görüntüsü alınıp daha sonra SEM görüntüleri araştırılmıştır.

Anahtar kelimeler: Nano partikül, Cam epoksi, AA5754

ABSTRACT

In this study, the tensile behavior of different nanoparticles in double-reinforced lapped adhesive bonds was investigated experimentally. In this study, DP460 epoxy adhesive material, AA5754 aluminum alloy as adhesive sample, and glass epoxy composite materials as patch material were used. Al_2O_3 , and MgO as nanoparticles were added to the adhesive material at 2%, 4% and 6% by weight. Double-reinforced bonding joints were prepared with reinforced and non-reinforced adhesives. As a result of the experiment, it was observed that the tensile strength of the nanoparticle reinforced adhesive joints increased significantly compared to the non-reinforced adhesive joints. It was determined that the highest tensile strength was MgO reinforced adhesive reinforced at 6% by weight. The highest and lowest tensile strength values were determined for each nanoparticle. First, macro images of the determined glass epoxy composite materials were taken and then SEM images were investigated.

Keywords: Adhesive, GNP, DP460 St37 steel

GİRİŞ

Yapıştırıcı ile birleştirme yöntemi son zamanlarda geleneksel bağlantı yöntemleri olan perçin, cıvata, kaynak, lehim vb bağlantı metodlarına alternatif olarak mühendislerin ve bilim insanlarının ilgisini çekmiştir. Daha önceleri ev eşyası, mutfak ürünleri ve benzeri gündelik malzemelerin tamir ve üretimi noktasında kullanılan bu yöntem teknolojinin ve yapıştırma endüstrisinin gelişmesiyle daha karmaşık yapıların üretimi ve tamirinde de etkin rol oynamaya başladı. Üretim kolaylığı, hafif olmaları ve de en önemlisi aynı ya da farklı türdeki malzemeleri yapıştırma noktasında etkinliği dolayısıyla hava, deniz,

uzay ve makine endüstrisinde sıkça kullanılmaya başlamıştır. Enerji tasarrufunun çok önem kazandığı günümüz çağında hafif malzemeler ve daha az enerji harcayan üretim yöntemleri dolayısıyla yapıştırma bağlantıları daha da önem arz etmeye başladı.

Khashaba ve ark. (2015), Karbon fiber kompozit malzeme ve epoksi yapıştırıcı ile oluşturdukları açılı bağlantılarda epoksi içerisine belli oranlarda SiC ve Al₂O₃ nanopartiküller ilave etmişlerdir. Elde edilen numuneler çekme testine tabi tutulmuştur. Yapmış oldukları deney sonucunda takviye edilmiş nanopartikül takviyeli yapıştırma bağlantılarının maksimum çekme kuvvetini saf epoksi yapıştırıcısına nazaran oldukça yüksek çıkmıştır.

Gupta (2020), tek bindirmeli yapıştırma bağlantılarında yapışma kenarlarında oluşan gerilme yığılmaları azaltmak için epoksi yapıştırıcısı içerisine farklı oranlarda Al₂O₃ partikülü takviyesi yapmıştır. Ayrıca Al₂O₃'ü nano-rods ve nano-spheres geometrik türler şeklinde kullanmıştır. Yapılan deneyler sonucunda %1 Al₂O₃ nano-rods ve %1.5 Al₂O₃'ü nano-spheres takviyeli yapıştırma bağlantılarında epoksi yapıştırıcısının kullanımına göre iyi sonuçların elde edildiğini belirtmiştir.

Zhai ve ark. (2006), Farklı oranlarda nano alümina partiküllerini epoksi yapıştırıcısına katarak oluşturulan yapıştırma bağlantılarının çekme testlerini yapmışlardır. Nano alüminan %2 oranına kadar takviyesinin yapıştırma bağlantılarının mukavemetini artırdığını, ancak %2 den fazla alümina takviyesinin yapıştırma bağlantıları üzerinde olumsuz etkilerinin olduğunu belirtmişlerdir. Bu durumun, %2 alüminia takviyesinin ara yüzey ve kohezyon birleşiminin yapısını değiştirdiğinden kaynaklandığını ifade etmişlerdir.

Bu çalışmada AA5757 alüminyum alaşımları DP460 yapıştırıcısı ve bu yapıştırıcı içerisine farklı oranlarında katılan Al₂O₃ ve MgO partikülleri takviye edilerek cam epoksi kompozit ile tamir işlemi yapılmıştır. Yapılan yapıştırma işlemlerine takviye partiküllerin etkisini belirlemek için bütün numuneler çekme testine tabi tutulmuştur. Çekme testlerinden sonra yapışma yüzey morfolojilerini incelemek için numunelerin kopma yüzeylerinin makro ve mikro (SEM) görüntüler alınmıştır.

