

ULUSLARARASI HAKEMLİ MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ DERGİSİ

INTERNATIONAL REFEREED JOURNAL OF ENGINEERING AND SCIENCES

PRINT ISSN: 2148-4783 - ONLINE ISSN: 2149-2484

[SAYI: 16 YIL: 2022 - ISSUE: 16 YEAR: 2022]



İMTİYAZ SAHİBİ

“Bu Dergi Türk Patent Enstitüsü Tarafından Marka Tescili İle Tescillidir”

(2015/04066- 2015-GE-17837)



GÜVEN PLUS GRUP A.Ş.

www.guvenplus.com.tr

UHMFD DERGİMİZ HAKKINDA GENEL BİLGİLER

- 1 Dergimiz hakemli ve uluslararası indeksli bir dergidir. Her yayın en az iki alan uzmanı hakem tarafından değerlendirilmektedir. İki alan hakemi tarafından olumlu “yayınlanabilir” yönünde rapor almayan yayınlar dergimizde yayınlanmaz. Bu durum karşısında hiçbir yazar(lar) dergimiz üzerinde bir hak iddiasında bulunamaz. Dergimizde yayınlanmaya hak kazanan “Etik Kurul Raporu” bulunan yayınlara dair etik kurul bilgileri yazılı olarak editörlüğe gönderilmesi ve sisteme yayın yüklenirken sisteme yüklenmesi zorunludur. Etik kurul raporu olan ve sisteme bilgisi girilmeyen ya da yazılı olarak editörlüğe bilgileri ulaştırılmayan çalışmalardan doğan her türlü sorumluluk yazar(lar)’a aittir. Dergimizin hiçbir kurulu ve yetkilisi bu konuda maddi ve manevi sorumluluk kabul etmez. Dergi kurul ve üyeleri “yetkilileri” Hukuki yükümlülük altına alınamaz. Her yazar ve yazarlar bu durumu peşinen kabul etmiştir.
- 2 Dergi hakem ve kurullarında yer alan akademisyen ile diğer yetkililer hakkında yazar(lar) dergi sistem işleyişi sürecine dair bir talepte bulunamaz. Bulunsalar bile herhangi bir bilgi kendilerine verilmez, sistem süreci değiştirilmez. Dergimiz ile ilgili her türlü bilgi derginin web sayfasında www.uhmfdergisi.com.tr adresinden edinilebilir.
- 3 Dergimiz yılda ÜÇ sayı şeklinde çıkmakta her yılın “Nisan – Ağustos – Aralık” aylarının son günü derginin sayısında bulunan tüm makaleler tek cilt halinde dergi web sistemine yüklenir. Dergi web sisteminden makaleler tüm okuyucular tarafından indirilir ve ilgili eser “makale” ve dergimize atıf yapılmak koşulu ile kullanılabilir. Dergimizin tüm sayılarına okuyucular ücretsiz olarak ulaşmaktadır.
- 4 Dergimizde yayınlanan tüm makaleler ISO 18001-OH-0090-13001706 / ISO 14001-EM-0090-13001706 / ISO 9001-QM-0090-13001706 / ISO 10002-CM-0090-13001706 kalite belgeleriyle ve (2015/04066 / 2015-GE-17837) Marka patent ile güvence altına alınmıştır. Yayınlanmış olan makaleler kalite, marka patent ve doi bilgileri ile ilgili çalışmanın yazarlarına eserleri hakkında her türlü hukuki hak ve uluslararası güvence sağlamaktadır.
- 5 Dergimiz basılı ve e dergi olarak yayınlanmaktadır. **Print:** 2148-4783 / **Online:** 2149-2484 numarası ile T.C. Kültür Bakanlığında dergimiz hakkında her türlü bilgiye ulaşılabilir.
- 6 Metin içinde (Yılmaz, 2015: 1) veya (Yılmaz ve diğ., 2015:1) şeklinde kaynak gösterimi, kaynakçada ise YILMAZ, M., (2015). Ergonomi ve Sporda Ergonominin Kullanım ve Öneminin İncelenmesi, UHMFD “Uluslararası Hakemli Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi”, Sayı: 5, Cilt: 3, ss.1-2 şeklinde gösterilir. Tüm yazarlar dergimizin son güncel sayılarını takip ederek ilgili sayılarda yayınlanan makalelerdeki yazım formatını kendi çalışmalarında uygulayabilir.

İnternet kaynaklarında mutlaka erişim tarihi ve son ulaşılabilen internet linkinin tamamının başta kaynakça ve metnin kullanıldığı sayfa altında numaralandırılarak gösterilmesi bir zorunluluktur.

- 7 Kaynakça Türkçe alfabe sıralamasına göre düzenlenir. Tüm yazarlar için derginin son sayısındaki yazım formatı dikkate alınmak zorundadır.
- 8 Dergimiz uluslararası indeksli bir dergi olup dergimizde yayınlanan tüm çalışma ve makaleler derginin yayınlandığı tarih itibariyle ilgili indekslere mail yolu ile ulaştırılır.
- 9 Dergimizde özgün araştırma, inceleme, derleme, olgu sunumu, proje ve kitap tanıtımı “makale formatında olmak zorundadır” türünde yayınlara yer verilmektedir.
- 10 Dergimize gönderilen tüm çalışmalar sisteme yüklendiği şekil ve an itibariyle başka bir dergide yayınlanmamış, değerlendirmeye alınmamış ve red edilmemiş olması gerekir. Tüm sisteme yüklenen makaleler yazar(lar) tarafından bu kurallara uyulduğunu kabul etmiş sayılır. Aksi durumda ilgili yazar(lar) hakkında dergimiz hukuki haklarını saklı tutar. Oluşabilecek olumsuzluk karşısında maddi ve manevi tüm sorumluluk ilgili yazar(lar)’a aittir. Dergimiz T.C. Kanunlarına göre hareket eder.

GENERAL INFORMATION ABOUT UHMFD JOURNAL

- 1 Our journal is a refereed and internationally indexed journal. Each paper is evaluated by two referees who are field experts. The articles not reported as “issuable” positively by two field referees aren’t published in our journal. None of the author(s) can lay a claim on our journal in this case. Data, concerning the ethics committee of the studies, approved to be published in our journal, having the Ethics Committee Report, should be submitted to the editors in written and uploaded to the system with the article. Author(s) should take the responsibility of their articles, having the Ethics Committee Report, which were not submitted to the editors in written and were not uploaded to the system. None of the committees and the authorities in our journal are responsible for pecuniary and non-pecuniary damages. The committees and the authorities in our journal do not have any legal obligations. Author(s) have accepted this situation beforehand.
- 2 Author(s) cannot make a demand for the journal’s procedure concerning the academicians in journal’s referee board and other boards and other authorities. Even if so, they aren’t given any information, system process cannot be changed. Necessary information about our journal can be obtained from the website of the journal www.uhmfdergisi.com.tr
- 3 Our journal publishes three times a year, all articles in the relevant volume of journal are uploaded to the web system of the journal in one volume on the last day of the months “April / August and December” All readers can download the articles from the journal’s web system and the relevant paper “article” can be used on condition that our journal is cited. Readers can download all volumes of our journal for free.
- 4 All articles published in our journal are assured with certificate of quality ISO 18001-OH-0090-13001706 / ISO 14001-EM-0090-13001706 / ISO 9001-QM-0090-13001706 / ISO 10002-CM-0090-13001706) and trademark patent (2015/04066 / 2015-GE-17837). Articles published provide their authors with all kinds of legal rights and international assurance regarding their articles with quality, trademark, patent and doi information.
- 5 Our journal has both printed and online versions. Necessary information about our journal can be obtained from the T.R. Ministry of Culture with the number **Print:** 2148-4783 / **Online:** 2149-2484
- 6 Reference within the text should be (Yılmaz, 2015: 1) or (Yılmaz et al. 2015:1), in the reference part YILMAZ, M., (2015). Analysis Of Ergonomics And The Use And Importance Ergonomics In Sports, UHMFD “International Refereed Journal of Engineering And Sciences”, Issue:5, Volume:3, pp.1-2. All authors must follow the latest volumes of our journal and apply the print format of the published articles in their own papers. It is an obligation to indicate the access

date of the internet sources and the last accessed full internet link in the references and below the page by giving numbers.

- 7 References are arranged by the Turkish alphabet. The printing format in the last volume of the journal should be taken into account by all authors.
- 8 Our journal is an internationally indexed journal, and all articles and papers published in our journal are sent to relevant indices via e-mail by the publication date of the journal.
- 9 Original research, analysis, compilation, case study, project and book introduction “have to be in an article format” and these publications are also included.
- 10 All papers sent to the journal and uploaded to the system shouldn't be previously published, not evaluated and not rejected. All articles uploaded to the system are acknowledged that author(s) conform to these rules. Otherwise, our journal keeps its legal rights reserved. All material and moral responsibility regarding a negative situation belong to author(s). Our journal acts in line with the T.R. Law.

İÇİNDEKİLER

ARAŞTIRMA - UYGULAMA

**İNŞAAT PROJE SÜRESİNİN YAPAY ZEKA İLE
BELİRLENMESİ** 1-13

Esrâ DOBRUCALI, İsmail Hakkı DEMİR

**BİNA MALİYETİNİN TAHMİNİ İÇİN GEN İFADELI
PROG-RAMLAMA VE YAPAY SİNİR AĞLARI
TEKNİKLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI** 14-32

Esrâ DOBRUCALI, İsmail Hakkı DEMİR

**YAPISAL HASARLARIN YAPI DİNAMİK
PARAMETRELER İLE BELİRLENMESİ** 33-51

Zeki ÖZCAN, Ömer SEMİZ

**NONLINEAR FINITE ELEMENT ANALYSIS OF
MECHANICALLY ANCHORED REINFORCED STEEL I
BEAMS** 52-74

Abdul Majeed QARIZADA, Yusuf SÜMER

BAŞ EDİTÖRLER

Prof. Dr. Ashok JAMMI - Principal Anurag College of Engineering - Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümü - Hindistan
Prof. Dr. Mihaela BUCIUMEANU - University Dunarea de Jos of Galati - Mühendislik Fakültesi - Romanya
Prof. Dr. Yusuf ŞAHİN - Nişantaşı Üniversitesi - Sivil Havacılık Yüksekokulu - Türkiye

GENEL YAYIN YÖNETMENLERİ

Dr. Öğr. Üye. Senai YALÇINKAYA - Marmara Üniversitesi - Teknoloji Fakültesi - Türkiye
Dr. Öğr. Üye. Zeynep YAMAN - Sakarya Üniversitesi - Mühendislik Fakültesi - Türkiye

SİSTEM EDİTÖRLERİ

Dr. Öğr. Üye. Senai YALÇINKAYA - Marmara Üniversitesi - Teknoloji Fakültesi - Türkiye
Arş. Gör. Dr. Ebuzer AYGÜL - Hakkari Üniversitesi - Mühendislik Fakültesi - Türkiye

TEKNİK EDİTÖRLER

Prof. Dr. Pelin AVŞAR KARABAŞ - Hitit Üniversitesi - Güzel Sanatlar Tasarım ve Mimarlık Fakültesi - Türkiye
Doç. Dr. H. Meltem GÜNDOĞDU - Kırklareli Üniversitesi - Mimarlık Fakültesi - Türkiye
Doç. Dr. Levent ARIDAĞ - Gebze Teknik Üniversitesi - Mimarlık Fakültesi - Türkiye
Öğr. Gör. Ozan KARABAŞ - Hitit Üniversitesi - İskilip Meslek Yüksekokulu - Türkiye
Burhan MADEN - Türkiye

DİL EDİTÖRLERİ

Prof. Dr. Feryal ÇUBUKÇU - Dokuz Eylül Üniversitesi - Buca Eğitim Fakültesi (İngilizce) - Türkiye
Prof. Dr. Giray Saynur DERMAN - Marmara Üniversitesi - İletişim Fakültesi (İngilizce - Rusça) - Türkiye
Prof. Dr. Muammer CENGİL - Hitit Üniversitesi - İlahiyat Fakültesi (Arapça) - Türkiye
Prof. Dr. Yakup POYRAZ - Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi - Fen Edebiyat Fakültesi (Türkçe) - Türkiye
Doç. Dr. Gökşen ARAS - Atılım Üniversitesi - Fen Edebiyat Fakültesi (İngilizce) - Türkiye
Doç. Dr. Gültesemin HAZER - Sakarya Üniversitesi - Fen Edebiyat Fakültesi (Türkçe) - Türkiye
Dr. Öğr. Üye. Rommel TABULA - Rajamagala University of Technology Lanna (İngilizce) - Tayland
Ph.D. L. Santhosh KUMAR - Bishop Heber College - Department of English (İngilizce) - Hindistan
Dr. Sinem HERGÜNER SON - Gazi Üniversitesi - Rektörlük (İngilizce) - Türkiye

İSTATİSTİK ALAN EDİTÖRLERİ

Prof. Dr. Ayhan AYTAÇ - Trakya Üniversitesi - İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi - Türkiye
Prof. Dr. Ahmet Fahri ÖZOK - Okan Üniversitesi - Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi - Türkiye
Prof. Dr. Ali Hakan BÜYÜKLÜ - Yıldız Teknik Üniversitesi - Fen Edebiyat Fakültesi - Türkiye
Prof. Dr. Nurcan METİN - Trakya Üniversitesi - İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi - Türkiye
Prof. Dr. Serdar TOK - Manisa Celal Bayar Üniversitesi - Spor Bilimleri Fakültesi - Türkiye
Doç. Dr. Emre DÜNDER - Ondokuz Mayıs Üniversitesi - Fen Edebiyat Fakültesi - Türkiye
Doç. Dr. Ömer ALKAN - Atatürk Üniversitesi - İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi - Türkiye
Doç. Dr. Saliha ÖZPINAR - Alanya Alattin Keykubat Üniversitesi - Tıp Fakültesi - Türkiye

YAYIN KURULU

Prof. Dr. Abdulkadir GÜLLÜ - Gazi Üniversitesi - Teknoloji Fakültesi - Türkiye
Prof. Dr. Ackerman MARKS - University of Michigan - Elektrik Mühendisliği ve Bilgisayar Bilimleri Bölümü - A.B.D.
Prof. Dr. Adnan DİKİÇİOĞLU - İstanbul Teknik Üniversitesi - Makina Fakültesi - Türkiye
Prof. Dr. Adrian OLARU - Politechnic University of Bucharest - Teknolojik Sistemler Mühendisliği ve Yönetimi Fakültesi - Romanya
Prof. Dr. Arbakariya ARIFF - University Putra - Biyoteknoloji ve Biyomoleküler Bilimler Fakültesi - Malezya
Prof. Dr. Arvind ATREYA - University of Michigan - Mühendislik Fakültesi - A.B.D.
Prof. Dr. Aysel KANTÜRK FİGEN - Yıldız Teknik Üniversitesi - Kimya Metalurji Fakültesi - Türkiye
Prof. Dr. Ali Rıza MOTORCU - Çanakkale 18 Mart Üniversitesi - Mühendislik Fakültesi - Türkiye
Prof. Dr. Ashok JAMMI - Principal Anurag College of Engineering - Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümü - Hindistan
Prof. Dr. Burcu YILMAZ ŞAHİNBAŞKAN - Marmara Üniversitesi - Teknoloji Fakültesi - Türkiye
Prof. Dr. Bülent SALDERAY - Ankara Hacıbayram Veli Üniversitesi - Güzel Sanatlar Fakültesi - Türkiye
Prof. Dr. Erdem UNVER - Atılım Üniversitesi - Güzel Sanatlar Tasarım ve Mimarlık Fakültesi - Türkiye
Prof. Dr. Erdoğan GÜNEŞ - Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi - Ankara
Prof. Dr. Ferhan KUYUCAK ŞENGÜR - Eskişehir Teknik Üniversitesi - Havacılık ve Uzun Bilimler Fakültesi - Türkiye
Prof. Dr. Fevzi BEDİR - Gebze Teknik Üniversitesi - Mühendislik Fakültesi - Türkiye
Prof. Dr. Güröl YILDIRIM - Giresun Üniversitesi - Mühendislik Fakültesi - Türkiye
Prof. Dr. Gürel ÇAM - İskenderun Teknik Üniversitesi - Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi - Türkiye
Prof. Dr. Gonca BÜYÜKMİHÇİ - Erciyes Üniversitesi - Mimarlık Fakültesi - Türkiye
Prof. Dr. Grzegorz KRÓLCZYK - Opole University of Technology - Makina Mühendisliği Fakültesi - Polonya
Prof. Dr. Hamid Reza KARIMI - Politecnico di Milano - Makina Mühendisliği Bölümü - İtalya
Prof. Dr. H. Ziya ÖZEK - Namık Kemal Üniversitesi - Mühendislik Fakültesi - Türkiye
Prof. Dr. Hiroshi Sekimoto - Tokyo Institute of Technology - Yenilikçi Nükleer Enerji Sistemleri Araştırma Merkezi - Japonya
Prof. Dr. Hülya KALAYCIOĞLU - Karadeniz Teknik Üniversitesi - Orman Fakültesi - Türkiye
Prof. Dr. Jory HANCOCK - University Of Arizona - Dans Okulu - A.B.D.
Prof. Dr. Hatice ÖGÜT - Ahievran Üniversitesi - Ziraat Fakültesi - Türkiye
Prof. Dr. Hüsnü GERENGİ - Düzce Üniversitesi - Mühendislik Fakültesi - Türkiye
Prof. Dr. Mihaela BUCIUMEANU - University Dunarea de Jos of Galati - Mühendislik Fakültesi - Romanya
Prof. Dr. Mohammad ISRAR - Sur University College Mechanical Engineering - Mühendislik Bölümü - Hindistan
Prof. Dr. Mehmet Baki KARAMIŞ - Erciyes Üniversitesi - Mühendislik Fakültesi - Türkiye
Prof. Dr. Mehmet ŞİMŞİR - Sivas Cumhuriyet Üniversitesi - Mühendislik Fakültesi - Türkiye
Prof. Dr. Metin GÜRÜ - Gazi Üniversitesi - Mühendislik Fakültesi - Türkiye
Prof. Dr. Mohd Ali Hassan - Universiti Putra Malaysia - Biyoproses Teknolojisi Bölümü - Malezya
Prof. Dr. Ömer YILDIRIM - G.O.P. Üniversitesi - Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi - Türkiye
Prof. Dr. Pete WALKER - University Of Bath - Mimarlık ve İnşaat Mühendisliği Bölümü - İngiltere
Prof. Dr. Rajini Nagarajan - Kalasalingam University - Makine Mühendisliği Fakültesi - Hindistan
Prof. Dr. Pelin AVŞAR KARABAŞ - Hitit Üniversitesi - Güzel Sanatlar - Tasarım ve Mimarlık Fakültesi - Türkiye
Prof. Dr. Peter CHILDS - Imperial College London - Mühendislik Fakültesi - İngiltere
Prof. Dr. Sevil YÜCEL - Yıldız Teknik Üniversitesi - Kimya-Metalurji Fakültesi - Türkiye
Prof. Dr. Şükran ŞAHİN - Ankara Üniversitesi - Ziraat Fakültesi - Türkiye
Prof. Dr. Tauseef A. Khan - Lahore University of Engineering and Technology - Makina Mühendisliği Bölümü - Pakistan
Prof. Dr. Yusuf ŞAHİN - Nişantaşı Üniversitesi - Sivil Havacılık Yüksekokulu - Türkiye
Prof. Dr. Yoshihiko Takano - National Institute for Materials Science - Uluslararası Malzeme Nanoarhitektonik Merkezi - Japonya
Prof. Dr. Zeki ÇİZMECİOĞLU - İstanbul Ticaret Üniversitesi - Mühendislik Fakültesi - Türkiye
Doç. Dr. Adil GÜLER - Marmara Üniversitesi - Teknoloji Fakültesi - Türkiye
Doç. Dr. Abdülkerim KARAAŞLAN - Atatürk Üniversitesi - İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi - Türkiye
Doç. Dr. Ahmet Semih UZUNDUMLU - Atatürk Üniversitesi - Ziraat Fakültesi - Türkiye
Doç. Dr. Aytaç YILDIZ - Bursa Teknik Üniversitesi - Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi - Türkiye
Doç. Dr. Ahmet CELEBİ - Sakarya Üniversitesi - Mühendislik Fakültesi - Türkiye
Doç. Dr. Abney STEVEN - University Of Michigan - Dilbilim Bölümü - A.B.D.
Doç. Dr. Cihat BOYRAZ - Marmara Üniversitesi - Teknoloji Fakültesi - Türkiye
Doç. Dr. Didem SALOĞLU DERTLİ - İstanbul Teknik Üniversitesi - Deprem Mühendisliği ve Afet Yönetim Enstitüsü - Türkiye
Doç. Dr. Dimitri A. SHULGIN - Kazan National Research Technological University - Makina Mühendisliği Fakültesi - Rusya
Doç. Dr. Elif AKPINAR KÜLEKÇİ - Atatürk Üniversitesi - Mimarlık ve Tasarım Fakültesi - Türkiye
Doç. Dr. Gülcan DEMİROĞLU TOPÇU - Ege Üniversitesi - Ziraat Fakültesi - Türkiye
Doç. Dr. Işık SEZEN - Atatürk Üniversitesi - Mimarlık ve Tasarım Fakültesi - Türkiye
Doç. Dr. Latif ASLANOV - Azerbaijan University of Architecture and Construction - Azerbaycan
Doç. Dr. Ömer ALKAN - Atatürk Üniversitesi - İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi - Türkiye
Doç. Dr. Pinar GÜLTEKİN - Düzce Üniversitesi - Orman Fakültesi - Türkiye
Doç. Dr. Ridvan KOCYİĞİT - Atatürk Üniversitesi - Ziraat Fakültesi - Türkiye
Doç. Dr. Süheyla BÜYÜKŞAHİN - Necmettin Erbakan Üniversitesi - Güzel Sanatlar ve Mimarlık Fakültesi - Türkiye
Doç. Dr. Sinan KOPUZLU - Atatürk Üniversitesi - Ziraat Fakültesi - Türkiye
Doç. Dr. Tory FAIR - Brandeis University - Güzel Sanatlar Bölümü - A.B.D.
Doç. Dr. Uğur Buğra CELEBİ - Yıldız Teknik Üniversitesi - Gemi İnşaatı ve Denizcilik Fakültesi - Türkiye
Doç. Dr. Ufuk Fatih KÜÇÜKALİ - İstanbul Aydın Üniversitesi - Mimarlık ve Tasarım Fakültesi - Türkiye
Doç. Dr. Vishal S. SHARMA - University of the Witwatersrand - School of Mechanical - Hindistan
Doç. Dr. Vural OYAN - Van Yüzüncüyıl Üniversitesi - Mühendislik Fakültesi - Türkiye