MATERYAL ve YÖNTEM

Bu çalışmada AA5754 alüminyum alaşımı, Cam epoksi kompozit ve DP460 yapıştırıcı malzemeleri kullanılmıştır AA5754 alüminyum alaşımı yapıştırma numunesi olarak seçilmiştir. Bu işlem için AA5754 alüminyum alaşımı 75x25x3 mm (uzunluk, geniş ve kalınlık) ölçülerinde kesilmiştir. Cam epoksi kompozit yama için ise 40x25x3 mm (uzunluk, geniş ve kalınlık) ölçülerinde kesilmiştir. Yapıştırıcı malzemesi olarak da DP460 yapıştırıcısı kullanılmıştır. Ayrıca DP460 yapıştırıcısının etkinliğini artırmak için bu çalışmada farklı nanopartiküller farklı oranlarda kullanılmıştır. Nanopartiküller olarak Al₂O₃ ve MgO nanoparçacıkları ağırlıkça %2, %4 ve %6 oranlarında seçilmiştir. Sırasıyla AA 5754 alüminyum alaşımının mekanik özellikleri de Tablo 1 de , cam epoksi kompozit malzemesinin mekanik özellikleri tablo 2'de ve DP 460 epoksi yapıştırıcısının mekanik özellikleri ise Tablo 3'te gösterilmiştir. Şekil 1'de ise yapıştırma işlemi esnasında MgO takviyeli üretimleri yapılan numunelerin görüntüleri verilmiştir.

Tablo 1. AA5754 alüminyum alaşımı mekanik özellikleri (çetkin, 2021)

Young modülü	78.586 Gpa
Poisson Oranı	0.324
Çekme gerilmesi	272.0561 Mpa

Tablo 2. Cam epoksi kompozit malzemesinin mekanik özellikleri (Adin, 2012)

Malzeme	Çekme Gerilmesi (Mpa)	Elastisite Modülü (Mpa), [E _x , E _y , E _z]	Kayma Gerilmesi (Gpa), [G _{xy} , G _{xz} , G _{yz}]
Cam Epoksi	320	44000, 2000, 2000	4, 4, 3

Tablo 3. DP460 Epoksi yapıştırıcısının Mekanik Özellikleri (çetkin, 2021)

Elastisite Modülü	2077.1 Mpa
Poisson Oranı	0.38
Çekme Dayanımı	44.616 Mpa

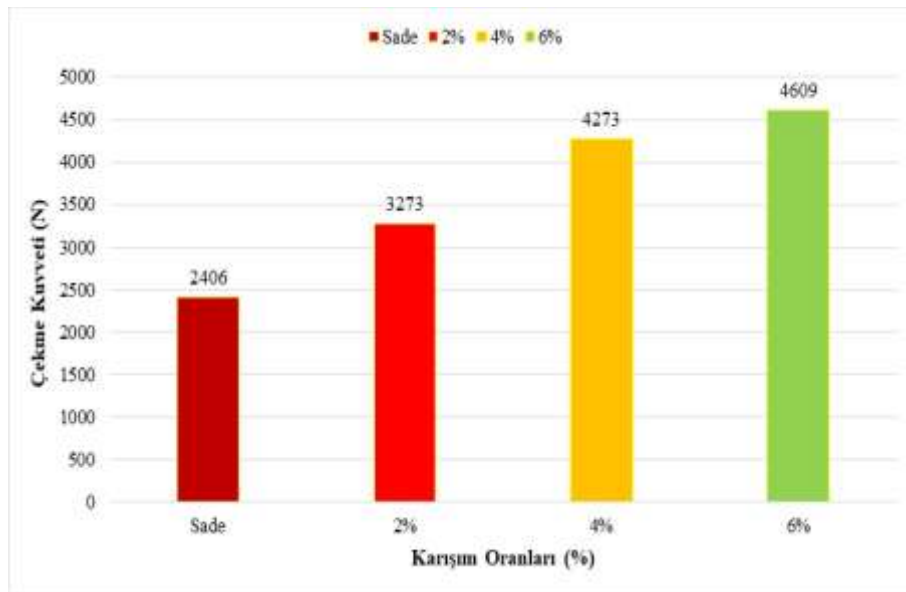


Şekil 1. MgO takviyesi ile yapılan yapıştırma bağlantıların görüntüleri

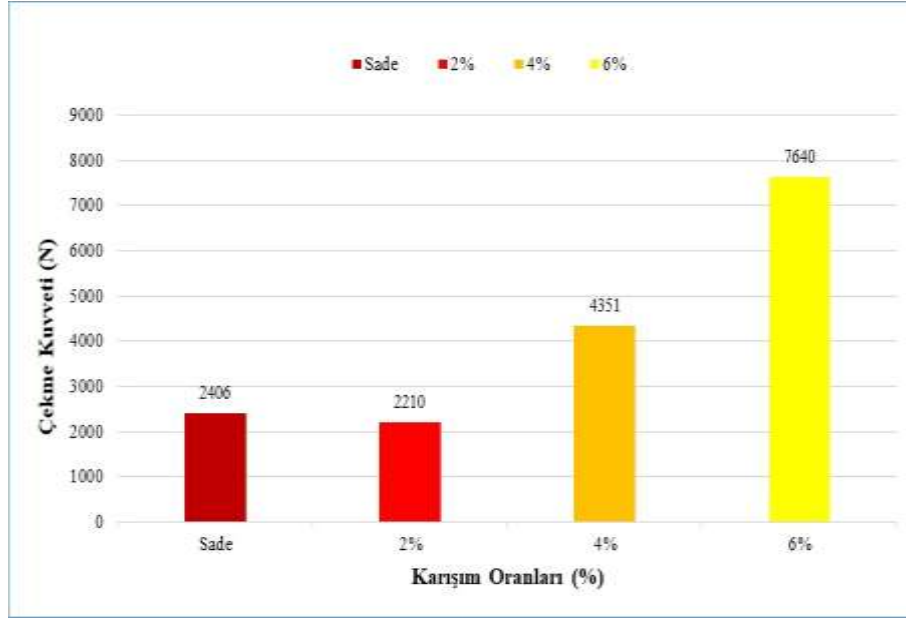
Çekme deneyleri 250 KN kapasiteye sahip SHIMADZU AG-IC marka çekme test cihazında 1mm/dak sabit ilerleme hızında gerçekleştirilmiştir. Her bir parametre için 3 kez tekrarlanan çekme testinde ortalama çekme kuvveti ve ortalama uzamalar belirlenerek hata payı minimize edilmiştir. Daha sonra bu ortalama değerler kullanılarak kuvvet-uzama eğrileri elde edilmiştir.

ARAŞTIRMA BULGULARI

Yapılan bu çalışmada ilk olarak DP460 yapıştırıcısı kullanılarak sabit çift taraflı yamalar ile yapıştırılmalar yapılmıştır. Daha sonra Al_2O_3 ve MgO nano partiküllerin DP460 yapıştırıcısıyla kullanımı araştırılmıştır. Bunun için DP460 yapıştırıcısına Al_2O_3 ve MgO parikülleri ağırlıkça %2, %4 ve %6 oranlarında ilave edilerek yapıştırılmalar yapılmıştır. Yapılan bütün yapıştırma işlemleri için AA5754 alüminyum alaşım plakasından kesilen numuneler ve cam epoksi kompozit malzemesinden hazırlanan yamalar kullanılmıştır. Yapılan yapıştırma bağlantılarında her bir parametrenin yapıştırma çekme hasar yükü üzerine etkisi incelemek için bütün numuneler çekme testine tabi tutulmuştur. Burada, iki farklı nanopartikül ve üç ayrı karışım oranı ile elde edilen deney numunelerinin takviyesiz DP460 yapıştırıcısı ile oluşturulmuş numunelerin mekanik özellikleri ile karşılaştırılmıştır. Çekme testleri yapıldıktan sonra numunelerin kopma yüzeylerinin macro ve SEM görüntülerinin analizleri yapılmıştır.