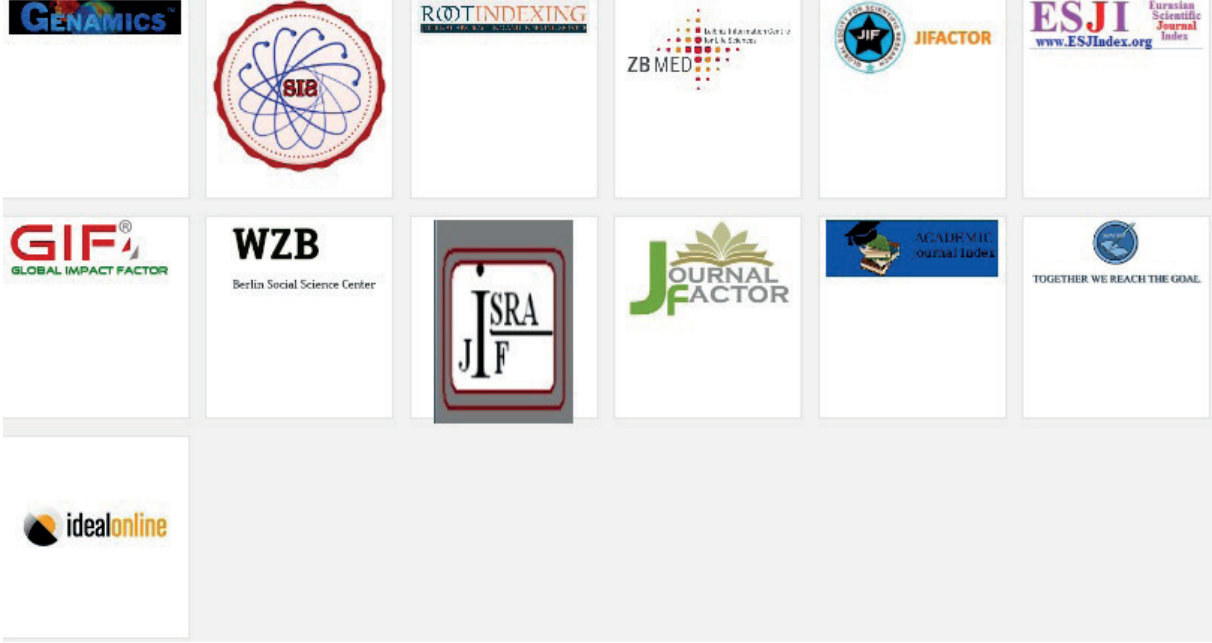
YAYIN KABUL ETTİĞİMİZ ALAN VE DİSİPLİNLER

- Atmosfer ve Meteoroloji Mühendisliği
- Bilgisayar Mühendisliği
- Biyomühendisliği
- Biyosistem Mühendisliği
- Çevre Mühendisliği
- Diğer Mühendislik Dalları
- Elektrik ve Elektronik
- Endüstri Mühendisliği
- Fizik Mühendisliği
- Gemi Mühendisliği
- Geoteknik Mühendisliği
- Gıda Mühendisliği
- Harita Mühendisliği
- Havacılık ve Uzay Mühendisliği
- Jeofizik Mühendisliği
- Jeoloji Mühendisliği
- Kimya Mühendisliği
- Lif ve Kağıt Teknolojisi
- Maden Mühendisliği
- Makine Mühendisliği
- Matematik Mühendisliği
- Mekatronik Mühendisliği
- Metalurji ve Malzeme
- Mimarlık
- Moleküler ve Genetik
- Nükleer Mühendisliği
- Orman Endüstri Mühendisliği
- Petrol Mühendisliği
- Tekstil Bilimleri Mühendisliği
- Yer Bilimleri Mühendisliği
- İnşaat Mühendisliği
- İşletme Mühendisliği

DISCIPLINES

- **Atmosphere and Meteorology Engineering**
- **Computer Engineering**
- **Bioengineering**
- **Biosystems Engineering**
- **Environmental Engineering**
- **Other Engineering**
- **Electrical and Electronics**
- **Industrial Engineering**
- **Physics Engineering**
- **Marine Engineering**
- **Geotechnical Engineering**
- **Food Engineering**
- **Geomatics Engineering**
- **Aerospace Engineering**
- **Geophysical Engineering**
- **Geological Engineering**
- **Chemical Engineering**
- **Fiber and Paper Technology**
- **Mining Engineering**
- **Mechanical Engineering**
- **Mathematical Engineering**
- **Mechatronics Engineering**
- **Metallurgical and Materials**
- **Architecture**
- **Molecular and Genetic**
- **Nuclear Engineering**
- **Forest Industry Engineering**
- **Petroleum Engineering**
- **Textile Science and Engineering**
- **Engineering Earth Sciences**
- **Civil Engineering**
- **Business Engineering**
- **Agricultural Engineering**

DERGİNİN TARANDIĐI İNDEKSLER





Prof. Dr. Ashok JAMMI
Baş Editör

Değerli okurlar, kıymetli bilim insanları.

Dergimizin bu sayısında toplam 04 araştırma ve uygulama çalışmasına yer vermiş bulunmaktayız. Dergimizin bu sayısında da birbirinden kıymetli çalışmaları ile bizleri destekleyen yazarlarımıza yürekten teşekkür ederiz. Her sayıda olduğu gibi bu sayının siz kıymetli okurlarla buluşmasında emek ve katkıları ile bizleri yalnız bırakmayan kıymetli hakem kurulumuza da ayrıca teşekkür ediyoruz. Dergimizin sizlere ulaştırılmasında arka planda çalışan ve büyük emek sarf eden editörler kurulu, sistem yönetimi ve yayın kurulundaki kıymetli bilim insanlarına da teşekkür etmeden geçemeyeceğiz. Değerli bilim insanları; dergimizin farklı indekslere girmesi konusundaki başvuru ve çalışmalarımıza devam etmekteyiz. Dergimizde yayınlanan çalışmaların yine farklı okur ile literatür açısından değerlendirilmesi konusundaki duyurularımız da ayrıca devam etmektedir. Farklı dünya ülkelerinden bilim insanlarına dergi ve sayıları konusundaki iletiler ile iletişim çalışmalarına da ayrıca hız vermiş bulunmaktayız. Şimdiden destek ve katkılarınızdan dolayı teşekkür eder gelecek sayılarda yeniden görüşmek üzere esenlikler dileriz.

(Dergimizde etik kurul raporu gerektiren her türlü çalışmada yazar(lar) editörlüğe ve derginin sistemine yayın yüklerken gerekli etik kurul rapor bilgilerini girmekle yükümlüdür. Hiçbir koşul ve şartlarda oluşan ya da oluşacak bir sorunda problemde dergimiz, yayın kurulu, imtiyaz sahibi, yazı işleri, hakem ve bilim kurulları sorumluluk kabul etmez. Yazar(lar) bu bilgiyi dergiye yazılı olarak vermekle yükümlüdür. Bu konuda tüm sorumluluk yazar(lar) a aittir).

Basın Yayın Kanununun "5187" gereğince basılı eserler yoluyla işlenen fiillerden doğan maddi ve manevi zararlar m-13-14 kapsamında dergimizde yayınlanan yayınların içeriği ve hukuki sorumluluğu tek taraflı olarak yazar(lar) a aittir. Dergimiz, yönetim, hakem, editör, bilim ve imtiyaz sahibi bu yükümlülükleri kabul etmez. Dergimizde bilimsel içerikli, literatüre katkı yapan, bilimsel anlamda değer ifade eden çalışmalar kabul edilir ve yayınlanır. Bunun dışında siyasi, politik, hukuki ve ticari içerikli fikri sınai haklar kanununa aykırılık içeren yayınlara yer verilmez. Olası bir olumsuzluk durumunda yazar(lar) doğabilecek her türlü maddi ve manevi zararı peşinen kabul etmiş ve yüklenmiştir. Bu nedenle ikinci üçüncü ve dışarı ile kurumlar konusunda dergimiz yönetimi ve kurulları hiçbir sorumluluğu kabul etmez. Bu yönde dergimiz ve kurulları üzerinde bir hukuki yaptırım uygulanması söz konusu olamaz. Eserlerin içeriği vemevcut durumu yazar(lar) ait olup dergimiz bu yayınların sadece yayınlanması ve literatüre kazandırılması aşamasında görev üstlenmiştir. Tüm okuyucu, kamuoyu ve takipçilerine ilan ederiz.

Dear readers, precious scholars.,

In this issue of our journal, there are a total of 04 research and application studies. In this issue of the journal, we would like to express our sincere thanks to the authors who support us with their valuable studies. We would also like to express our thanks and appreciation to the precious arbitration committee members who never leave us alone and enable this issue to meet with our dear readers with their worthwhile efforts and contributions, as they have done in each issue. We also greatly appreciate the efforts of the editorial board, system management, and the precious scholars taking place in the editorial board for making an effort in the background of the publication of this journal. Dear scientists, we still continue our applications and works to enable our journal to be in different indices. Our announcements about the evaluation of the studies published in our journal to be assessed by different readers and literatures also still continue. We have also speeded up our communication studies and the delivery of the journal and its issues to scientists and scholars all around the world. We thank you for your support and contributions already, and we pray for reconciliation.

(In any kind of study requiring ethical board report in our journal, author(s) is/are obliged to enter the data of necessary ethical board report while uploading their publication in editorship and journal system. Our journal, publication board, grant holder, editorial office, referee and science boards do not undertake any responsibility for a problem to occur under any circumstances and conditions. Author(s) is/are obliged to give this information to journal in written. All liability in this issue belongs to author(s)).

As per the “5187” of Press Law, material and emotional damage arising from the actions via published works, the content and legal responsibility of the publications published in our journal within the scope of m-13-14 unilaterally belong to author(s). Our journal, executive board, referees, editor, science board and publisher don't accept these obligations. The scientifically valuable papers with scientific content which contribute to literature are accepted and published in our journal. Apart from this, the papers with political, legal and commercial content which are against the intellectual property rights are not accepted. in case of a possible negative situation, author(s) is/are regarded as accepting and undertaking all kinds of possible material and emotional damage beforehand. Therefore, our journal's management and other boards don't accept any responsibility regarding the second, third and other persons and institutions under any condition. in this sense, a legal sanction on our journal and its boards is out of question. The content and the current status of the papers belong to author(s) and our journal only takes part in the publication of these papers and contribution to literature. Respectfully announced to all readers, public and followers by publication.

İNŞAAT PROJE SÜRESİNİN YAPAY ZEKA İLE BELİRLENMESİ ⁽¹⁾

DETERMINATION OF CONSTRUCTION PROJECT DURATION WITH ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Esra DOBRUCALI¹, İsmail Hakkı DEMİR²

¹Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Sakarya / Türkiye

²Sakarya Üniversitesi, Sanat Tasarım ve Mimarlık Fakültesi, Sakarya / Türkiye

ORCID ID: 0000-0002-7852-7078¹, 0000-0002-7315-5711²

Öz: Amaç: Endüstri 4.0 ile pek çok endüstride olduğu gibi inşaat endüstrisinde de dijitalleşme dönemi başlamıştır. İnşaat projelerinde yaşanan ve proje riskini arttıran problemlerin çözümünde geleneksel yöntemlerin yerine yapay zeka tekniklerinin veya algoritmalarının kullanılması çalışmaları son yıllarda artış göstermiştir. Yapılan bu çalışmalar, yapay zeka tekniklerinin veya algoritmalarının inşaat projelerindeki problemlerin çözümünde başarılı sonuçlar verdiği görülmüştür. Bu çalışma, yapay zeka tekniklerinin inşaat proje süresi üzerindeki uygulamalarını araştırmayı ve Gen İfadeli Programlama yönteminin inşaat proje süresinin tahmininde kullanımını göstermeyi amaçlamıştır. **Yöntem:** Çalışmada, 2011-2016 yılları inşa edilen (60 adet eğitim 11 adet test verisi olmak üzere) 71 yapı projesine ait kat sayısı, kat alanı ve toplam inşaat alanı değişkenleri kullanılarak proje süresinin tahmin edilmesi için Gen İfadeli Programlama (GEP) tekniği ile analizler yapılmıştır. **Bulgular:** Çalışmada, proje süresi belirleme kat sayısı (R2) eğitim verileri için 0.78, test verileri için 0.72 olarak bulunmuştur. **Sonuç:** Bu çalışmada, oluşturulan algoritmanın kısıtlı veri ile inşaat süresini tahmin etme yeteneğinin kısmen yeterli performans sağladığı görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Genetik Algoritma, Gen İfadeli Programlama, İnşaat Proje Süresi, Yapay Zeka

Abstract: Aim: With Industry 4.0, the period of digitalization has begun in the construction industry, as in many other industries. The use of artificial intelligence techniques or algorithms instead of traditional methods to solve the problems experienced in construction projects and increase the risk of the project has increased in recent years. These studies have shown that artificial intelligence techniques or algorithms give successful results in solving problems in construction projects. This study investigates the applications of artificial intelligence techniques on construction project duration and demonstrates the use of the Gene Expression Programming method in estimating construction project duration. **Method:** In this study, analyzes were made with Gene Expression Programming (GEP) technique to estimate the project duration by using the variables of the number of floors, floor area and total construction area of 71 construction projects (60 training and 11 test data) built between 2011-2016. **Results:** The determination coefficient (R2) for this study was calculated as 0.78 for the training set and as 0.72 for the testing set. **Conclusion:** In this study, it has been seen that the ability of the created algorithm to estimate the construction time with limited data provides partially acceptable performance.

Keywords: Genetic Algorithm, Gene Expression Programming, Construction Project Duration, Artificial Intelligence

Doi:10.17366/uhmfd.2022.16.4

(1) Sorumlu Yazar, Corresponding Author: Esra DOBRUCALI, (Dr. Ph.D), Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Sakarya / Türkiye, eeken@sakarya.edu.tr, Geliş Tarihi / Received: 13.12.2021, Kabul Tarihi / Accepted: 26.04.2022, Makalenin Türü: Type of Article: (Araştırma – Uygulama / Research - Application) Çıkar Çatışması, Yok – Conflict of Interest, None, Etik Kurul Raporu veya Kurum İzin Bilgisi- Ethical Board Report or Institutional Approval, Yok / None



UHMFD

www.hmfdergisi.com.tr

Uluslararası Hakemli Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi
Ocak / Şubat / Mart / Nisan Kış İlkbahar Dönemi Sayı: 16 Yıl:2022
International Refereed Journal of Engineering And Sciences

January / February / March / April Winter Spring Semester Number: 16 Year:2022
ID:19 K:29

(ISO 18001-OH-0090-13001706 / ISO 14001-EM-0090-13001706 / ISO 9001-QM-0090-13001706 / ISO 10002-CM-0090-13001706)

(MARKA PATENT NO: TRADEMARK)

(2015/04066- 2015-GE-17837)

Issn Print: 2148-4783 Online: 2149-2484

GİRİŞ

İnşaat yapısı gereği karmaşık ve zor problemlerin olduğu dinamik ve rekabetçi bir sektördür (Darko vd., 2020). Geleneksel proje yönetiminin ve geleneksel veri analizinin kullanımı, günümüzde endüstriyel üretimin ihtiyaçlarını karşılamayarak verimliliği azaltmıştır (Li vd., 2021). İnşaat projelerinde yapım süresinin uzun olması, inşaat programlarının gecikmesi ve proje başarısızlıkları gibi risklere sebep olmaktadır. Bu proje risklerini yönetilmesi başarılı bir inşaat projesi için kritik önem sahiptir (Dinh vd., 2018; Li vd., 2021). Proje yönetimi, genel olarak proje özelinde etkin olarak bilgilerin işlenmesi ve mevcut problemlerin çözümü için planların üretilmesidir. (Li vd., 2021). Yapay zeka teknikleri diğer sektörlerde olduğu gibi inşaat projelerindeki karmaşık ve zor problemlerin çözülmesine yardımcı olacak bir araç olarak kullanılmaktadır (Darko vd., 2020; Hosny vd., 2015). İnşaat projelerini yönetmek için bu yeni tekniklerin uygulanması büyük bir öneme sahiptir (Dinh vd., 2018; Li vd., 2021).

Bu çalışma, yapay zeka tekniklerinin inşaat proje süresi üzerindeki uygulamalarını araştırmayı ve Gen İfadeli Programlama (GEP) yönteminin inşaat proje

sürenin tahmininde kullanımını göstermeyi amaçlamıştır.

LİTERATÜR TARAMASI

İnşaat sektöründe yapay zeka tekniklerinin kullanımı için çalışmalar 1970’li yılında başlamış ve günümüzde önemli ve yaygın bir araştırma konusu haline gelmiştir (Darko et al., 2020). Günümüzde inşaat projelerinin temel bileşenlerinden risklerin azaltılarak verimliliğin artırılması amacı ile yapay zeka tekniklerinin kullanımına yönelik çalışmalar önem kazanmıştır.

Darko ve arkadaşları tarafından 2020 yılında yapılan çalışmaya göre inşaat sektöründe sırasıyla genetik algoritma ve yapay sinir ağları en çok kullanılan yapay zeka teknikleri olarak sıralanmıştır (Darko et al., 2020). İnşaat projende başarının artmasında maliyet ve sürenin doğru tahmini büyük bir öneme sahiptir.