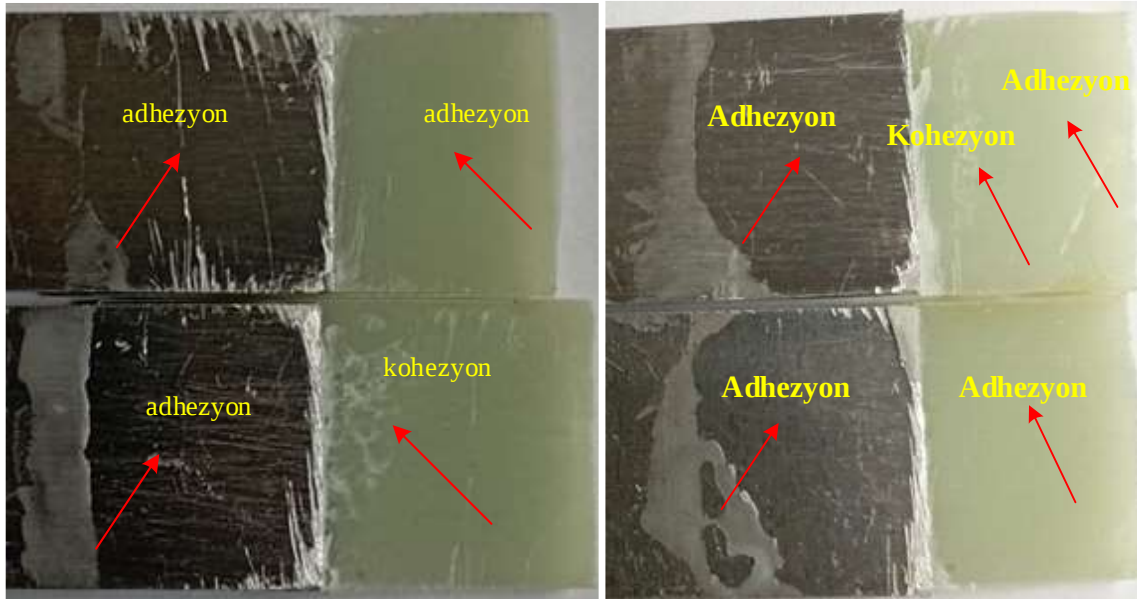
Şekil 2. Katkisız ve Al_2O_3 katkılı yapıştırıcıların Çekme kuvveti- karışım oranı grafiği



Şekil 3. Katkısız ve MgO katkılı yapıştırıcıların Çekme kuvveti- karışım oranı grafiği

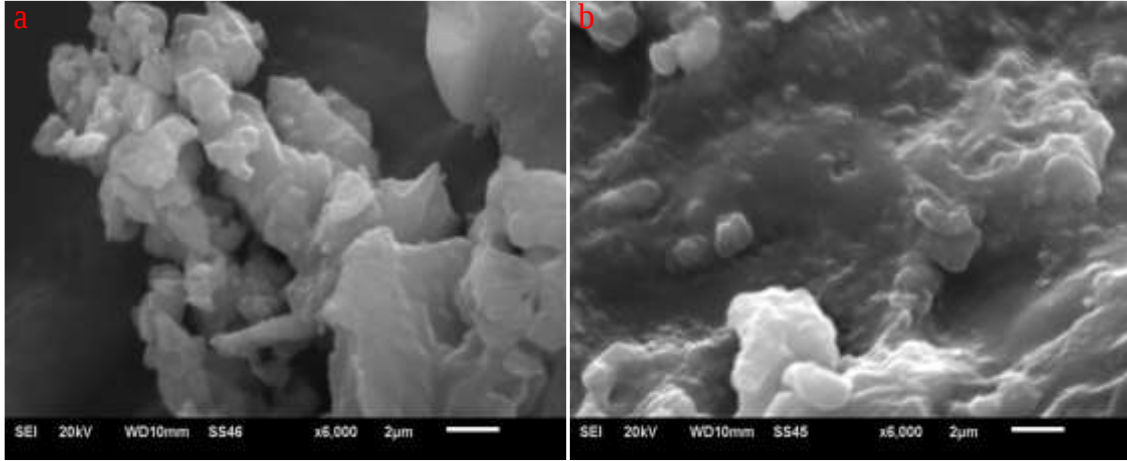
Şekil 2’deki takviyesiz ve Al_2O_3 takviyeli olarak yapılan yapıştırma bağlantılarının çekme test sonuçları irdelendiğinde bütün takviye oranlarında takviyesiz duruma göre artışların olduğu görülmüştür. Takviye oranların kendi içerisindeki ilişkiye bakıldığında maksimum çekme kuvveti %6 takviye oranında 4609 N olarak elde edilmiştir. Şekil 3’teki takviyesiz ve MgO takviyeli olarak yapılan yapıştırma bağlantılarının çekme test sonuçları irdelendiğinde %2 oranında takviyeli bağlantının takviyesiz DP460 yapıştırıcılı bağlantıya göre çekme kuvvetinin düştüğü gözlemlenmiştir. Ancak %4 ve %6 oranlarında takviye edilmiş yapıştırma bağlantılarının da takviyesiz DP460 yapıştırma bağlantılarına nazaran çekme kuvvetlerinde ciddi artışlar meydana gelmiştir. Takviye oranların kendi içerisindeki ilişkiye bakıldığında maksimum çekme kuvveti %6 takviye oranında 7640 N olarak elde edilmiştir.

DP460 epoksi yapıştırıcısı içerisine %2 ve %6 oranlarında Al_2O_3 takviyeleri ile yapılan yapıştırma bağlantılarının makro görüntüleri şekil 4’te verilmiştir. şekil 5’te ise bu yapıştırma bağlantılarına ait SEM görüntüleri verilmiştir.



Şekil 4. %2 ve %6 oranlarında Al_2O_3 takviyeleri yapılan yapıştırma bağlantısının kopma sonrası makro görüntüsü

Şekil 4 incelendiğinde, çekme sonrası hasar yüzeylerinde adhezyon ve kohezyon şeklinde kopma hasarlar meydana geldiği görülmüştür.



Şekil 5. %2 (a) ve %6 (b) Al₂O₃ takviyeli yapıştırma bağlantılarının 6000X büyütme SEM görüntüleri

Şekil 5’de %2 ve %6 Al₂O₃ takviyeli yapıştırma bağlantılarının SEM görüntüleri incelendiğinde % 6 Al₂O₃ (şekil 5-b) takviyeli yapıştırma karışımında geniş bir yapışma yüzey görüntüsünün olduğu görülmektedir. Şekil 5-a’de ise topaklanmanın olduğu görülmüştür. Buda yapışma esnasında numune ile yama arasında iyi bir yapışma mekanizmasının oluşmasını engellediği düşünülmektedir.

TARTIŞMA VE SONUÇ

DP460 yapıştırıcısı ve farklı takviye oranlarında Al₂O₃ ve MgO nano partikülleri kullanılarak AA5754 alaşımı cam epoksi kompozit yama ile çift taraflı olacak şekilde yapıştırmalar yapılmıştır. Takviyelerin ve yapıştırıcı malzemesinin yapıştırma bağlantıları üzerindeki etkilerini belirlemek için bütün yapıştırma numunelerin çekme deneyleri yapılmıştır. Ayrıca çekme sonra numunelerin kopma yüzeylerinin makro ve mikro yüzey analizleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir.

1-Elde edilen sonuçlara göre takviye edilmiş DP 460 epoksi yapıştırıcıları büyük ölçüde takviyesiz DP 460 epoksi yapıştırıcısına göre daha yüksek çekme kuvvetleri elde edilmiş ve en yüksek çekme kuvveti %6 oranında MgO takviyeli yapıştırma bağlantısında 7640 N olarak elde edilmiştir.

2- Çekme sonrası kopan yüzeylerin makro görüntüleri incelendiğinde daha çok adhezyon hasarları tespit edilmiş, bazı bölgelerde kohezyon hasarları da görülmüştür.

3-En düşük ve en yüksek çekme kuvvetlerinin mikro (SEM) görüntüleri incelendiğinde düşük takviyeli yapıştırma bağlantılarında yapıştırıcıda topaklanmaların olduğu bu durumda iyi bir yapışmanın oluşmasını engellediği, yüksek takviye oranlı yapıştırma bağlantılarında geniş bir yapışma yüzeyi olduğu bu da daha yüksek çekme kuvveti elde edilmesine sebebiyet vermiştir.

KAYNAKLAR

Allendorf, K., Ghimire, D. (2012). Determinants of marital quality in an arranged marriage society. Population Studies Center Research Reports, 12-758, USA.

Çetkin, E. (2021). Investigation of the Effects of Use of GNP and GNP Reinforced Nano-Fibers with Epoxy Adhesive on Tension Tests. European Journal of Technique (EJT) , 11 (2) , 175-181 . DOI: 10.36222/ejt.957654.

Gupta, K.S. (2020) Failure load and stress intensity factor of single-lap steel joints bonded with nano-Al₂O₃ reinforced epoxy adhesive. Funct. Compos. Struct. 2 (2020) 035002.

Zhai, L., Ling, G., Li, J., Wang, Y. (2006) The effect of nanoparticles on the adhesion of epoxy adhesive. Mater Lett. 60(25):3031–3.



Khashaba, U.A., Aljinaidi, A.A., Hamed, M.A. (2015). Development of CFRE composite scarf adhesive joints with SiC and Al₂O₃ nanoparticle, *Composite Structures*. 128;415-427.

Adin, H. (2012). The effect of angle on the strain of scarf lap joints subjected to tensile loads. *Applied Mathematical Modelling*. vol. 36, 2858–2867. <https://doi.org/10.1016/j.apm.2011.09.079>.