Darko ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada yapay zeka teknikleri ile inşaat maliyetinin tahmini çalışmalarının literatürde yer aldığı görülmüştür (Darko vd., 2020). Maliyet aşımalarının önlenmesi ve doğru inşaat proje maliyet tahminine yönelik model çalışmalar, ilk olarak 1950’li yıllarda Avrupa’da yapılmıştır



UHMFD

www.hmfdergisi.com.tr

Uluslararası Hakemli Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi
Ocak / Şubat / Mart / Nisan Kış İlkbahar Dönemi Sayı: 16 Yıl:2022
International Refereed Journal of Engineering And Sciences

January / February / March / April Winter Spring Semester Number: 16 Year:2022
ID:19 K:29

(ISO 18001-OH-0090-13001706 / ISO 14001-EM-0090-13001706 / ISO 9001-QM-0090-13001706 / ISO 10002-CM-0090-13001706)

(MARKA PATENT NO: TRADEMARK)

(2015/04066- 2015-GE-17837)

Issn Print: 2148-4783 Online: 2149-2484

(Akınbingöl ve Gültekin, 2005; Uğur, 2009; Bayram vd., 2016). Daha sonraki yıllarda bina maliyetini erken evrelerde belirlenmesi amacıyla farklı model ve yöntemlerin kullanıldığı birçok çalışma literatürde yer almaktadır. Yapay sinir ağları yöntemini kullanarak yapı maliyetinin (yapı yaklaşık maliyetinin) belirlenmesi amacıyla 1998 yılında Boussabaine ve Elhag, 2004 yılında Günaydın ve Doğan, 2007 yılında Uğur, 2010 yılında Cheng ve arkadaşları, 2011 yılında Arafa ve Alqedra, 2013 yılında Cho ve arkadaşları, Kim ve arkadaşları ile Bayram, 2014 yılında El-Sawalhi ve Shehatto çalışmalar yapmıştır (Uğur, 2007; Boussabaine ve Elhag, 1998; Günaydın ve Doğan, 2004; Bayram vd., 2016; Cheng vd., 2010; Arafa ve Mamoum, 2011; Cho vd., 2013; Kim vd., 2013; El-sawalhi ve Shehatto, 2014). Ayrıca 2006 yılında Doğan ve arkadaşları tarafında yapı maliyetinin belirlemesi amacıyla yapılan çalışmada genetik algoritma yöntemini kullanılmıştır (Doğan vd., 2006).

Darko ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmaya göre literatürde yapay zeka teknikleri ile inşaat süresinin tahmini çalışmalarına pek rastlanmamıştır (Darko vd., 2020). Yaseen ve ark., 2020 yılında yaptıkları çalışmada inşaat projelerindeki

gecikme probleminin tahmini edilmesi için Genetik Algoritma yönteminin kullanıldığı hibrit bir yapay zeka modeli geliştirmişlerdir (Yaseen vd., 2020). Aziz ve diğerleri yapım projelerinin süresini azaltmak için Genetik Algoritma ile Kritik Yol Metodu (CPM) birleştiren bir model geliştirmiştir (Aziz vd., 2014).

METODOLOJİ

Bu çalışmanın hedefi, inşaat proje süresinin genetik algoritma tekniği ile doğru ve hızlı tahminini sağladığını göstermektir. Bu hedefin gerçekleştirilmesi için üç aşamadan oluşan bir metodoloji uygulanmıştır. Söz konusu metodolojide, ilk aşamada kapsamlı bir literatür araştırması yapılmıştır.

İkinci aşamada 2011-2016 yılları arasında inşa edilen 71 adet yapım projesi ile veri seti oluşturulmuştur (EKAP, 2018).

Son aşamada ise, projelerin rastgele 60 adedi eğitim, 11 adedi ise test verisi olmak belirlenmiş ve Gen İfadeli Programlama yöntemi kullanılarak veri seti analiz edilmiştir. Analiz sonucunda bu tekniğin inşaat proje süresini tahmin etme yeteneği gösterilmiştir.



UHMFD

www.hmfdergisi.com.tr

Uluslararası Hakemli Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi
Ocak / Şubat / Mart / Nisan Kış İlkbahar Dönemi Sayı: 16 Yıl:2022
International Refereed Journal of Engineering And Sciences

January / February / March / April Winter Spring Semester Number: 16 Year:2022
ID:19 K:29

(ISO 18001-OH-0090-13001706 / ISO 14001-EM-0090-13001706 / ISO 9001-QM-0090-13001706 / ISO 10002-CM-0090-13001706)

(MARKA PATENT NO: TRADEMARK)

(2015/04066- 2015-GE-17837)

Issn Print: 2148-4783 Online: 2149-2484

GENETİK ALGORİTMA (GA) ve GEN İFADELİ PROGRAMLAMA (GEP)

Canlı varlıkların yapısal ve genetik özelliklerinin bir kısmının taklit eden bilgisayar yazılımları ve modellemeleri ile mevcut problemleri çözmeye yönelik çalışmalar yapılmaktadır (Kömür ve Altan, 2001) Bu evrimsel programlamalar arasında yer alan GA, en çok kullanılan modellemelerden bir tanesidir (İşçi ve Korukoğlu, 2003). Genetik Algoritma ilk olarak çözüm kotlamalarının yer aldığı çözüm grubuna popülasyon, bu çözümlerin kodlarına ise kromozom adı verilmektedir. Genetik algoritmada beyin görevi yapan uygunluk fonksiyonu ile çözüme uygun kromozomlar bulunmaktadır. Bu kromozomlarda değiştirme ve kopyalama operatörleri kullanılarak yeni popülasyonlar oluşturulur. Pek çok popülasyon oluşturulması sonucunda en iyi kromozom elde edilir (Oğuz ve Akbaş, 1997; İşçi ve Korukoğlu, 2003).

Gen İfadeli Programlama genetik algoritmayı (GA) temel alan bir tekniktir. Bu iki algoritma yöntemini ayıran en önemli fark kromozomların yapısıdır. Genetik algoritmada kromozomlar sabit uzunlukta lineer diziler şeklinde sıralanmaktadır. Gen ifadeli programlamada ise kromozomlar

sabit uzunluğa sahip lineer diziler olarak tanımlanır, daha sonra farklı ebat ve şekillerde doğrusal olmayan basit diyagram (ifade ağaçları) olarak dizilir (Ferreira, 2001).

İfade ağacı şeklindeki bu kromozomlar, Gen İfadeli Programlamadaki işlemciler (operatör) yardımıyla değişik ebat ve biçimlerde tanımlanmaktadır. Lineer kromozomlar üzerinde mutasyon, yenileme, çaprazlama veya yeniden birleşme gibi genetik operatörler kullanılmaktadır. Bu operatörler ile sabit sayı ve uzunluktaki non-lineer değişkenler farklı ebat ve biçimdeki lineer dizilere dönüştürülerek yeni bir fonksiyon üretilmektedir (Ferreira, 2001; Ferreira, 2002; Sarıdemir ve Kara., 2016).

Kromozomlar ve açıklama ağaçları gen ifadeli programlamayı temel yapısını oluşturmaktadır. Bu programlamada çözüm modellerinin kodlamalarını oluşturan kromozomlar; baş, kuyruk, genler ve bu genleri birbirine bağlayan bağlama fonksiyonundan oluşmaktadır (Ferreira, 2017).

Genetik operatörler, mevcut popülasyon ile daha iyi özelliklerde yeni kuşakların üretilmesi için yapılan işlemler olarak tanımlanır. Bu işlemler arama algoritmasının alanı genişletilir. Genetik algoritmada



UHMFD

www.hmfdergisi.com.tr

Uluslararası Hakemli Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi
Ocak / Şubat / Mart / Nisan Kış İlkbahar Dönemi Sayı: 16 Yıl:2022
International Refereed Journal of Engineering And Sciences

January / February / March / April Winter Spring Semester Number: 16 Year:2022
ID:19 K:29

(ISO 18001-OH-0090-13001706 / ISO 14001-EM-0090-13001706 / ISO 9001-QM-0090-13001706 / ISO 10002-CM-0090-13001706)

(MARKA PATENT NO: TRADEMARK)

(2015/04066- 2015-GE-17837)

Issn Print: 2148-4783 Online: 2149-2484

genel olarak mutasyon ve çaprazlama olmak üzere iki operatör uygulanmaktadır (İşçi ve Korukoğlu, 2003). Gen ifadeli programlamada ise, bu iki operatörün ve rastgele sabitlerin (RNC) farklı birleşimleri ile çeşitli genetik stratejiler geliştirilmiştir (Gepsoft, 2017).

Uygunluk fonksiyonu, her bir fonksiyon için ayrı ayrı kullanılan ve sadece bir kromozomun çözüm kabiliyeti ile orantılı olan sayısal bir değerdir. Yani uygunluk fonksiyonu kromozomların performansını gösterir (Yeniay, 2001; Atanak ve Hacoğlu, 2005). Bu sebeple uygunluk fonksiyonu değerin büyük olması beklenir (Atanak ve Hacoğlu, 2005). Böylece sonraki kuşakta kromozomun temsil edilme oranı artmaktadır (Yeniay, 2001; Emel ve Taşkın, 2002). Cheng ve Hoang, diyafram duvarın yapım süresini tahmin etmek için bir

yapay zeka yöntemini olan FLSVM kullanmıştır (Cheng and Hoang, 2018).

ANALİZ

2011-2016 yılları arasında inşa edilen 71 adet yapım projesi ile üç adet giriş verisi ve bir adet çıkış verisinden oluşan veri seti oluşturulmuştur. Projelerin rastgele 60 tanesi eğitim, 11 tanesi ise test verisi olmak belirlenmiş ve Tablo 1’de gösterilen Gen İfadeli Programlama parametreleri kullanılarak göre GeneXproTools 5.0 programı ile proje süresinin belirlenmesi amacıyla analizler yapılmıştır (GeneXproTools, 2018). Analizlerde, hiçbir ekleme yapılmadan, standart GeneXproTools 5.0 programında yer alan algoritmalar ve yazılımlar kullanılmıştır. Bu analizlerde sırasıyla Optimal Evolution ve Constant Fine-Tuning olmak üzere artarda iki ayrı Gen operatörü stratejisi uygulanmıştır.



UHMFD

www.hmfdergisi.com.tr

Uluslararası Hakemli Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi
Ocak / Şubat / Mart / Nisan Kış İlkbahar Dönemi Sayı: 16 Yıl:2022
International Refereed Journal of Engineering And Sciences

January / February / March / April Winter Spring Semester Number: 16 Year:2022

ID:19 K:29

(ISO 18001-OH-0090-13001706 / ISO 14001-EM-0090-13001706 / ISO 9001-QM-0090-13001706 / ISO 10002-CM-0090-13001706)

(MARKA PATENT NO: TRADEMARK)

(2015/04066- 2015-GE-17837)

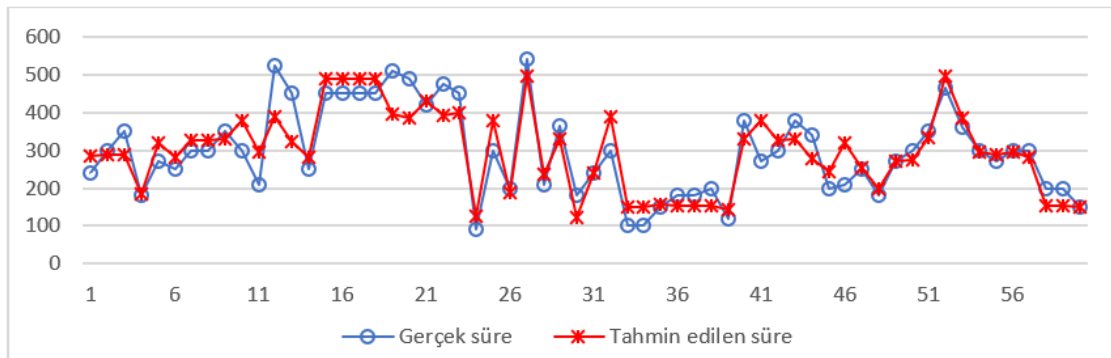
Issn Print: 2148-4783 Online: 2149-2484

Tablo 1. Gen İfadeli Programlama Parametreleri

Gen Operatörü Stratejisi	Optimal Evolution	Constant Fine-Tuning
Kromozom sayısı	30	30
Gen sayısı	3	3
Fonksiyon	Addition	Addition
Mutasyon oranı	0,00138	0
Gen çaprazlama oranı	0,00545	0,014

Bu analizler sonucunda eğitim verileri için proje süresi belirleme katsayısı (R^2) 0.78, proje süresi ulaşılmada en uygun değer (best fitness) 680.34; test verilerinde ise R^2 0.72, best fitness ise 633.38 olarak

bulunmuştur. Test ve eğitim verilerinin gerçek değerleri ile GEP sonucunda bulunan değerlerinin kıyaslanması amacıyla analiz sonuçları Şekil 1 ve Şekil 2’de gösterilmiştir.



Şekil 1. GEP Analizi Sonuçları- Eğitim Verisi



UHMFD

www.hmfdergisi.com.tr

Uluslararası Hakemli Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi

Ocak / Şubat / Mart / Nisan Kış İlkbahar Dönemi Sayı: 16 Yıl:2022

International Refereed Journal of Engineering And Sciences

January / February / March / April Winter Spring Semester Number: 16 Year:2022

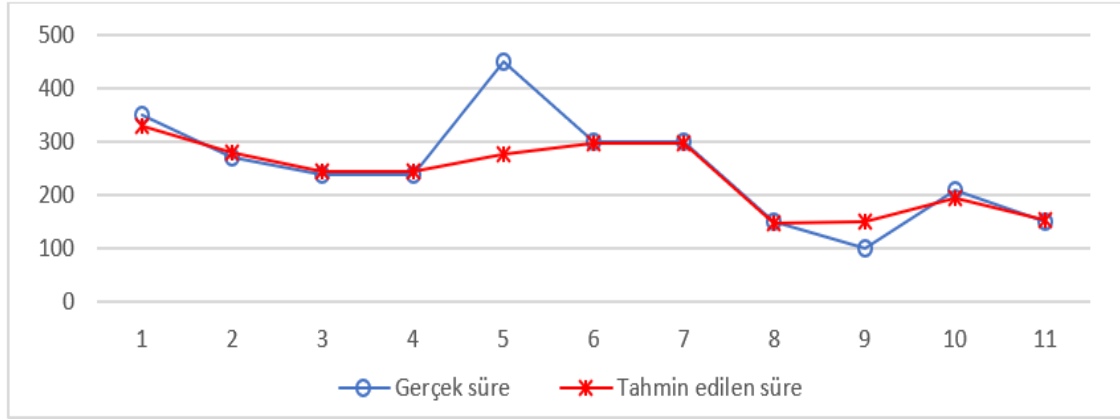
ID:19 K:29

(ISO 18001-OH-0090-13001706 / ISO 14001-EM-0090-13001706 / ISO 9001-QM-0090-13001706 / ISO 10002-CM-0090-13001706)

(MARKA PATENT NO: TRADEMARK)

(2015/04066- 2015-GE-17837)

Issn Print: 2148-4783 Online: 2149-2484



Şekil 2. GEP Analizi Sonuçları- Test Verisi

Literatürde yer alan çalışmalara göre, tahminin doğruluğu proje bilgilerine bağlıdır. Ön tasarımdan önce + %40 ile-%20 arasında ve ön tasarımdan sonra ise + %25 ile-%10 arasında tahmin doğruluğu değişebilir (Oberlender, 1993; Enshassi vd., 2007).

SONUÇ

Yapay zeka teknikleri pek çok endüstride olduğu gibi inşaat endüstrisinde de güncel sorunların çözümü için araştırmacıların ilgisini çekmektedir. Bu çalışmada, yapım projelerine ait proje süresinin yapay zeka teknikleri arasında yer alan Gen ifadeli programlama yöntemi ile tahmin edilebilirliği araştırılmıştır. Analizde kat sayısı, kat alanı ve toplam inşaat alanı değişenleri giriş verisi olarak kullanılmıştır ve sonuç olarak Gen ifadeli programlama

yönteminin proje süresini 0.78 oranında doğru belirlediği görülmüştür. Böylece bu çalışmada oluşturulan algoritmanın kısıtlı veri ile inşaat süresini tahmin etme yeteneğinin kısmen yeterli performans sağladığı görülmüştür. İnşaat projelerinin kaynak farklılıkları bu algoritmanın inşaat süresini tahmin edilme yeteneğinin azalmasına neden olmuştur. Gelecekte yapılacak çalışmalarda bu farklılıkların göz önünde bulundurulması inşaat süresi algoritmalarının tahmin yeteneklerini arttıracaktır. Bu sebeple geçmiş yıllarda yapılan inşaat projelerine ait iş planlarına ve proje kaynak bilgilerine ihtiyaç duyulabilir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Sakarya Üniversitesi-Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenen projeye dayanmaktadır. (Proje



UHMFD

www.hmfdergisi.com.tr

Uluslararası Hakemli Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi
Ocak / Şubat / Mart / Nisan Kış İlkbahar Dönemi Sayı: 16 Yıl:2022
International Refereed Journal of Engineering And Sciences

January / February / March / April Winter Spring Semester Number: 16 Year:2022
ID:19 K:29

(ISO 18001-OH-0090-13001706 / ISO 14001-EM-0090-13001706 / ISO 9001-QM-0090-13001706 / ISO 10002-CM-0090-13001706)

(MARKA PATENT NO: TRADEMARK)

(2015/04066- 2015-GE-17837)

Issn Print: 2148-4783 Online: 2149-2484

numarası: 2016-07-12-004)

KAYNAKÇA

AKINBİNGÖL, M., GÜLTEKİN, A.T., (2005). Bina Üretimi Yapım Evresinde Maliyet Planlama ve Denetimine Yönelik Bir Maliyet Yönetim Modeli Önerisi. Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimar. Fakültesi Dergisi, 20(4):499–505

ARAF, M., MAMOUM, A., (2011). Early Stage Cost Estimation of Building Construction Projects Using Artificial Neural Networks. J. Artificial Intell., 4(1):63–75

ATANAK, M.M., HACOOĞLU, O.F., (2005). Genetik Algoritmalarla Ders Programı Hazırlama Otomasyonu Tasarımı. III. Otomasyon Sempozyumu, 237–240

AZIZ, R.F., HAFEZ, S.M., ABUELMAGD, Y.R., (2014). Smart Optimization For Mega Construction Projects Using Artificial Intelligence. Alexandria Engineering Journal, 53(3):591-606.
Doi:10.1016/J.Aej.2014.05.003

BAYRAM, S., ÖCAL, M.E., ORAL, E.L., ATİŞ, C.D., (2016). Yapım Maliyeti Tahmininde Birim Fiyat Yöntemi –

Yapı Yaklaşık Maliyetleri Kıyaslaması. 19(2):175–183

BOUSSABAIN, A.H., ELHAG, T.M.S., (1998). An Artificial Neural System For Cost Estimation Of Construction Projects. Proc. 14th Annu. Arcom Conf., 1:9–11

CHENG, M.Y., HOANG, N.D., (2018). Estimating Construction Duration of Diaphragm Wall Using Firefly-Tuned Least Squares Support Vector Machine. Neural Computing & Applications, 30(8): 2489-2497.
Doi:10.1007/s00521-017-2840-z

CHENG, M.Y., TSAI, H.C., SUDJONO, E., (2010). Conceptual Cost Estimates Using Evolutionary Fuzzy Hybrid Neural Network For Projects in Construction Industry. Expert Syst. Appl., 37(6):4224–4231

CHO, H.-G., KIM, K.-G., KIM, J.-Y., KIM, G.-H., (2013). A Comparison of Construction Cost Estimation Using Multiple Regression Analysis And Neural Network in Elementary School Project in The Early Stages of A Construction Project. J. Korea Inst. Build. Constr., 13(1): 66–74



UHMFD

www.hmfdergisi.com.tr

Uluslararası Hakemli Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi
Ocak / Şubat / Mart / Nisan Kış İlkbahar Dönemi Sayı: 16 Yıl:2022
International Refereed Journal of Engineering And Sciences

January / February / March / April Winter Spring Semester Number: 16 Year:2022
ID:19 K:29

(ISO 18001-OH-0090-13001706 / ISO 14001-EM-0090-13001706 / ISO 9001-QM-0090-13001706 / ISO 10002-CM-0090-13001706)

(MARKA PATENT NO: TRADEMARK)

(2015/04066- 2015-GE-17837)

Issn Print: 2148-4783 Online: 2149-2484

- DARKO, A., CHAN, A.P.C., ADABRE, M.A., EDWARDS, D.J., HOSSEINI, M.R., AMEYAW, E.E., (2020).** Artificial Intelligence in The AEC Industry: Scientometric Analysis and Visualization of Research Activities. *Automation in Construction*, 112
- DINH, T.T.A., LIU, R., ZHANG, M., (2018).** Untangling Blockchain: A Data Processing View of Blockchain Systems. *IEEE Trans Knowl Data Eng* 30(7):1366–1385
- DOĞAN, S.Z., ARDITI, D., GÜNAYDIN, H.M., (2006).** Determining Attribute Weights in a CBR Model for Early Cost Prediction of Structural Systems. *J. Constr. Eng. Manag.*, 132: 1092–1098
- EL-SAWALHI, N.I., SHEHATTO, O.A., (2014).** Neural Network Model for Building Construction Projects Cost Estimating
- EKAP, (2018).** www.ekap.kik.gov.tr., Erişim Tarihi: 02.07.2018
- EMEL, G.G., TAŞKIN, Ç., (2002).** Genetik algoritmalar ve uygulama alanları, Uludağ Üniversitesi İktisadi İdari Bilim. Fakültesi Derg., 21(1):129-152
- ENSHASSI, A., MOHAMED, S., MADI, I., (2007).** Cost estimation practice in the Gaza Strip: A case study. *The Islamic University Journal*, 15, pp.153-176
- FERRERIA, C., (2017).** From Genexprotools Documentation – A Gepsoft Web Resource. Erişim Tarihi: 27.11.2017
- FERREIRA, C., (2001).** Gene Expression Programming: A New Adaptive Algorithm For Solving Problems. *Complex Syst.*, 13:87–129
- FERREIRA, C., (2002).** Function Finding And The Creation of Numerical Constants in Gene Expression Programming. 7th Online World Conf. Soft Comput. Ind. Appl., Bristol, 1–9
- GENEXPROTOOLS 5.0, (2018).** Gen İfadeli Programlama analiz programı, Analiz tarihi: Ekim 2018
- GEPSOFT, (2019).** www.gepssoft.com/GeneXproTools, Erişim Tarihi: 21.10.2019
- GÜNAYDIN, H.M., DOĞAN, S.Z., (2004).** A Neural Network Approach For Early Cost Estimation of Structural Systems of Buildings. *Int. J. Proj. Manag.* 22(7):595–602



UHMFD

www.hmfdergisi.com.tr

Uluslararası Hakemli Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi
Ocak / Şubat / Mart / Nisan Kış İlkbahar Dönemi Sayı: 16 Yıl:2022
International Refereed Journal of Engineering And Sciences

January / February / March / April Winter Spring Semester Number: 16 Year:2022
ID:19 K:29

(ISO 18001-OH-0090-13001706 / ISO 14001-EM-0090-13001706 / ISO 9001-QM-0090-13001706 / ISO 10002-CM-0090-13001706)

(MARKA PATENT NO: TRADEMARK)

(2015/04066- 2015-GE-17837)

Issn Print: 2148-4783 Online: 2149-2484

HOSNY, O.A., ELBARKOUKY, M.M.G, ELHAKEEM, A., (2005). Construction Claims Prediction and Decision Awareness Framework using Artificial Neural Networks and Backward Optimization, Journal of Construction Engineering and Project Management, 5(1):11-19

İŞÇİ, Ö., KORUKOĞLU, S., (2003). Genetik Algoritma Yaklaşımı ve Yöneylem Araştırmasında Bir Uygulama. Yönetim ve Ekon., 10(2)

KIM, G., SHIN, J., KIM, S., SHIN, Y., (2013). Comparison of School Building Construction Costs Estimation Methods Using Regression Analysis, Neural Network, and Support Vector Machine. J. Build. Constr. Plan. Res., 1,:1-7

KÖMÜR, M., ALTAN, M., (2001). Betonarme Bir Kiriş ve Kolonun Genetik Algoritma ile Optimum Tasarımı. Mühendislikte Mod. Yöntemler Sempozyum Kitabı

LI, W., DUAN, P., SU, J., (2021). The Effectiveness of Project Management Construction with Data Mining And Blockchain Consensus, Journal of Ambient Intelligence and Humanized

Computing,

<https://doi.org/10.1007/s12652-020-02668-7>

OBERLENDER, G.D., (1993). Project management for engineering and construction. McGraw-Hill, Inc

OĞUZ, M., AKBAŞ, S., (1997). Genetik Algoritmalar

SARIDEMİR, M., KARA, İ.F., (2016). Fiberle güçlendirilmiş silis dumanı içeren betonların yarmada çekme dayanımının GEP ile tahmini. Niğde Üniversitesi Mühendislik Bilim. Dergisi, 5 (2):208-217

UĞUR, L.O., (2007). Yapı Maliyetinin Yapay Sinir Ağı ile Analizi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Ankara

UĞUR, L.O., (2009). Yapı Maliyeti Çalışmaları, Ankara: Alter Yayıncılık

YASEEN, Z.M., ALI, Z.H., SALIH, S.Q., AL-ANSARI, N., (2020). Prediction of Risk Delay in Construction Projects Using a Hybrid Artificial Intelligence Model, Sustainability ,12(4): doi:10.3390/su12041514



UHMFD

www.hmfdergisi.com.tr

Uluslararası Hakemli Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi

Ocak / Şubat / Mart / Nisan Kış İlkbahar Dönemi Sayı: 16 Yıl:2022

International Refereed Journal of Engineering And Sciences

January / February / March / April Winter Spring Semester Number: 16 Year:2022

ID:19 K:29

(ISO 18001-OH-0090-13001706 / ISO 14001-EM-0090-13001706 / ISO 9001-QM-0090-13001706 / ISO 10002-CM-0090-13001706)

(MARKA PATENT NO: TRADEMARK)

(2015/04066- 2015-GE-17837)

Issn Print: 2148-4783 Online: 2149-2484

YENİAY, Ö., (2001). An Overview of Genetic Algorithms. Anadolu

Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, 2(1):37-49



UHMFD

www.hmfdergisi.com.tr

Uluslararası Hakemli Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi

Ocak / Şubat / Mart / Nisan Kış İlkbahar Dönemi Sayı: 16 Yıl:2022

International Refereed Journal of Engineering And Sciences

January / February / March / April Winter Spring Semester Number: 16 Year:2022

ID:19 K:29

(ISO 18001-OH-0090-13001706 / ISO 14001-EM-0090-13001706 / ISO 9001-QM-0090-13001706 / ISO 10002-CM-0090-13001706)

(MARKA PATENT NO: TRADEMARK)

(2015/04066- 2015-GE-17837)

Issn Print: 2148-4783 Online: 2149-2484

EXTENDED ABSTRACT

Introduction: Construction is a competitive industry with complex and challenging problems (Darko et al., 2020). The use of traditional project management has reduced productivity by not meeting the needs of industrial production today (Li et al., 2021). The long duration of construction in construction projects causes risks such as delays in construction programs and project failures. Managing these project risks is critical for a successful construction project (Dinh et al., 2018; Li et al., 2021). Project management, in general, is the effective processing of project-specific information and the production of plans for solving existing problems. (Li et al., 2021). Studies on the use of artificial intelligence techniques in the construction industry started in the 1970s (Darko et al., 2020). The use of artificial intelligence techniques or algorithms instead of traditional methods to solve the problems experienced in construction projects and increase the risk of the project has increased in recent years. Artificial intelligence techniques help solve complex and challenging issues in construction projects, as in other sectors (Darko et al., 2020; Hosny et al., 2015). Applying these new techniques to manage construction projects is essential (Dinh et al., 2018; Li et al., 2021). With Industry 4.0, the period of digitalization has begun in the construction industry, as in many other industries. Studies are carried out to solve existing problems with computer software and models that imitate some living things' structural and genetic characteristics (Komur and Altan, 2001). The Genetic Algorithm is one of the most used models (Işçi and Korukoglu, 2003). In the Genetic Algorithm, the solution group in which the solution encodings are included is called the population, and the codes of these solutions are called chromosomes. There are chromosomes suitable for the solution with the fitness function that acts like a brain. New populations are created by using replacement and copy operators on these chromosomes. As a result of creating many populations, the best chromosome is obtained (Oguz and Akbas, 1997; Is and Korukoglu, 2003). Gene Expression Programming is a technique based on a Genetic Algorithm (GA). The most crucial difference that distinguishes these two algorithm methods is the structure of the chromosomes. In the genetic algorithm, chromosomes are arranged in fixed-length linear sequences. In gene expression programming, on the other hand, chromosomes are defined as linear sequences of fixed length, then set as simple nonlinear diagrams (expression trees) of different sizes and shapes (Ferreira, 2001). **Aim:**



UHMFD

www.hmfdergisi.com.tr

Uluslararası Hakemli Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi

Ocak / Şubat / Mart / Nisan Kış İlkbahar Dönemi Sayı: 16 Yıl:2022

International Refereed Journal of Engineering And Sciences

January / February / March / April Winter Spring Semester Number: 16 Year:2022

ID:19 K:29

(ISO 18001-OH-0090-13001706 / ISO 14001-EM-0090-13001706 / ISO 9001-QM-0090-13001706 / ISO 10002-CM-0090-13001706)

(MARKA PATENT NO: TRADEMARK)

(2015/04066- 2015-GE-17837)

Issn Print: 2148-4783 Online: 2149-2484

This study aimed to investigate the applications of artificial intelligence techniques on construction project duration and show the use of the genetic algorithm method in estimating construction project duration. **Method:** A methodology consisting of three stages was applied to achieve this goal. A comprehensive literature search was conducted in the first stage. A data set was created in the second stage with 71 construction projects built between 2011-2016. At the last stage, 60 projects were randomly selected as training data and 11 as test data. Analyses were carried out to determine the project duration with the GeneXproTools 5.0 program using the Gene Expression Programming parameters shown in Table 1 (GeneXproTools, 2018). In these analyses, two different Gene operator strategies were applied in succession, Optimal Evolution and Constant Fine-Tuning, respectively. As a result of the analysis, the ability of this technique to predict the construction project duration has been demonstrated. The variables of the number of floors, floor area, and total construction area were used as input data. **Findings and Results:** As a result of these analyses, the project duration determination coefficient (R^2) for the training data was 0.78, and the best fitness value for reaching the project duration was 680.34. In the test data, R^2 was 0.72, and best fitness was 633.38. The analysis results are shown in Figure 1 and Figure 2 to compare the actual values of the test and training data with the values found as a result of the Gene Expression Programming. Thus, it has been seen that the ability of the algorithm created in this study to estimate the construction time with limited data provides partially sufficient performance. The resource differences in construction projects have resulted in a reduced ability of this algorithm to predict construction duration. Considering these differences in future studies will increase the estimation capabilities of construction time algorithms. For this reason, business plans and project resource information on construction projects made in the past years may be needed.

BİNA MALİYETİNİN TAHMİNİ İÇİN GEN İFADELİ PROGRAMLAMA VE YAPAY SİNİR AĞLARI TEKNİKLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI ⁽¹⁾

COMPARISON OF GENE EXPRESSION PROGRAMMING AND ARTIFICIAL NEURAL NETWORK TECHNIQUES FOR ESTIMATING BUILDING COST

Esra DOBRUCALI¹, İsmail Hakkı DEMİR²

¹Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Sakarya / Türkiye

²Sakarya Üniversitesi, Sanat Tasarım ve Mimarlık Fakültesi, Sakarya / Türkiye

ORCID ID: 0000-0002-7852-7078¹, 0000-0002-7315-5711²

Öz: Amaç: İnşaat projelerinde, klasik yöntem olarak metraj hesabına dayalı bina maliyet çalışmaları kesin sonuç vermesi bakımından genel kabul görmektedir. Ancak her bir iş kaleminin hesabının gerekli olması nedeniyle belirli bir hesap süresine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çalışmada inşaat projelerinin bütçe planlamalarında ve proje maliyeti tahmin hesaplarında ihtiyaç duyulan bina maliyetinin detaylı metraj çalışması yapılmadan belirlenen az sayıda değişken ile yapay zekâ teknikleri kullanılarak pratik, hızlı ve gerçeğe yakın sonuçlarının elde edilebilirliği incelenmiş ve bulunan sonuçların kıyaslaması yapılmıştır. **Yöntem:** Bu amaçla, 2011-2016 yılları arasında (60 adet eğitim 15 adet test verisi olmak üzere) 75 adet eğitim ve sağlık yapım projesine ait kat sayısı, süre, yapı türü ve toplam inşaat alanı değişkenleri kullanılarak maliyetin tahmin edilmesi için Gen İfadeli Programlama (GEP) ve Yapay Sinir Ağları (YSA) teknikleri ile analizler yapılmıştır. **Bulgular:** Çalışmanın sonucunda elde edilen test verilerine göre, proje maliyeti belirleme kat sayısı (R^2) Gen İfadeli Programlama tekniği ile 0.970, Yapay Sinir Ağları tekniği ile 0.967 olarak bulunmuştur. **Sonuç:** Çalışmada, Gen İfadeli Programlama ve Yapay Sinir Ağları tekniklerinin bina maliyeti hesaplamalarında aynı derecede kullanılabilir olduğu ve her iki yöntemin de kabul edilebilir ölçüde gerçeğe yakın değerler verdiği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Genetik Algoritma, Gen İfadeli Programlama, Yapay Sinir Ağları, Bina Maliyeti, Yapı Maliyeti, Yapay Zeka Teknikleri

Abstract: Aim: Construction project, cost calculation based on bill of materials is generally accepted as a classical method in terms of giving definite result. However, because the calculation of each work item is required, there is a need for a long calculation time. In this study, is worked on the availability of practical, fast and realistic results using artificial intelligence techniques with a few determined variables without performing detailed quantification works in the public institutions budget planning or in the tenderer's project cost estimate calculations; finally, the obtained results are compared. **Method:** For this purpose, it is aimed to estimate the project cost by using Gene Expression Programming (GEP) technique and Artificial Neural Network (ANN) techniques by using variables such as the number of floors, duration, building type and total construction area of 75 education and health building projects carried out between 2011 and 2016 (60 of which are training, 15 are test data). **Results:** According to the test data obtained at the end of the study, the project cost determination coefficient (R^2) was 0.970 with the Gene Expression Programming technique and 0.967 with the artificial neural network technique. **Conclusion:** The study shows that Gene Expression Programming and Artificial Neural Networks techniques can be used equally in building cost calculations, and both methods give acceptable values close to reality.

Keywords: Artificial Neural Networks, Construction Cost, Genetic Algorithm, Artificial Intelligence Techniques

Doi:10.17366/uhmfd.2022.16.2

(1) Sorumlu Yazar, Corresponding Author: Esra DOBRUCALI, (Dr. Ph.D), Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Sakarya / Türkiye, eeken@sakarya.edu.tr, Geliş Tarihi / Received: 13.12.2021, Kabul Tarihi / Accepted: 26.04.2022, Makalenin Türü: Type of Article: (Araştırma – Uygulama / Research - Application) Çıkar Çatışması, Yok – Conflict of Interest, None, Etik Kurul Raporu veya Kurum İzin Bilgisi- Ethical Board Report or Institutional Approval, Yok / None



UHMFD

www.hmfdergisi.com.tr

Uluslararası Hakemli Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi

Ocak / Şubat / Mart / Nisan Kış İlkbahar Dönemi Sayı: 16 Yıl:2022

International Refereed Journal of Engineering And Sciences

January / February / March / April Winter Spring Semester Number: 16 Year:2022

ID:19 K:29

(ISO 18001-OH-0090-13001706 / ISO 14001-EM-0090-13001706 / ISO 9001-QM-0090-13001706 / ISO 10002-CM-0090-13001706)

(MARKA PATENT NO: TRADEMARK)

(2015/04066- 2015-GE-17837)

Issn Print: 2148-4783 Online: 2149-2484

GİRİŞ

İnşaat projeleri karmaşık ve zor problemlerin çözümünü gerektiren rekabetçi bir yapıya sahiptir (Darko et al., 2020). Bu projelerin daha iyi yönetilmesi için yeni tekniklerin uygulanması gerekmektedir (Dinh vd., 2018; Li vd., 2021).

Endüstri 4.0 ile birlikte pek çok endüstride yapay zeka gibi gelişen teknolojilere duyulan ilgi artmıştır. Araştırmacılar gelişen bu teknolojilerin kullanılabilirliği konusundaki çalışmalara ağırlık vermiştir.

Endüstri 4.0 ile birlikte inşaat endüstrisi de dijitalleşme dönemine girmiştir. Günümüzde endüstrinin farklı alanlarında yapılan projelerde olduğu gibi inşaat projelerinde de yaşanan karmaşık ve zor problemlerin çözümünde yapay zeka teknikleri araç olarak kullanılmaktadır (Darko et al., 2020; Hosny et al., 2015).

Genetik algoritma, Sinir ağı, Bulanık mantık/bulanık küme, Uzman sistem, Destek vektör makinesi, Genetik programlama, Veri madenciliği, Evrimsel algoritma ve Derin öğrenme inşaat endüstrisinde kullanılan bazı yapay zeka teknikleridir. Bu teknikler, inşaat projelerinde maliyet, iş planı, verimlilik, sürdürülebilirlik ve güvenlik yönetimine çözümler sunar (Darko et

al., 2020).

Erken evrede az sayıdaki proje değişkeni ile yapı maliyetlerini tahmin eden modeller, inşaat projelerinin ön tasarım aşamasında büyük öneme sahiptir (Kim ve ark., 2004). Ancak günümüzde inşaat sektöründe başlayan dijitalleşme dönemine rağmen yapı maliyeti tahmin ve hesaplarında çoğunlukla klasik yöntemler kullanılmaktadır. Halbuki yapılan çalışmalar, pek çok sektörde ve pek çok problemin çözümünde doğru sonuçlar veren yapay zekanın yapı maliyeti tahmininde de başarılı sonuçlar verdiğini göstermektedir. Özellikle yapay zeka tekniklerinde biri olan Yapay sinir ağlarının (YSA) bu konuda başarılı sonuçlar verdiğini bilinmektedir. Ancak diğer yapay zeka tekniklerinin de yapı maliyet tahmini konusundaki yeteneklerinin araştırılması gerekmektedir.

Bu çalışmada, inşaat projeleri için bütçe planlamalarında ve proje maliyeti tahmin hesaplarında ihtiyaç duyulan bina maliyetinin detaylı metraj çalışması yapılmadan Yapay Zeka Teknikleri (YSA ve GEP) ile az sayıda değişken kullanılarak hızlı, kolay ve gerçeğe yakın sonuçların elde edilebilirliği incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre literatürde hibrit modeller dışında yapı maliyeti tahmininde kullanımı pek fazla araştırılmamış GEP ile yapı maliyeti tahmininde



UHMFD

www.hmfdergisi.com.tr

Uluslararası Hakemli Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi

Ocak / Şubat / Mart / Nisan Kış İlkbahar Dönemi Sayı: 16 Yıl:2022

International Refereed Journal of Engineering And Sciences

January / February / March / April Winter Spring Semester Number: 16 Year:2022

ID:19 K:29

(ISO 18001-OH-0090-13001706 / ISO 14001-EM-0090-13001706 / ISO 9001-QM-0090-13001706 / ISO 10002-CM-0090-13001706)

(MARKA PATENT NO: TRADEMARK)

(2015/04066-2015-GE-17837)

Issn Print: 2148-4783 Online: 2149-2484

başarılı sonuçlar verdiği bilinen YSA tekniklerinin karşılaştırması yapılmıştır.

LİTERATÜR TARAMASI

1950’li yıllarda Avrupa’da binaların maliyet tahminine yönelik ilk model çalışmaları başlamıştır (Akınbingölve Gültekin, 2005; Uğur, 2009; Bayram vd., 2016). İlerleyen süreçte bina maliyetinin daha erken evrelerde belirlenmesi için farklı birçok çalışma yapılmıştır. Yapay zeka yöntemleri ile bina maliyetinin tahmini çalışmaları da literatürde yer almaktadır. Bina maliyeti hesaplarında özellikle yapay sinir ağları yönteminin kullanıldığı çalışmalar öne çıkmaktadır. Boussabaine ve Elhag (1998), Günaydın ve Doğan (2004), Uğur (2007), Cheng ve arkadaşları (2010), Arafa ve Alqedra (2011), Cho ve arkadaşları (2013), Kim ve arkadaşları (2013), El-Sawalhi ve Shehatto (2014) gibi çalışmalar örnek gösterilebilir. (Boussabaine ve Elhag, 1998; Günaydın ve Doğan, 2004; Uğur, 2009; Cheng vd., 2010, Arafa ve Mamoum, 2011; Cho vd., 2013; Kim vd., 2013, Bayram vd. 2016; El-sawalhi ve Shehatto, 2014). Doğan ve arkadaşları (2006) ise yapı maliyetinin belirlemede Genetik Algoritma (GA) yöntemini kullanılmıştır (Doğan vd., 2006). Ayrıca literatürde YSA ile birlikte diğer yapay zeka

tekniklerinin kullanıldığı hibrit modeller de mevcuttur (Dobrucali ve Demir, 2021).

Kim ve arkadaşları Regresyon analizi, sinir ağlarına ve vaka bazlı muhakeme yöntemlerinin yapı maliyeti tahmininde kullanılabilirliğini araştırmıştır. Çalışma sonucunda sinir ağları yönteminin yapı maliyetinin tahmininde daha gerçekçi sonuçlar verdiği bulunmuştur. Ayrıca yazarlar bina maliyet tahmininde YSA ile GA tabanlı hibrit bir modelin oluşturulmasını uygun olacağını ifade etmiştir (Kim ve ark., 2004).

Yapay sinir ağları ile yapılan inşaat maliyet tahmini çalışmaları gerçeğe yakın sonuçlar verdiği bilinmektedir (Kim vd.,2013, Cho vd., 2013; Kim vd., 2013; Arafa ve Alqedra 2011; El-Sawalhi ve Shehatto, 2014). Ayrıca literatürde YSA ile bazı yapay zeka tekniklerinin karşılaştırılması ile ilgili çalışmalar mevcuttur (Kim vd., 2013, Cho vd., 2013; Kim vd., 2013). Ancak bina maliyet tahmininde diğer farklı yapay zeka tekniklerinin de başarılı sonuçlar vermesine yönelik çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.



UHMFD

www.hmfdergisi.com.tr

Uluslararası Hakemli Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi

Ocak / Şubat / Mart / Nisan Kış İlkbahar Dönemi Sayı: 16 Yıl:2022

International Refereed Journal of Engineering And Sciences

January / February / March / April Winter Spring Semester Number: 16 Year:2022

ID:19 K:29

(ISO 18001-OH-0090-13001706 / ISO 14001-EM-0090-13001706 / ISO 9001-QM-0090-13001706 / ISO 10002-CM-0090-13001706)

(MARKA PATENT NO: TRADEMARK)

(2015/04066- 2015-GE-17837)

Issn Print: 2148-4783 Online: 2149-2484

METOT

Genetik Algoritma (GA)- Gen İfadeli Programlama (GEP)

Canlıların genetik ve yapısal özelliklerinin belirli bir bölümü taklit eden bilgisayar yazılımları ve modelleri oluşturulmuştur. Bu model ve yazılımlarla farklı alanlardaki mevcut problemlerin çözümüne yönelik çalışmalar yapılmıştır (Kömür ve Altan, 2001). Genetik Algoritma, evrimsel programlamalar arasında en çok kullanılan modellerden biridir (İşçi ve Korukoğlu, 2003).

Genetik Algoritmada kromozom adı verilen çözüm kodlamalarının olduğu gruba popülasyon denilmektedir. Ayrıca çözüme uygun kromozomların belirlenmesinde algoritmanın beyini olan uygunluk fonksiyonu görev yapmaktadır. Kromozomlarda yeni popülasyonların oluşumu için değiştirme ve kopyalama operatörleri kullanılmaktadır ve pek çok popülasyon oluşturulmaktadır. Böylece en iyi kromozom bulunmaktadır (Oğuz ve Akbaş, 1997; İşçi ve Korukoğlu, 2003).

GA' da ilk olarak popülasyonda yer alacak birey sayısı belirlenir. Daha sonra rastgele popülasyonlar oluşturulmaya başlanır. Uygunluk fonksiyonu ile kromozom başarısı hesaplanır ve uygun kromozomlar seçilir.

Seçilen bu kromozomlar üzerinde mutasyon ve çaprazlama yapılarak yeni popülasyonlar elde edilir. Yeni oluşturulan popülasyonun uygunluk değeri, kromozomlarının uygunluk değerini hesaplanarak belirlenir. En iyi kromozom elde edilinceye kadar analizle tekrarlanır (İşçi ve Korukoğlu, 2003).

Gen İfadeli Programlama, genetik algoritmayı (GA) dayanan bir algoritmadır. Ancak bu algoritmayı GA'dan ayıran en önemli fark kromozom yapısıdır. Genetik algoritmada kromozomlar lineer diziler şeklindedir ve sabit uzunluktadır. Gen ifadeli programlamada ise kromozomlar öncelikle sabit uzunluktaki lineer diziler, daha sonra farklı ebat ve şekillerde doğrusal olmayan basit ifade ağaçları şeklinde dizilir (Ferreira, 2001).

Gen ifadeli programlamada çözüm kodlamalarını genler ve kromozomlar oluşturmaktadır. Genlerin baş, kuyruk ve sabitleri değerleri bulunmaktadır. Bu genleri birbirine bağlayan kromozomlarda ise bağlama fonksiyonu yer almaktadır (Ferreira, 2017). GEP'te ifade ağaçları ile çok küçük yapılara kodlama yapılarak aşamalı bir yapının oluşması sağlanmaktadır. Bu ağaçlarının birleştirilmesi için toplama, çıkarma, çarpma ve bölme işlemlerini içeren bağlantı fonksiyonları kullanılmaktadır (Ferreira, 2002).



UHMFD

www.hmfdergisi.com.tr

Uluslararası Hakemli Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi

Ocak / Şubat / Mart / Nisan Kış İlkbahar Dönemi Sayı: 16 Yıl:2022

International Refereed Journal of Engineering And Sciences

January / February / March / April Winter Spring Semester Number: 16 Year:2022

ID:19 K:29

(ISO 18001-OH-0090-13001706 / ISO 14001-EM-0090-13001706 / ISO 9001-QM-0090-13001706 / ISO 10002-CM-0090-13001706)

(MARKA PATENT NO: TRADEMARK)

(2015/04066-2015-GE-17837)

Issn Print: 2148-4783 Online: 2149-2484

Uygunluk fonksiyonları ise çözüm için oluşturulan genlerin yeteneklerini göstermektedir. Analizlerde çözüm için GEP yapısı oluşturulurken gen sayısı, bağlantı fonksiyonu ve baş boyu seçimi yapılmalıdır (Ferreira, 2017).

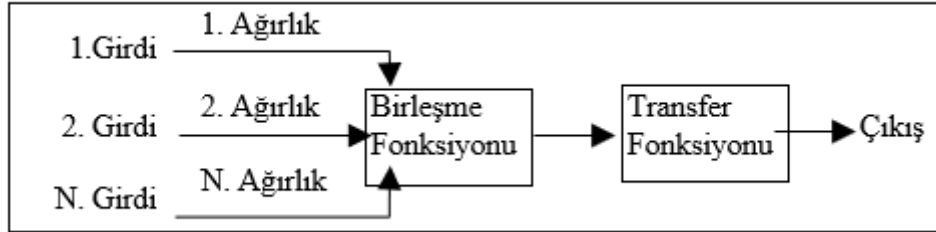
Yapay Sinir Ağları (YSA)

Yapay Sinir Ağları, insan beynin öğrenme işlevini örneklemeler aracılığıyla gerçekleştiren bilgisayar yazılımlarıdır. Bir yapay sinir ağı giriş katmanı, gizli katmanlar ve çıkış katmanından oluşmaktadır (Öztemel, 2012). YSA'nın en temel ögesi işlem

elemanı yani yapay sinir hücresidir ve her bir işlem elemanı birbirine belirli ağırlıklı değerleri ile bağlanmaktadır (Öztemel, 2012). İşlem elemanını oluşturan öğeler;

1. Girdiler (birden fazla)
2. Ağırlıklar (birden fazla)
3. Birleşme fonksiyonu
4. Transfer fonksiyonu
5. Çıktı (1 tane)

olarak sıralanmaktadır (Cağlar vd., 2013). Bu öğelerin yapısı Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. İşlem Elemanını Oluşturan Öğelerinin Yapısı (Cağlar vd., 2013)

Bir sinir ağının yapısı Şekil 1'de gösterilmiştir. Bu sinir ağı, bilgi katmanı, gizli katman ve çıktı katmanı olmak üzere birbirine bağlı üç katmandan oluşmaktadır. Bilgi katmanı dışarıdan bilgiyi almak ile görevlendirilmiştir. Gizli katman bu bilgileri işlenmektedir. Bu katman girdi ve çıktı arasındaki ilişkiyi düzenlediği için ağırlığı

üzerinde bulundurmaktadır. Bir sinir ağında bir veya daha fazla gizli katman bulunabilmektedir. Çıktı katmanı ise ağın kararını bildirmekle görevlendirilmiştir. YSA'da sinir ağına dışarıdan gelen bir bilgi, girdi katmanındaki bağlantılar yardımıyla ağırlandırılarak ara katmanlara iletilmektedir. Ara katmanlarda yeniden ağırlandırılarak çıktı



UHMFĐ

www.hmfdergisi.com.tr

Uluslararası Hakemli Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi

Ocak / Şubat / Mart / Nisan Kış İlkbahar Dönemi Sayı: 16 Yıl:2022

International Refereed Journal of Engineering And Sciences

January / February / March / April Winter Spring Semester Number: 16 Year:2022

ID:19 K:29

(ISO 18001-OH-0090-13001706 / ISO 14001-EM-0090-13001706 / ISO 9001-QM-0090-13001706 / ISO 10002-CM-0090-13001706)

(MARKA PATENT NO: TRADEMARK)

(2015/04066- 2015-GE-17837)

Issn Print: 2148-4783 Online: 2149-2484

katmanına iletilmektedir. Daha sonra çıktı katmandan ağ bilgisiyle birlikte dışarı verilmektedir. Böylece ağa ilk verilen bilgi, ağdan çıktığında yeni bir hale dönüşmüş olacaktır (Cağlar vd., 2013).

ANALİZ

Veri Setinin Oluşturulması

Bu çalışmada, Gen İfadeli Programlama ve Yapay Sinir Ağı verilerini, 2011-2016 yılları arasında inşa edilen 75 adet eğitim ve sağlık yapım projesi (EKAP, 2018) oluşturmaktadır.

2011 ve 2016 yılları arasındaki 6 yıllık zaman aralığında değişen maliyet bedelleri, TÜİK'in yayınladığı "2016 Yılı Ortalama Bina Maliyet Oranları" kullanılarak indirgenmiştir (TÜİK, 2016, Doğan vd., 2006).

75 adet bina yapım projelerinde yer alan kat sayısı, süre, yapı türü ve toplam inşaat alanı değişkenleri giriş verisi, bina maliyet parametresi ise çıkış verisi olarak kabul edilmiştir. Analizlerde kullanılan bina projelerine ait kat sayısı, süre, ve toplam inşaat alanı değişkenleri için sınır değerler Tablo 1' de verilmiştir. Yapı türü eğitim ve sağlık bina projeleri ile sınırlandırılmıştır. Analiz sonuçları bu sınır değerler çerçevesindeki projeleri kapsamaktadır. Projelerin rastgele 60 adedi eğitim, 15 adedi ise test verisi olmak seçilmiştir.



UHMFD

www.hmfdergisi.com.tr

Uluslararası Hakemli Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi

Ocak / Şubat / Mart / Nisan Kış İlkbahar Dönemi Sayı: 16 Yıl:2022

International Refereed Journal of Engineering And Sciences

January / February / March / April Winter Spring Semester Number: 16 Year:2022

ID:19 K:29

(ISO 18001-OH-0090-13001706 / ISO 14001-EM-0090-13001706 / ISO 9001-QM-0090-13001706 / ISO 10002-CM-0090-13001706)

(MARKA PATENT NO: TRADEMARK)

(2015/04066- 2015-GE-17837)

Issn Print: 2148-4783 Online: 2149-2484

Tablo 1. Değişkenler İçin Sınır Değerler

Değişkenler	Minimum değer	Maksimum değer
Süre (Gün)	60	700
Toplam inşaat alanı (m ²)	149	7950
Kat sayısı (Adet)	1	6

Gen İfadeli Programlama ile Maliyet Tahmini

Veri setinde kat sayısı, süre, yapı türü ve toplam inşaat alanı değişkenleri giriş verisi, bina maliyet parametresi ise çıkış verisi olarak belirlenmiştir. Beş adet giriş verisi ve bir adet çıkış verisinden oluşan bu veri seti için Tablo 2’de gösterilen Gen İfadeli Programlama parametrelerine göre GeneXproTools 5.0 paket programı ile maliyetin belirlenmesi amacıyla analizler yapılmıştır (GeneXprotools, 2018). Analizlerde sadece GeneXproTools 5.0 paket programında yer

alan standart yazılımlar ve algoritmalar kullanılmıştır. Bu programa herhangi bir yazılım veya algoritma eklemesi yapılmamıştır. Analizlerde kromozom sayısı 30, baş sayısı 8, gen sayısı 3 olarak alınmıştır. Bu analizlerde sırasıyla Optimal Evolution ve Constant Fine-Tuning olmak üzere artarda iki ayrı Gen operatörü stratejisi uygulanmıştır. Analizler ilk olarak Optimal Evolution ile strateji ile yapılmıştır. Daha sonra genlerin maliyet belirleme kat sayısı sabitlendiğinde iki strateji arasında değişimler yapılarak en iyi tahmin değeri elde edilmiştir.



UHMFD

www.hmfdergisi.com.tr

Uluslararası Hakemli Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi

Ocak / Şubat / Mart / Nisan Kış İlkbahar Dönemi Sayı: 16 Yıl:2022

International Refereed Journal of Engineering And Sciences

January / February / March / April Winter Spring Semester Number: 16 Year:2022

ID:19 K:29

(ISO 18001-OH-0090-13001706 / ISO 14001-EM-0090-13001706 / ISO 9001-QM-0090-13001706 / ISO 10002-CM-0090-13001706)

(MARKA PATENT NO: TRADEMARK)

(2015/04066- 2015-GE-17837)

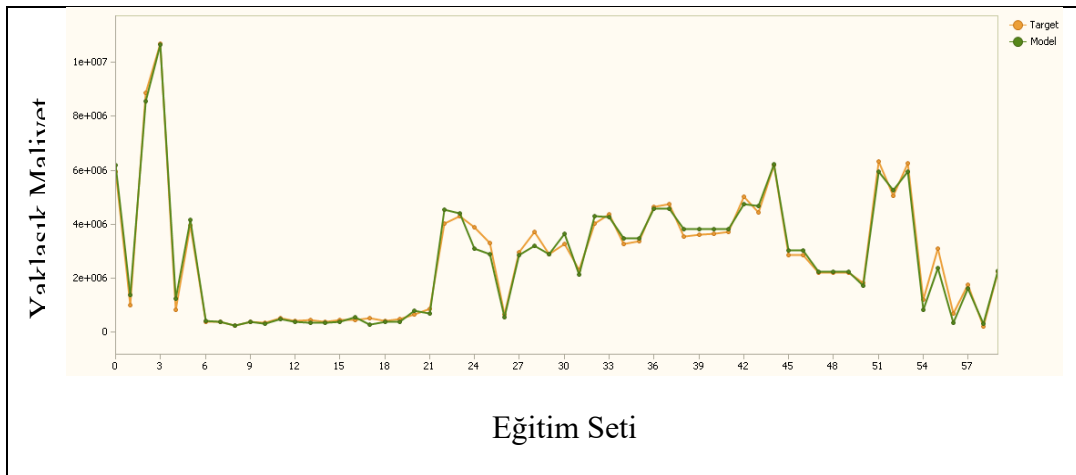
Issn Print: 2148-4783 Online: 2149-2484

Tablo 2. GEP Parametreleri

Gen Operatörü Stratejisi	Optimal Evolution	Constant Fine-Tuning
Kromozom sayısı	30	30
Fonksiyon	Addition	Addition
Mutasyon oranı	0,00138	0
Gen çaprazlama oranı	0,00545	0,014

Bu analizler sonucunda eğitim verileri için maliyet belirleme katsayısı (R^2) 0.987, maliyete ulaşılmasında en uygun değer (best fitness) 932.675; test verilerinde ise R^2 0.970, best fitness ise 860.638 olarak

bulunmuştur. Test ve eğitim verilerinin gerçek veriler ile GEP sonucunda bulunan verilerin kıyaslaması amacıyla analiz sonuçları Şekil 2 ve Şekil 3'te gösterilmiştir.



Şekil 2. Eğitim Setindeki Gerçek Veriler (Target) ile GA Sonuçlarının (Model) Karşılaştırılması

UHMFD

www.hmfdergisi.com.tr

Uluslararası Hakemli Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi

Ocak / Şubat / Mart / Nisan Kış İlkbahar Dönemi Sayı: 16 Yıl:2022

International Refereed Journal of Engineering And Sciences

January / February / March / April Winter Spring Semester Number: 16 Year:2022

ID:19 K:29

(ISO 18001-OH-0090-13001706 / ISO 14001-EM-0090-13001706 / ISO 9001-QM-0090-13001706 / ISO 10002-CM-0090-13001706)

(MARKA PATENT NO: TRADEMARK)

(2015/04066- 2015-GE-17837)

Issn Print: 2148-4783 Online: 2149-2484



Şekil 3. Test Setindeki Gerçek Veriler (Target) ile GA Sonuçlarının (Model) Karşılaştırılması

Yapay Sinir Ağları ile Maliyet Tahmini

YSA modeli oluşturulmadan önce indirgenmiş veriler üzerinde öğrenmenin kolaylaşması ve hataların önlenmesi amacıyla normalizasyon işleminin yapılması

gerekmektedir (Eren ve Turp, 2010). Bu sebeple indirgenmiş her bir kat sayısı, süre, yapı türü, toplam inşaat alanı bina maliyet değişkenleri için denklem 3 kullanılarak doğrusal normalizasyon işlemi yapılmıştır.

$$y_i = \frac{y}{y_{mak.}} \quad (3)$$

Denklemden y indirgenmiş verileri, $y_{mak.}$ değerleri indirgenmiş veriler arasındaki maksimum değeri, y_i ise normalize edilmiş değeri göstermektedir. Böylece her bir değerde en büyük değerin 1 olduğu yeni bir veri seti elde edilmiştir.

YSA modeli transfer fonksiyonu Log-Sigmoid (LOGSIG), öğrenme (eğitim) algoritması ise Scaled Conjugate Gradient (TRAINSFG) olarak tanımlanmıştır. Sigmoid, transfer fonksiyonları arasında en çok tercih edilen fonksiyonlardan biri olarak ifade edilmektedir. (Sağiroğlu ve ark.,



UHMFD

www.hmfdergisi.com.tr

Uluslararası Hakemli Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi

Ocak / Şubat / Mart / Nisan Kış İlkbahar Dönemi Sayı: 16 Yıl:2022

International Refereed Journal of Engineering And Sciences

January / February / March / April Winter Spring Semester Number: 16 Year:2022

ID:19 K:29

(ISO 18001-OH-0090-13001706 / ISO 14001-EM-0090-13001706 / ISO 9001-QM-0090-13001706 / ISO 10002-CM-0090-13001706)

(MARKA PATENT NO: TRADEMARK)

(2015/04066- 2015-GE-17837)

Issn Print: 2148-4783 Online: 2149-2484

2003; Eren, 2006). Bu fonksiyon 0 ile 1 arasında çıktı değerleri vermektedir ve özellikle de geri yayılım yapan ağlarda büyük fayda sağlamaktadır (Hamzaçebi, C., 2011., Eren, 2006).

Scaled Conjuge Gardyan çalışmalarda kullanılan öğrenme algoritmaları arasında yer almaktadır. Bu algoritma işlemleri tek bir doğrultu üzerinde yapmaktadır. Bu sebeple işlem yükü az olmasına karşın iterasyon sayısının fazla olduğu görülmektedir (Sağıroğlu ve ark., 2003, Bishop, 1995;

Mathworks, 1998). Ayrıca ağ yapısı 4 tane girdi katmanı, 1 tane çıktı katmanı, olacak şekilde hazırlanmıştır. Gizli katman sayısı ise 10, 9 ve 8 olacak şekilde çeşitli analizler yapılmıştır. Analizlerde eğitiminin ilk evresinde ağırlık değerleri rastgele verilmektedir (Öztemel, 2012). Analizlerde sadece Matlab R2017b paket programında yer alan standart Neural Network Toolbox (Matlab, 2018) yazılımları ve algoritmaları kullanılmıştır. Bu programa herhangi bir yazılım veya algoritma eklemesi yapılmamıştır. Analiz sonuçları Tablo 3'te gösterilmiştir.

Tablo 3. YSA Analiz Sonuçları

Ağ bilgileri		Sonuç (R ²)		
Gizli katman sayısı	İterasyon sayısı	Eğitim	Test	
1	10	1000	0,998	0,932
2	9	1000	0,997	0,948
3	8	1000	0,997	0,952
4	8	2000	0,998	0,967
5	8	3000	0,998	0,923

Tablo 3 incelendiğinde en uygun ağın gizli katman sayısı 8, iterasyon sayısı ise 2000 olduğu belirlenmiştir. Bu ağa göre eğitim verileri için maliyet belirleme katsayısı (R²) 0.998, test verilerinde ise R² 0.967

olarak bulunmuştur. Test ve eğitim verilerinin gerçek veriler ile GEP sonucunda bulunan verilerin kıyaslaması amacıyla analiz sonuçları Şekil 4 ve Şekil 5'te gösterilmiştir.



UHMFD

www.hmfdergisi.com.tr

Uluslararası Hakemli Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi
Ocak / Şubat / Mart / Nisan Kış İlkbahar Dönemi Sayı: 16 Yıl:2022
International Refereed Journal of Engineering And Sciences

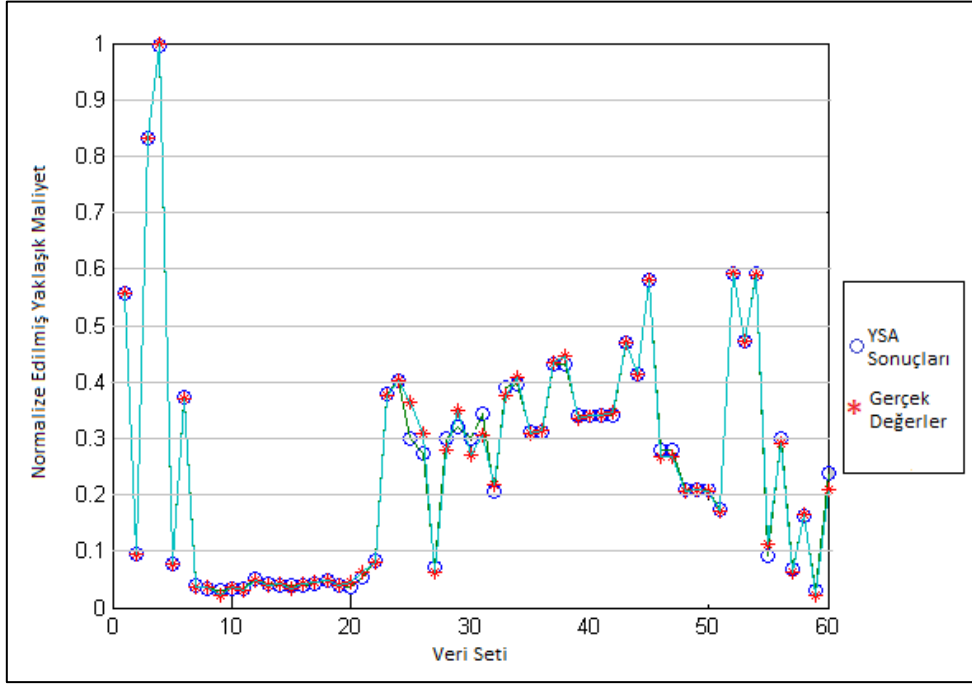
January / February / March / April Winter Spring Semester Number: 16 Year:2022
ID:21 K:29

(ISO 18001-OH-0090-13001706 / ISO 14001-EM-0090-13001706 / ISO 9001-QM-0090-13001706 / ISO 10002-CM-0090-13001706)

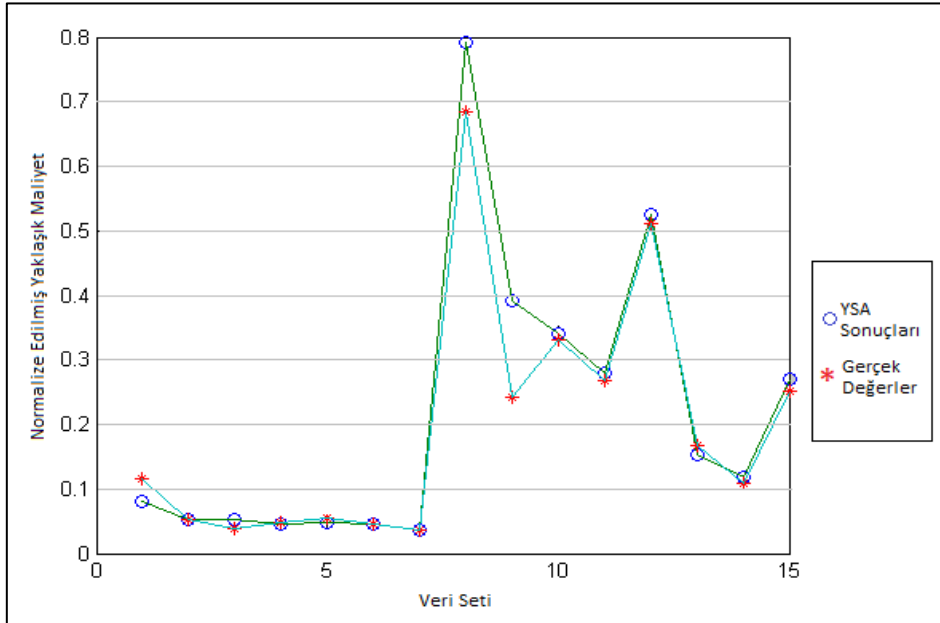
(MARKA PATENT NO: TRADEMARK)

(2015/04066- 2015-GE-17837)

Issn Print: 2148-4783 Online: 2149-2484



Şekil 4. Eğitim Seti YSA Sonuçları Karşılaştırılması



Şekil 5. Test Seti YSA Sonuçlarının Karşılaştırılması



UHMFD

www.hmfdergisi.com.tr

Uluslararası Hakemli Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi
Ocak / Şubat / Mart / Nisan Kış İlkbahar Dönemi Sayı: 16 Yıl:2022

International Refereed Journal of Engineering And Sciences
January / February / March / April Winter Spring Semester Number: 16 Year:2022
ID:21 K:29

(ISO 18001-OH-0090-13001706 / ISO 14001-EM-0090-13001706 / ISO 9001-QM-0090-13001706 / ISO 10002-CM-0090-13001706)

(MARKA PATENT NO: TRADEMARK)
(2015/04066- 2015-GE-17837)

Issn Print: 2148-4783 Online: 2149-2484

SONUÇ

Yapay zeka tekniklerinin maliyet, verimlilik vb. konularda kullanımı ile ilgili çalışmalar devam ettiği görülmektedir. Özellikle Yapı maliyeti tahmini çalışmalarında yapay sinir ağlarının başarılı sonuçlar verdiği bilinmektedir. Yapay sinir ağlarının dışında kalan yapay zeka tekniklerinin yapı maliyeti hesabında kullanımı araştırma ihtiyacı duyulan bir konudur.

Bu çalışmada, bina maliyetinin yapay zeka teknikleri arasında yer alan Gen İfadeli Programlama ve Yapay Sinir Ağları yöntemleri ile tahmin edilebilirliği araştırılmıştır ve bu yöntemlerin bina maliyeti belirleme düzeyleri karşılaştırılmıştır. Yapay zeka teknikleri arasında yer bu iki yöntemden yapay sinir ağları insan beynin öğrenme işlevini örneklemeler alırken, gen ifadeli programlama canlıların genetik ve yapısal özelliklerinin taklit etmektedir. Bina maliyeti tahmininde yapay sinir ağları yönteminin tercih edilme sebebi önceki çalışmalarda başarılı sonuçlar verdiğinin belirlenmesidir. Gen İfadeli Programlama tekniği ise literatürde sınırlı sayıda çalışmada kullanıldığı için tercih edilmiştir. Böylece literatürde az kullanılmış Gen İfadeli Programlama tekniği sonuçları ile başarılı sonuçlar veren Yapay Sinir Ağları sonuçları

kıyaslanmıştır.

Çalışma 2011 ve 2016 yılları arasında yapılmış eğitim ve sağlık bina projeleri ile sınırlandırılmıştır. Ayrıca projelerin inşaat süresi minimum 60 gün, maksimum 700 gün olarak belirlenmiştir. Projelerin kat sayısı 6 ve daha azdır. Toplam inşaat alanları ise yaklaşık olarak 149 -7950 m² aralığındadır. Analizde girdi olarak kat sayısı, süre, yapı türü değişkenleri, çıktı olarak toplam inşaat alanı değişkeni kullanılmıştır.

Çalışmada ilk olarak projeler arasındaki 6 yıllık zaman aralığında değişen maliyet bedelleri “2016 Yılı Ortalama Bina Maliyet Oranları” kullanılarak indirgenmiştir. Projelerin rastgele 60 adedi eğitim, 15 adedi ise test verisi olacak şekilde seçim yapılarak veri seti oluşturulmuştur. Yapay Sinir Ağları analizlerinden önce normalizasyon işlemi uygulanmıştır. Gen İfadeli Programlama tekniği ile yapılan analizlerde ise veri seti değişiklik yapılmadan kullanılmıştır. Analizlerde Yapay Sinir Ağları tekniğinde sadece Matlab R2017b paket programında yer alan standart Neural Network Toolbox (Matlab, 2018), Gen İfadeli Programlama tekniğinde ise sadece GeneXproTools 5.0 paket programı yazılımları ve algoritmaları kullanılmıştır. Analizler sonucunda Gen İfadeli Programlama ve Yapay Sinir Ağları



UHMFD

www.hmfdergisi.com.tr

Uluslararası Hakemli Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi

Ocak / Şubat / Mart / Nisan Kış İlkbahar Dönemi Sayı: 16 Yıl:2022

International Refereed Journal of Engineering And Sciences

January / February / March / April Winter Spring Semester Number: 16 Year:2022

ID:19 K:29

(ISO 18001-OH-0090-13001706 / ISO 14001-EM-0090-13001706 / ISO 9001-QM-0090-13001706 / ISO 10002-CM-0090-13001706)

(MARKA PATENT NO: TRADEMARK)

(2015/04066-2015-GE-17837)

Issn Print: 2148-4783 Online: 2149-2484

tekniklerinin maliyeti tahmin etme oranları sırasıyla 0.970 ve 0.967 olarak bulunmuştur. Elde edilen veriler Şekil 2-3-4 ve 5' te görselleştirilerek özetlenmiştir.

Sonuç olarak çalışmada, Gen İfadeli Programlama ve Yapay Sinir Ağları tekniklerinin bina maliyeti hesaplamalarında aynı derecede kullanılabilir olduğu ve her iki yöntemin de kabul edilebilir ölçüde gerçeğe yakın değerler verdiği görülmüştür.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Sakarya Üniversitesi-Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenen projelere dayanmaktadır. (Proje numarası: 2013-50-02-019; 2016-07-12-004)

KAYNAKÇA

AKINBİNGÖL, M., GÜLTEKİN, A.T., (2005). Bina Üretimi Yapım Evresinde Maliyet Planlama ve Denetimine Yönelik Bir Maliyet Yönetim Modeli Önerisi, Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimar. Fakültesi Dergisi, 20(4):499–505

ARAF, M., MAMOUM, A., (2011). Early Stage Cost Estimation of Building Construction Projects using

Artificial Neural Networks, J. Artificial Intell., 4(1):63–75

BAYRAM, S., ÖCAL, M.E., ORAL, E.L., ATİŞ, C.D., (2016). Yapım Maliyeti Tahmininde Birim Fiyat Yöntemi – Yapı Yaklaşık Maliyetleri Kıyaslaması, 19(2):175–183

BISHOP, C.M., (1995). Neural Network for Pattern Recognition, Clarendon Press, 1-498

BOUSSABAIN, A.H., ELHAG, T.M.S., (1998). An Artificial Neural System For Cost Estimation of Construction Projects, Proc. 14th Annu. ARCOM Conf., 1:9–11

BUDAK, O., (2006). 4734 Sayılı Kamu İhale Kanunu'nun Uygulanmasında Karşılaşılan Sorunlar için Çözüm Önerileri, 2006. İstanbul Teknik Üniversitesi

CHENG, M.-Y., TSAI, H.-C., SUDJONO, E., (2010). Conceptual Cost Estimates Using Evolutionary Fuzzy Hybrid Neural Network For Projects in Construction Industry, Expert Syst. Appl., 37(6):4224–4231

CHO, H.-G., KIM, K.-G., KIM, J.-Y., KIM, G.-H., (2013). A Comparison of



UHMFD

www.hmfdergisi.com.tr

Uluslararası Hakemli Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi

Ocak / Şubat / Mart / Nisan Kış İlkbahar Dönemi Sayı: 16 Yıl:2022

International Refereed Journal of Engineering And Sciences

January / February / March / April Winter Spring Semester Number: 16 Year:2022

ID:19 K:29

(ISO 18001-OH-0090-13001706 / ISO 14001-EM-0090-13001706 / ISO 9001-QM-0090-13001706 / ISO 10002-CM-0090-13001706)

(MARKA PATENT NO: TRADEMARK)

(2015/04066- 2015-GE-17837)

Issn Print: 2148-4783 Online: 2149-2484

- Construction Cost Estimation Using Multiple Regression Analysis And Neural Network in Elementary School Project in The Early Stages of A Construction Project, J. Korea Inst. Build. Constr., 13(1):66–74
- ÇAGLAR, N., OZTURK, H., DEMİR, A., AKKAYA, A., PALA M., (2013).** Betonarme Kesitlerdeki Moment- Eğrilik İlişkisinin Yapay Sinir Ağları ile Belirlenmesi, ISITES2013: Sakarya, p.1018–1029
- DARKO, A., CHAN, A.P.C., ADABRE, M.A., EDWARDS, D.J., HOSSEINI, M.R., AMEYAW, E.E., (2020).** Artificial Intelligence in The AEC Industry: Scientometric Analysis and Visualization of Research Activities. Automation in Construction, 112.
- DINH T.T.A., LIU R., ZHANG M., (2018).** Untangling Blockchain: A Data Processing View of Blockchain Systems. IEEE Trans Knowl Data Eng 30(7):1366–1385
- DOBRUCALI, E., DEMİR, İ.H., (2021).** A Simple Formulation For Early-Stage Cost Estimation of Building Construction Projects, GRAĐEVINAR 73 (8):819-832
- DOĞAN, S.Z., ARDITI, D., GÜNAYDIN, H.M., (2006).** Determining Attribute Weights in a CBR Model for Early Cost Prediction of Structural Systems, J. Constr. Eng. Manag., 132: 1092–1098
- DOĞANYİĞİT S., (2010).** İhaleinin Ruhu: Yaklaşık Maliyetin Gizliliği. Dış dene-tim, 2: 95–99
- EKAP, (2018).** www.ekap.kik.gov.tr., Erişim Tarihi: 02.07.2018
- EL-SAWALHI, N.I., SHEHATTO, O., (2014).** A Neural Network Model for Building Construction Projects Cost Estimating
- EREN, B., (2006).** Yapay sinir ağları ile membran proses verimine etki eden parametrelerin analizi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi
- EREN, B., TURP, S.M., (2010).** Sızıntı Suyundan Nikel (II) İyonları Giderim Veriminin Yapay Sinir Ağları İle Tahmin Edilmesi, Bilimde Modern Yöntemler Sempozyumu, 6(1):398–405
- FERREIRA, C., (2001).** Gene Expression Programming: A New Adaptive



UHMFD

www.hmfdergisi.com.tr

Uluslararası Hakemli Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi

Ocak / Şubat / Mart / Nisan Kış İlkbahar Dönemi Sayı: 16 Yıl:2022

International Refereed Journal of Engineering And Sciences

January / February / March / April Winter Spring Semester Number: 16 Year:2022

ID:19 K:29

(ISO 18001-OH-0090-13001706 / ISO 14001-EM-0090-13001706 / ISO 9001-QM-0090-13001706 / ISO 10002-CM-0090-13001706)

(MARKA PATENT NO: TRADEMARK)

(2015/04066- 2015-GE-17837)

Issn Print: 2148-4783 Online: 2149-2484

- Algorithm For Solving Problems. Complex Syst., 13:87–129
- FERREIRA, C., (2002).** Function finding and the creation of numerical constants in gene expression programming. 7th Online World Conf. Soft Comput. Ind. Appl., Bristol, 1–9
- FERRERIA, C., (2017).** From genexprotools documentation – a gepsoft web resource. Erişim Tarihi: 19.12.2017
- GENEXPROTOOLS 5.0, (2018).** Gen İfadeli Programlama analiz programı, Analiz tarihi: Eylül 2018.
- GÜNAYDIN, H.M., DOĞAN, S.Z., (2004).** A Neural Network Approach For Early Cost Estimation Of Structural Systems Of Buildings, Int. J. Proj. Manag., 2004. 22(7):595–602
- HAMZAÇEBİ, C., (2011).** Yapay Sinir Ağları. Ekin Yayıncılık, 1-133
- HOSNY, O.A., ELBARKOUKY, M.M.G, ELHAKEEM, A., (2005).** Construction Claims Prediction and Decision Awareness Framework using Artificial Neural Networks and Backward Optimization, Journal of Construction Engineering and Project Management, 5(1):11-19
- İŞÇİ, Ö., KORUKOĞLU, S., (2003).** Genetik Algoritma Yaklaşımı ve Yöneylem Araştırmasında Bir Uygulama, Yönetim ve Ekon., 10(2)
- KIM, G.H, SHIN, J., KIM, S., SHIN, Y., (2013).** Comparison of School Building Construction Costs Estimation Methods Using Regression Analysis, Neural Network, and Support Vector Machine, J. Build. Constr. Plan. Res., 2013. 1:1–7
- KIM, G.H., AN, S.H., KANG, K.I., (2004).** Comparison of Construction Cost Estimating Models Based On Regression Analysis, Neural Networks, And Case-Based Reasoning, Building and Environment, 39(10):1235-1242
- KÖMÜR, M., ALTAN, M., (2001).** Betonarme Bir Kiriş ve Kolonun Genetik Algoritma ile Optimum Tasarımı, Mühendislikte Mod. Yöntemler Sempozyum Kitabı
- LI, W., DUAN, P., SU, J., (2021).** The Effectiveness of Project Management Construction with Data Mining And Blockchain Consensus, Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing,



UHMFD

www.hmfdergisi.com.tr

Uluslararası Hakemli Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi

Ocak / Şubat / Mart / Nisan Kış İlkbahar Dönemi Sayı: 16 Yıl:2022

International Refereed Journal of Engineering And Sciences

January / February / March / April Winter Spring Semester Number: 16 Year:2022

ID:19 K:29

(ISO 18001-OH-0090-13001706 / ISO 14001-EM-0090-13001706 / ISO 9001-QM-0090-13001706 / ISO 10002-CM-0090-13001706)

(MARKA PATENT NO: TRADEMARK)

(2015/04066- 2015-GE-17837)

Issn Print: 2148-4783 Online: 2149-2484

<https://doi.org/10.1007/s12652-020-02668-7>

MATLAB (2018). Matlab R2017B Neural Network Toolbox, Yapay sinir ağları analiz programı, Analiz tarihi: Eylül 2018

MATHWORKS, INC, (1998). Matlab 5.3 Neural Network Toolbox, User Guide, www.mathworks.com/products/neural-network.html, Erişim Tarihi:10.08.2018

OĞUZ, M., AKBAŞ, S., (1997). Genetik Algoritmalar

ÖZTEMEL, E., (2012). Yapay Sinir Ağları (3. basım). Papatya Yayıncılık

SAĞIROĞLU, Ş., BEŞDOK, E., ERLER, M., (2003). Mühendislikte Yapay Zeka Uygulamaları 1 / Yapay Sinir Ağları, Ufuk Yayıncılık, 1-426

TUİK, (2016). İnşaat Maliyet Endeksi

UĞUR, L.O., (2007). Yapı Maliyetinin Yapay Sinir Ağı İle Analizi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Ankara

UĞUR, L.O., (2009). Yapı Maliyeti Çalışmaları, Ankara: Alter Yayıncılık



UHMFD

www.hmfdergisi.com.tr

Uluslararası Hakemli Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi

Ocak / Şubat / Mart / Nisan Kış İlkbahar Dönemi Sayı: 16 Yıl:2022

International Refereed Journal of Engineering And Sciences

January / February / March / April Winter Spring Semester Number: 16 Year:2022

ID:19 K:29

(ISO 18001-OH-0090-13001706 / ISO 14001-EM-0090-13001706 / ISO 9001-QM-0090-13001706 / ISO 10002-CM-0090-13001706)

(MARKA PATENT NO: TRADEMARK)

(2015/04066- 2015-GE-17837)

Issn Print: 2148-4783 Online: 2149-2484

EXTENDED ABSTRACT

Introduction: Construction projects have a dynamic and competitive structure that requires the solution of complex and challenging problems (Darko et al., 2020). New techniques need to be applied to manage these projects better (Dinh et al., 2018; Li et al., 2021). Artificial intelligence techniques are used to solve complex and challenging problems experienced in construction projects as well as in projects in many areas of the industry (Darko et al., 2020; Hosny et al., 2015). Genetic algorithm, Neural network, Fuzzy logic/fuzzy set, Expert system, Support vector machine, Genetic programming, Data mining, Evolutionary algorithm, and Deep learning are some artificial intelligence techniques used in the construction industry. These techniques provide solutions to cost, business plan, efficiency, sustainability, and safety management in construction projects (Darko et al., 2020). In the 1950s, the first model studies for the cost estimation of buildings started in Europe (Akinbingöl and Gültekin, 2005; Uğur, 2009; Bayram et al., 2016). Many different studies have entered the literature to determine the building cost in earlier stages in the following process. Studies on the estimation of building costs with artificial intelligence methods are also included in the literature. In the literature, studies in which the artificial neural network method is used in construction cost calculations come to the fore. Boussabaine and Elhag (1998), Günaydın and Doğan (2004), Uğur (2007), Cheng et al (2010), Arafa and Alqedra (2011), Cho et al (2013), Kim et al (2013), Bayram (2013)), El-Sawalhi and Shehatto (2014) can be cited as examples. (Boussabaine and Elhag, 1998; Günaydın and Doğan, 2004; Uğur, 2009; Cheng et al., 2010, Arafa and Mamoum, 2011; Cho et al., 2013; Kim et al., 2013, Bayram et al. 2016; El-sawalhi et al. Shehatto, 2014). Doğan et al. (2006) used the genetic algorithm method to determine the building cost (Doğan et al., 2006). In addition, there are hybrid models in the literature, such as Dobrucali and Demir (2021), in which other artificial intelligence techniques are used together with ANN (Dobrucali and Demir, 2021). **Aim:** In this study, the availability of fast, easy, and realistic results with Artificial Intelligence Techniques (ANN and GEP) has been examined by using a small number of variables determined without detailed measurement of the construction cost in budget planning and project cost estimation



UHMFD

www.hmfdergisi.com.tr

Uluslararası Hakemli Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi

Ocak / Şubat / Mart / Nisan Kış İlkbahar Dönemi Sayı: 16 Yıl:2022

International Refereed Journal of Engineering And Sciences

January / February / March / April Winter Spring Semester Number: 16 Year:2022

ID:21 K:29

(ISO 18001-OH-0090-13001706 / ISO 14001-EM-0090-13001706 / ISO 9001-QM-0090-13001706 / ISO 10002-CM-0090-13001706)

(MARKA PATENT NO: TRADEMARK)

(2015/04066- 2015-GE-17837)

Issn Print: 2148-4783 Online: 2149-2484

calculations for construction projects. By comparing the analysis results, the applicability of the methods in construction cost estimation was evaluate. **Method:** In this study, Gene Expression Programming (GEP) and Artificial Neural Network (ANN) data constitute 75 education and health construction projects built between 2011-2016. The cost of these data, which changed over a 6-year period, was corrected by using the average building cost rates of 2016 published by TUIK (TUIK, 2016, Doğan et al., 2006). Variables of the number of floors, duration, type of building and total construction area in the construction projects of 75 buildings to be used in the education and health fields were accepted as input data, and the approximate cost parameter of the building was accepted as output. Of the projects, 60 were randomly selected as training data and 15 as test data. Gene Expression Programming is an algorithm based on a genetic algorithm (GA). However, the chromosome structure is the most crucial difference that distinguishes this algorithm from GA. In the genetic algorithm, chromosomes are in the form of linear sequences and are of fixed length. On the other hand, in gene expression programming, chromosomes are first arranged as fixed-length linear arrays, then non-linear simple expression trees of different sizes and shapes (Ferreira, 2001). For the data set consisting of five input data and one output data, analyzes were performed with the GeneXproTools 5.0 program to determine the cost according to the Gene Expression Programming parameters shown in Table 1 (GeneXprotools, 2018). In these analyses, two different Gene operator strategies were applied in succession, Optimal Evolution and Constant Fine-Tuning, respectively. **Findings and Results:** As a result of these analyzes, the approximate cost determination coefficient (R^2) for the training data is 0.987, and the best fitness value for reaching the approximate cost is 932,675; In the test data, R^2 was found to be 0.970, and the best fitness was found to be 860.638. The analysis results are shown in Figure 2 and Figure 3 to compare the test and training data with the actual data and the data found in the GEP result. Artificial Neural Networks are computer software that performs the learning function of the human brain through samples. An artificial neural network consists of input layer, hidden layers and output layer (Öztemel, 2012). The most basic element of ANN is the processing element, that is, the neuron cell, and each processing element is connected to each other with certain weight values (Öztemel, 2012). Elements that make up the processing element inputs (multiple), weights (multiple), union function, transfer



UHMFD

www.hmfdergisi.com.tr

Uluslararası Hakemli Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi
Ocak / Şubat / Mart / Nisan Kış İlkbahar Dönemi Sayı: 16 Yıl:2022

International Refereed Journal of Engineering And Sciences

January / February / March / April Winter Spring Semester Number: 16 Year:2022

ID:21 K:29

(ISO 18001-OH-0090-13001706 / ISO 14001-EM-0090-13001706 / ISO 9001-QM-0090-13001706 / ISO 10002-CM-0090-13001706)

(MARKA PATENT NO: TRADEMARK)

(2015/04066- 2015-GE-17837)

Issn Print: 2148-4783 Online: 2149-2484

function, output (1 one) are listed (Caglar et al., 2013). The structure of these elements is shown in Figure 1. Before creating the ANN model, it is necessary to perform normalization on the reduced data to facilitate learning and prevent errors (Eren and Turp, 2010). For this reason, linear normalization was performed using equation 1 on the reduced data. ANN model transfer function is defined as Log-Sigmoid (logsig), and the learning (training) algorithm is defined as Scaled Conjugate Gradient (SCG). In addition, it is prepared to have 4 input layers and 1 output layer. Various analyzes were made, with the number of hidden layers being 10, 9, and 8, and the analysis results are shown in Table 2. In the analysis, the variables of the number of floors, duration, building type, and total construction area were used as input data without requiring detailed quantity calculation of education and health construction projects. As a result, it was seen that both artificial intelligence techniques determined the cost at a rate of 0.97. Thus, it has been seen that Gene Expression Programming and Artificial Neural Networks techniques can be used equally in building cost calculations. Both methods give acceptable values close to reality.

YAPISAL HASARLARIN YAPI DİNAMİK
PARAMETRELER İLE BELİRLENMESİ ⁽¹⁾DETERMINATION OF STRUCTURAL DAMAGE LEVELS
BY USING DYNAMIC PARAMETERSZeki ÖZCAN¹, Ömer SEMİZ²¹Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Sakarya / Türkiye²TÜRASAŞ Türkiye Raylı Sistem Araçları Sanayii A.Ş., Ankara / TürkiyeORCID ID: 0000-0002-0948-0376¹, 0000-0002-1301-3789²

Öz: Amaç: Bu çalışmada, deprem, patlama, çarpma gibi aşırı yüklere maruz kalan yapıların dinamik karakteristiklerinin değişimi ile hasar seviyeleri arasındaki ilişki araştırılmıştır. Böylece bu çalışmada hasar oluşan yapıların hemen kullanılabilmesi için hızlı bir yöntem önerilmiştir. Yöntem: Yapılan çalışma, deneysel ölçümler ve sayısal çözümler olmak üzere iki bölümden oluşmaktadır. Çalışma için, tek serbestlik dereceli, dört kolonlu, çelik bir model yapı imal edilerek ivmeölçer yardımı ile titreşimleri kayıt edilmiştir. Yapı için hasarsız, orta hasar ve ağır hasar olmak üzere üç senaryo tanımlanmıştır. Hasar senaryolarının her biri kolonların bağ koşulları değiştirilerek sağlanmıştır. **Bulgular:** Alınan ivme kayıtları Seismosignal yazılımı ile işlenerek her bir hasar senaryosu için yapı serbest titreşim periyotları belirlenmiştir. Çalışmanın sayısal kısmında ise hasarsız ve hasarlı yapıların sonlu eleman yöntemi kullanılarak serbest titreşim periyotları hesaplanmıştır. **Sonuç:** Deneysel ve sayısal yöntemlerden elde edilen sonuçların uyumlu olduğu gösterilmiştir. Yapılan çalışma sonucunda; yapıların serbest titreşim periyotlarının, yapıda oluşan hasar durumlarının belirlenmesinde kullanılabileceği ifade edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Hasar Belirleme, Model Yapı, Sonlu Eleman Yöntemi, Serbest Titreşim Periyotları

Abstract: Aim: This study revealed the relationship between the change in dynamic characteristics of structures damaged by exposure to extreme loads such as earthquakes, explosions, and impact and damage levels. Thus, a quick method can be used immediately after the damage has been proposed. Method: The studies consist of two parts, experimental measurements, and numerical solutions. For the analysis, a single degree of freedom, a four-column steel model structure was fabricated, and its free vibrations were recorded with the help of an accelerometer. Three scenarios are defined for the system no damage, medium damage, and heavy damage. Each of these failure scenarios is achieved by changing the boundary conditions of the columns. **Results:** The acceleration records were processed with the Seismosignal software, and the free vibration periods of the structure were determined for each case. In the numerical part of the study, free vibration periods of undamaged and damaged structures were calculated using the finite element method. **Conclusion:** It has been shown that the results obtained from the experimental and numerical methods are compatible. With the study, it has been revealed that damaged structures can be evaluated using free vibration periods.

Keywords: Damage Detection, Model Structure, Finite Element Method, Free Vibration Periods

Doi:10.17366/uhmfd.2022.16.3

(1) Sorumlu Yazar, Corresponding Author: Zeki ÖZCAN, (Dr. Öğr. Üye., Assist. Prof), Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Sakarya / Türkiye, ozcan@sakarya.edu.tr, Geliş Tarihi / Received: 14.12.2021, Kabul Tarihi / Accepted: 29.04.2022, Makalenin Türü: Type of Article: (Araştırma – Uygulama / Research - Application) Çıkar Çatışması, Yok – Conflict of Interest, None, Etik Kurul Raporu veya Kurum İzin Bilgisi- Ethical Board Report or Institutional Approval, Yok / None



UHMFD

www.hmfdergisi.com.tr

Uluslararası Hakemli Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi
Ocak / Şubat / Mart / Nisan Kış İlkbahar Dönemi Sayı: 16 Yıl:2022

International Refereed Journal of Engineering And Sciences
January / February / March / April Winter Spring Semester Number: 16 Year:2022

ID:20 K:33

(ISO 18001-OH-0090-13001706 / ISO 14001-EM-0090-13001706 / ISO 9001-QM-0090-13001706 / ISO 10002-CM-0090-13001706)

(MARKA PATENT NO: TRADEMARK)

(2015/04066- 2015-GE-17837)

Issn Print: 2148-4783 Online: 2149-2484

GİRİŞ

İnsanın ve toplumların barınma ihtiyacı hep olagelmiş ve sosyal hayatın gereği olarak barınma, savunma, eğitim, ulaşım, sağlık, ticaret vb gereksinimleri için yapılar inşa edilmektedir. Sürdürülebilir ve tabiat şartları ile uyumlu yapılaşma insanların ve toplumların sosyo-ekonomik ve teknolojik gelişmişlik seviyelerinin de bir göstergesi olarak kabul edilmektedir. Yaşadığımız coğrafyada, yapılarımızın güvenliğini ve sürdürülebilirliğini tehdit eden birçok faktörden biri de depremlerdir. Hasar gören yapılar ve maddi-manevi kayıplar ülkemizin dünyanın en aktif deprem kuşaklarından biri üzerinde olduğu gerçeğini her defasında göstermektedir. Yaşadığımız depremlerden sonra deprem yönetmeliklerinde yapılan değişiklikler, gelişen yapım yöntemleri, nitelikli işgücü ve malzeme kullanımı ile olumlu yönde mesafe aldığımız açıktır.

AMAÇ

Mevcut yapı stokumuzda sağlıksız ve güven-siz pek çok yapı hayatımızı tehdit etmektedir. Hem mevcut yapıların hem de yeni inşa edilecek yapıların sağlığını belirlemek ve izlemek son yıllarda öne çıkan bir çalışma alanı olmuştur. Önemli binaların yapı sağlığı sürekli izlenerek, olası değişimlerini belirlemek, yapıya hasar verebilecek etkenleri

ortadan kaldırmak olası kayıpları önleyecektir. Ancak yapı sağlığının sürekli izleme maliyetinin yüksek olması ve değerlendirmeleri yapacak nitelikli teknik elemanlara ihtiyaç duyulması uygulamayı zorlaştırmaktadır. Bu yüzden yapı sağlığı izleme yöntemleri tarihi yapılar ve yüksek yapılarla sınırlı kalmaktadır.

KAPSAM

Yapıların dinamik özelliklerinden olan doğal frekanslar, mod şekilleri ve sönüm oranlarının belirlenmesinde *Deneyisel Modal Analiz Yöntemi* ve *Operasyonel Modal Analiz Yöntemi* yaygın olarak kullanılmaktadır. Deneyisel modal analiz yönteminde yapı bilinen bir etki ya da titreştirici ile uyarılmakta, operasyonel modal analiz yönteminde ise yapı çevresel etkiler (rüzgar, taşıt, vb.) ile uyarılmaktadır. Birçok Mühendislik alanında uygulanabilen deneyisel modal analiz yöntemi çalışmalarları 1940'lı yıllara dayanmaktadır. Demiryollarında raylar titreştirilerek hasarları belirlemek ve uçak parçalarının dinamik karakteristiklerini belirlemek için kullanılmaya başlanmıştır. Bu yöntemler özellikle tarihi yığma yapıların değerlendirilmesinde oldukça etkili olmaktadır. Betonarme ve çelik yapılara göre homojen olmayan içyapıları nedeni ile taş, tuğla ve bağlayıcı harç malzemenin modellenmesi oldukça zordur. Bu tür yapıların



UHMFD

www.hmfdergisi.com.tr

Uluslararası Hakemli Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi
Ocak / Şubat / Mart / Nisan Kış İlkbahar Dönemi Sayı: 16 Yıl:2022
International Refereed Journal of Engineering And Sciences

January / February / March / April Winter Spring Semester Number: 16 Year:2022
ID:20 K:33

(ISO 18001-OH-0090-13001706 / ISO 14001-EM-0090-13001706 / ISO 9001-QM-0090-13001706 / ISO 10002-CM-0090-13001706)

(MARKA PATENT NO: TRADEMARK)

(2015/04066- 2015-GE-17837)

Issn Print: 2148-4783 Online: 2149-2484

incelenmesinde ya malzeme yapısını homojenleştirme gibi basitleştirici kabuller yapılmakta ya da tüm bileşenler detaylı olarak modele dahil edilmektedir. Bayraktar ve diğ., (2007: 1-2, 2008: 2) yığma taş minarelerin ve tarihi İskenderpaşa camisinin yapı güvenliğini belirlemek amacıyla operasyonel modal analiz yöntemini kullanarak hasar tespiti ve iyileştirme çalışmaları yapılmışlardır. Yapıtları deneysel çalışmalar ile sonlu eleman yöntemiyle elde ettikleri sonuçları karşılaştırmışlardır. Betonarme bir yapının farklı yapım aşamalarında, dinamik karakteristiklerinin nasıl değişim gösterdiğini irdelemişler, alınan ölçümlerin hasar değerlendirmede kullanılabileceğini belirtmişlerdir (Bayraktar ve diğ., 2010: 8-9).

Türker (2011: 204) çevrel titreşimler altında deneysel olarak ölçülen dinamik karakteristikleri yapıların hasar durumlarının tespitinde ve değerlendirilmesinde kullanmışlardır. Bu yaklaşım, yapıların hasarsız ve hasarlı durumları için çevrel titreşimler altında dinamik karakteristiklerinin ölçülmesini, analitik modellerinin başlangıç durumuna göre kalibre edilmesini ve hasarlı duruma göre güncellenmesini içermektedir. Yapıların hasar durumlarının değerlendirilmesinde, analitik modellerin yapının gerçek davranışını temsil edecek şekilde oluşturulması çok önemlidir.

Beyen., (2007: 778-787) 1999 Marmara depremindedir hasar gören İstanbul Fatih camiinde hasar tespiti için yaptığı çalışmada, çevresel titreşim yöntemi ile yapının dinamik karakteristiklerini belirlemiş ve bu veriler ışığında onarım ve güçlendirme yapılması gerektiğini vurgulamıştır. Bu çalışmada caminin tarihi eser olması dolayısıyla ile hasarsız bir yöntem olan çevresel titreşimler kullanılarak yapıya zarar vermeden yapının dinamik karakteristikleri belirlemişlerdir.

Çalık ve diğ., (2013: 2-3) Rize, Gülbahar Camii için çevrel etkilerle yapının dinamik karakteristiklerini elde etmiş, güçlendirme önerilerinde bulunmuşlardır. Tarihi yapıların yapı sağlıklarının sürekli izlenmesi gerektiğini vurgulamışlardır.

Güneş ve diğ., (2011: 1-8) tek katlı tek açıklıklı betonarme çerçeve modeli üzerinde hasarsız durum ve kiriş-kolon uçlarında elastisite modülünü %25 ve %50 azaltarak iki farklı hasar durumunu simule ederek, hasarsız ile hasarlı yapı sonuçlarını karşılaştırmışlardır. Belirleyici niteliğe-dayalı yöntemlerden olan titreşim frekanslarına dayalı ölçütlerin kullanılmasını önermişlerdir.

Yetkin, M., (2016: 56) yaptığı çalışmada 5 katlı betonarme bir yapının dinamik karakteristiklerini operasyonel modal analiz yöntemi ile çevresel titreşimleri kullanarak



UHMFD

www.hmfdergisi.com.tr

Uluslararası Hakemli Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi
Ocak / Şubat / Mart / Nisan Kış İlkbahar Dönemi Sayı: 16 Yıl:2022

International Refereed Journal of Engineering And Sciences
January / February / March / April Winter Spring Semester Number: 16 Year:2022

ID:20 K:33

(ISO 18001-OH-0090-13001706 / ISO 14001-EM-0090-13001706 / ISO 9001-QM-0090-13001706 / ISO 10002-CM-0090-13001706)

(MARKA PATENT NO: TRADEMARK)

(2015/04066- 2015-GE-17837)

Issn Print: 2148-4783 Online: 2149-2484

belirlemiştir. Deneysel verilerden yararlanarak yapının sonlu eleman modelini iyileştirmiş ve yapı sayısal modelini oluşturmuştur.

ARAŞTIRMANIN YÖNTEMİ

Bu çalışmada, kullanılan yöntem, yapı sağlığını sürekli izleme için gerekli yüksek maliyetleri azaltan, yapıların depremler sonrası değerlendirmesini kolaylaştıran bir yöntem olarak ortaya çıkmaktadır. Bu uygulama, deprem sonrası yapı hasarlarını hızlı belirlemek veya yapının mevcut durumunu değerlendirmek için kolaylıkla kullanılabilir. Bu yöntem, yapının hasarsız durumu ile hasar görmüş veya taşıyıcı sistemi değiştirilmiş durumundaki serbest titreşim periyotları ve sönüm oranlarının karşılaştırılması esasına dayanmaktadır. Deneysel modal analiz yöntemi kullanılarak model yapı üzerinde belirlenen hasar senaryolarına göre ivme verileri toplanmış ve veriler işlenmiştir. Ayrıca yapı modeli sonlu eleman yöntemini esas alan SAP2000 yapı analizi programı (SAP2000, 2011) ile de modellenerek hasarsız ve hasarlı durumlar için yapı dinamik davranışı incelenmiştir. Her iki yöntemle elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır.

ARAŞTIRMANIN KISITLARI

Yapı hasarlarının depremden hemen sonra, hızlı ve doğru şekilde belirlenmesi daha

büyük can ve mal kayıplarının önüne geçilmesi açısından çok önemlidir. Hasarların sınıflandırılmasında farklı uygulamalar olmakla birlikte genellikle hasar yok, hafif hasar, orta hasar, ağır/çok ağır hasar olarak dört grupta toplanabilir. (Celep ve diğ., 2004: 498).

Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğinde (TBDY 2018) bina performans düzeyleri için dört düzey tanımlanmıştır. Bunlar, taşıyıcı sistem elemanlarında yapısal hasarın olmadığı kesintisiz kullanım (KK) performans düzeyi, taşıyıcı sistem elemanlarında sınırlı düzeyde hasarın olduğu, doğrusal olmayan davranış sınırlı kaldığı sınırlı hasar (SH) performans düzeyi, taşıyıcı sistem elemanlarında çok ağır olmayan, onarılması mümkün olan hasarın olduğu kontrollü hasar (KH) performans düzeyi ve taşıyıcı sistem elemanlarında ileri düzeyde ağır hasarın olduğu, göçme öncesi durumu gösteren göçmenin önlenmesi (GÖ) performans düzeyidir (TBDY 2018: 17). Tanımlanan performans düzeylerine bağlı olarak da mevcut çelik binalarda hesaplanan eleman uç dönmeleri için izin verilen sınır değerleri EK 5C’de verilmiştir (TBDY 2018: 99). Verilen bağıntılara göre her bir performans düzeyi için izin verilen kesit dönme açısı sınırları hesaplanmış Tablo 1. ve Şekil 1.’de verilmiştir.



UHMFD

www.hmfdergisi.com.tr

Uluslararası Hakemli Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi
Ocak / Şubat / Mart / Nisan Kış İlkbahar Dönemi Sayı: 16 Yıl:2022

International Refereed Journal of Engineering And Sciences
January / February / March / April Winter Spring Semester Number: 16 Year:2022

ID:20 K:33

(ISO 18001-OH-0090-13001706 / ISO 14001-EM-0090-13001706 / ISO 9001-QM-0090-13001706 / ISO 10002-CM-0090-13001706)

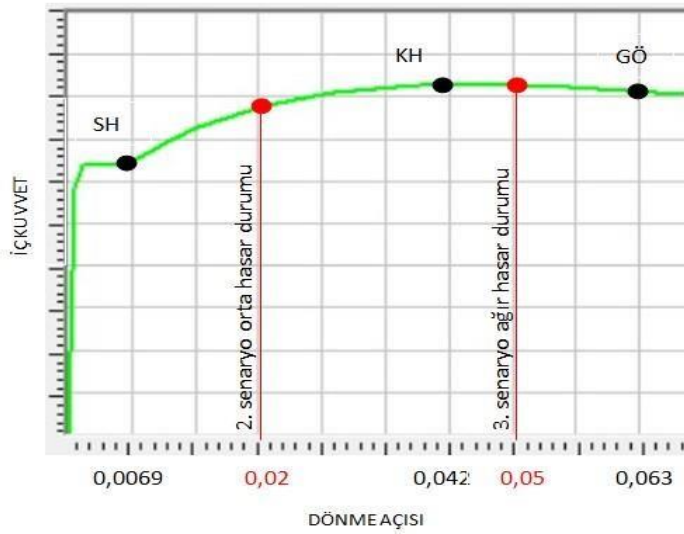
(MARKA PATENT NO: TRADEMARK)

(2015/04066- 2015-GE-17837)

Issn Print: 2148-4783 Online: 2149-2484

Tablo 1. Model Yapıya Ait Performans Seviyelerine Bağlı Kesit Plastik Dönme Açısı Sınırları (TBDY 2018: 99)

Kesit plastik dönme açısı sınır değerleri (rad)			
Kolonlar	SH	KH	GÖ
Süneklik Düzeyi Yüksek	1 $\theta_y = 0.0069$	6 $\theta_y = 0.042$	9 $\theta_y = 0.063$



Şekil 1. Hasar Senaryoları ile TBDY 2018’de Verilen Dönme Açıları Arasındaki İlişki

Hasar Senaryoları: Yapılan çalışmada, birinci senaryo olarak hasarsız durum, ikinci senaryo olarak orta hasarlı durum ve üçüncü senaryo olarak da ağır hasarlı durum olmak üzere üç farklı hasar senaryosu belirlenmiştir. Belirlenen hasar senaryoları ile TBDY2018’de verilen performans seviyelerine bağlı kesit dönme açısı sınır değerleri

arasındaki ilişki Şekil 2’de verilmiştir. Hasarların kolonların alt uçlarında meydana geldiği kabul edilmiştir. Bununla ilişkili olarak kolonların alt ucu, birinci senaryoda tam tutulu, ikinci senaryoda $\theta_y = 0,02$ rad, ve üçüncü senaryoda $\theta_y = 0,05$ rad dönmesine izin verilerek hasarlar simule edilmiştir. Orta ve ağır hasar gruplarında model yapının bir kolonu, iki



UHMFD

www.hmfdergisi.com.tr

Uluslararası Hakemli Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi
Ocak / Şubat / Mart / Nisan Kış İlkbahar Dönemi Sayı: 16 Yıl:2022

International Refereed Journal of Engineering And Sciences
January / February / March / April Winter Spring Semester Number: 16 Year:2022

ID:20 K:33

(ISO 18001-OH-0090-13001706 / ISO 14001-EM-0090-13001706 / ISO 9001-QM-0090-13001706 / ISO 10002-CM-0090-13001706)

(MARKA PATENT NO: TRADEMARK)

(2015/04066- 2015-GE-17837)

Issn Print: 2148-4783 Online: 2149-2484

kolonu ve üç kolonunun hasar gördüğü kabul-lerine göre davranış incelenmiştir.

ARAŞTIRMANIN PROBLEMİ

DeneySEL Çalışma: DeneySEL olarak yapılan bu çalışma üç iş paketi olarak planlanmıştır. Birincisi deneylerde kullanılacak fiziki yapı modelinin hazırlanması, ikincisi titreşim deneyleri ile model yapı üzerinden ivme kayıtlarının veri toplama cihazı ile alınması, üçüncüsü de alınan verilerin yazılımlar ile değerlendirilmesidir.

Deney setinin bileşenleri, çelik model yapı, titreştirici, ivmeölçer, veri toplama cihazı ve veri işleme yazılımı olarak beş başlık altında toplamak mümkündür. Model yapı, çelik malzeme ile üç boyutlu, tek katlı ve tek açıklıklı olarak tasarlanmıştır. Çelik kolonlar alt üst başlarından çelik levhalara çift köşebent ve cıvata-somun ile bağlanmış, tam

ankastrelik oluşturulmuştur. Rijit diyafram- lar, 250x350x4 mm boyutlarında iki adet çelik levhadan, kolonlar 350x35x1 mm boyutlarında C75 yay çeliğinden ($E=200$ GPa) ve bağlantı elemanları kolonları rijit diyafram- lara bağlayan çift köşebent, cıvata-somunlar- dan oluşmaktadır (Şekil 2.). Üç boyutlu model yapının sadece uzun doğrultuda salınımlar yapabilecek şekilde kolon kesiti tasarlanarak burulma etkileri ortadan kaldırılmıştır. Modeli tahrik etmek için kat hizasında 40 mm lik bir başlangıç yer değiştirmesi verilmiştir. Verilerin toplanmasında Sensebox7001 ivmeölçer ve 24 bit Testbox 2010 veri toplama cihazı kullanılmıştır (Şekil 2.). Toplanan verilerin işlenmesinde mühendislik alanında yaygın olarak kullanılan Seismosignal yazılımı kullanılmıştır. Veriler bandpass yöntemi ile filtrelenmiş, 1 Hz'den küçük ve 10 Hz'den büyük olan titreşimler gürültü olarak kabul edilmiştir.



Şekil 2. Model Yapı, Test Düzeni ve Veri Toplama Cihazı



UHMFD

www.hmfdergisi.com.tr

Uluslararası Hakemli Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi
Ocak / Şubat / Mart / Nisan Kış İlkbahar Dönemi Sayı: 16 Yıl:2022

International Refereed Journal of Engineering And Sciences
January / February / March / April Winter Spring Semester Number: 16 Year:2022

ID:20 K:33

(ISO 18001-OH-0090-13001706 / ISO 14001-EM-0090-13001706 / ISO 9001-QM-0090-13001706 / ISO 10002-CM-0090-13001706)

(MARKA PATENT NO: TRADEMARK)

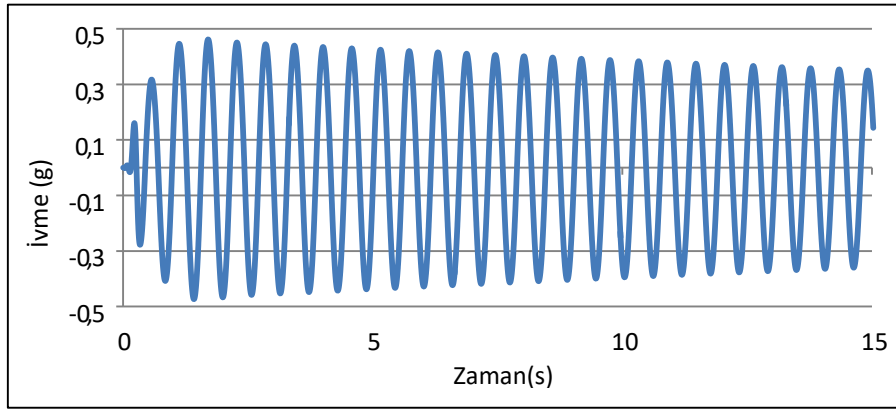
(2015/04066- 2015-GE-17837)

Issn Print: 2148-4783 Online: 2149-2484

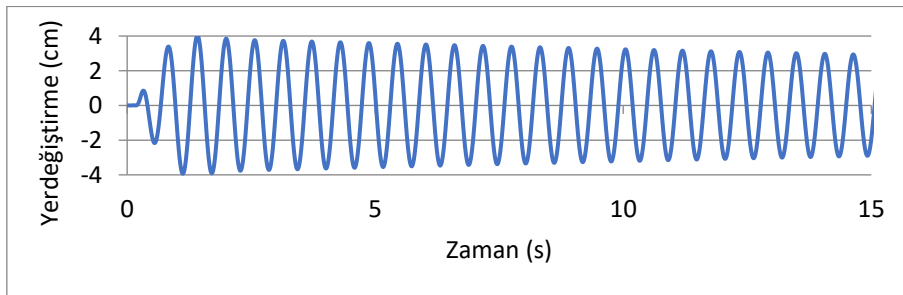
BULGULAR

Senaryo 1. Hasarsız Durum: Model yapının kolon uçları rijit diyaframa ankastre olarak bağlanmıştır. Yapıyı tahrik etmek için kat hizasından 40 mm. başlangıç yer değiştirmesi verilerek serbest titreşime bırakılmıştır. Yapı üzerine yerleştirilen ivmeölçer ile 50 sn

boyunca ivmeler kaydedilmiştir. Seismosig-nal yazılımı kullanılarak ivme kayıtları filtre edilmiş ivmelerin zamanla değişimi Şekil 3.'de ve yer değiştirmelerin zamanla değişimi Şekil 4.'de, Hızlı Fourier Transformu (FFT) yapılarak frekans değişimleri Şekil 5.'de grafikler halinde verilmiştir.



Şekil 3. Hasarsız Duruma Ait İvmelerin Zamanla Değişimi



Şekil 4. Hasarsız Duruma Ait Yer Değiştirmelerin Zamanla Değişimi



UHMFD

www.hmfdergisi.com.tr

Uluslararası Hakemli Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi

Ocak / Şubat / Mart / Nisan Kış İlkbahar Dönemi Sayı: 16 Yıl:2022

International Refereed Journal of Engineering And Sciences

January / February / March / April Winter Spring Semester Number: 16 Year:2022

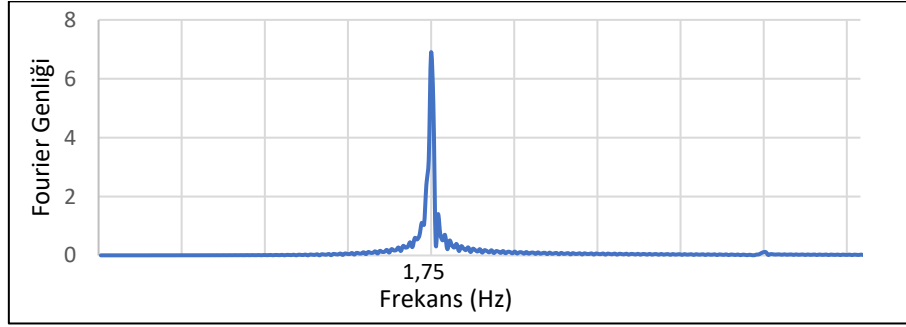
ID:20 K:33

(ISO 18001-OH-0090-13001706 / ISO 14001-EM-0090-13001706 / ISO 9001-QM-0090-13001706 / ISO 10002-CM-0090-13001706)

(MARKA PATENT NO: TRADEMARK)

(2015/04066- 2015-GE-17837)

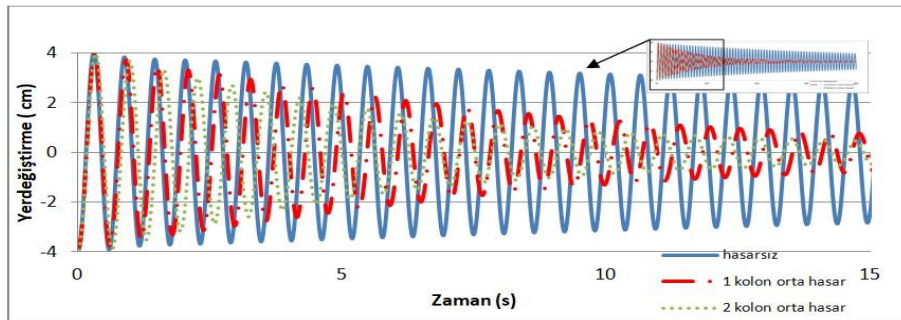
Issn Print: 2148-4783 Online: 2149-2484



Şekil 5. Hasarsız Duruma Ait İvme Spektrumu

Senaryo 2. Orta Hasar Durumu: Orta hasarı modellemek için, önce bir kolonun alt ucuna bağlantı elemanı köşebentleri arasına yatay hareketi engelleyen, kolon ucunun ise 0.02 rad dönmesine izin verecek şekilde kauçuk parça yerleştirilmiştir. Hasarsız durumda yapıldığı gibi kat hizasından 40 mm. başlangıç yer değiştirmesi verilerek serbest titreşime bırakılmış, ivmeler kaydedilmiş,

kaydedilen ivmeler filtre edilmiş, ivme-zaman, yer değiştirme-zaman ve frekans değişimleri grafikleri elde edilmiştir. Aynı işlemler iki kolonun ve daha sonra çapraz iki kolonun hasar görmesi kabullerine göre tekrarlanmıştır. Sayfa sınırlaması nedeni ile Şekil 6.'da sadece yer değiştirmelerin zamanla değişimi, Tablo 2.'de serbest titreşim periyotları verilmiştir.



Şekil 6. Orta Hasar Durumuna Ait Yer Değiştirmelerin Zamanla Değişimi



UHMFD

www.hmfdergisi.com.tr

Uluslararası Hakemli Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi
Ocak / Şubat / Mart / Nisan Kış İlkbahar Dönemi Sayı: 16 Yıl:2022

International Refereed Journal of Engineering And Sciences
January / February / March / April Winter Spring Semester Number: 16 Year:2022

ID:20 K:33

(ISO 18001-OH-0090-13001706 / ISO 14001-EM-0090-13001706 / ISO 9001-QM-0090-13001706 / ISO 10002-CM-0090-13001706)

(MARKA PATENT NO: TRADEMARK)

(2015/04066- 2015-GE-17837)

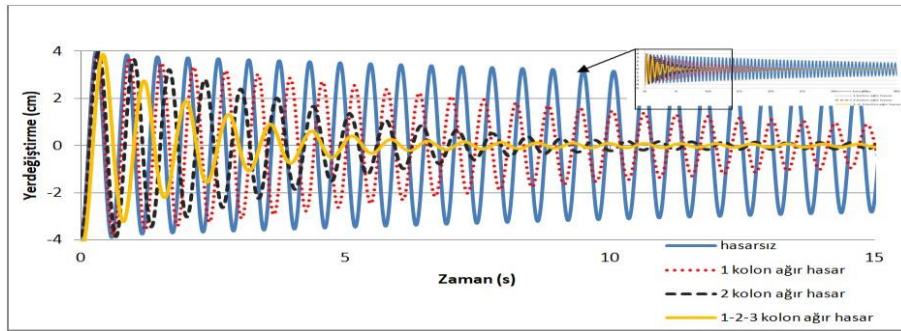
Issn Print: 2148-4783 Online: 2149-2484

Tablo 2. Orta Hasarlı Durumuna Ait Serbest Titreşim Periyotları ve Değişim Oranları

Senaryo 2.	Frekans (hz)	Periyot (s)	% Değişim
<i>Hasarsız durum</i>	1.754	0.57	-
<i>1 Kolon orta hasar durumu</i>	1.724	0.58	1.754
<i>2 Çapraz kolon orta hasar durumu</i>	1.635	0.61	6.557
<i>2 Kolon orta hasar durumu</i>	1.587	0.63	9.523

Senaryo 3. Ağır Hasar Durumu: Ağır hasarlı kolonları modellemek için, kolonların alt ucuna bağlantı elemanı köşebentleri arasına, yatay hareketi engelleyen, ama kolon ucunun 0.05 rad dönmesine izin verecek şekilde düzenleme yapılmıştır. Hasarsız ve orta hasarlı durum için yapılan deneyde olduğu gibi kat hizasından 40 mm. başlangıç yer değiştirmesi verilerek serbest titreşime

bırakılmış, ivmeler kaydedilmiş, kaydedilen ivmeler filtre edilmiş, ivme-zaman, yer değiştirme-zaman ve frekans değişimleri elde edilmiştir. Aynı işlemler iki kolonun, üç kolonun ve daha sonra çapraz iki kolonun hasar görmesi kabullerine göre tekrarlanmıştır. Yer değiştirmelerin zamanla değişimi Şekil 7.'de, serbest titreşim periyotları Tablo 3.'de verilmiştir.



Şekil 7. Ağır Hasar Durumuna Ait Yer Değiştirmelerin Zamanla Değişimi



UHMFD

www.hmfdergisi.com.tr

Uluslararası Hakemli Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi
Ocak / Şubat / Mart / Nisan Kış İlkbahar Dönemi Sayı: 16 Yıl:2022

International Refereed Journal of Engineering And Sciences
January / February / March / April Winter Spring Semester Number: 16 Year:2022

ID:20 K:33

(ISO 18001-OH-0090-13001706 / ISO 14001-EM-0090-13001706 / ISO 9001-QM-0090-13001706 / ISO 10002-CM-0090-13001706)

(MARKA PATENT NO: TRADEMARK)

(2015/04066- 2015-GE-17837)

Issn Print: 2148-4783 Online: 2149-2484

Tablo 3. Ağır Hasar Durumuna Ait Serbest Titreşim Periyotları ve Değişim Oranları

Senaryo 3	Frekans (Hz)	Periyot (s)	% Değişim
<i>Hasarsız durum</i>	1.754	0.57	-
<i>1 kolon ağır hasar durumu</i>	1.639	0.61	6.557
<i>2 kolon ağır hasar durumu</i>	1.492	0.67	14.925
<i>3 kolon ağır hasar durumu</i>	1.298	0.77	25.974

Model Yapı Sonlu Elemanlar Modeli: Deney sonuçları ile uyumlu sayısal model üretmek amacı ile SAP2000 sonlu eleman yazılımı kullanılarak model yapı sonlu eleman modeli oluşturulmuştur. Sonlu eleman modelinde deneylerde kullanılan yapının malzeme ve geometrik özellikleri kullanılmıştır. Kolonlar, frame elemanlarla, rijit kat döşemesi Shell elemanlarla temsil edilmiştir (Şekil 8.). Her bir hasar senaryosu için kolon alt uçlarında mafsalları temsil eden yaylar tanımlanarak kısmi dönme serbestlikleri verilmiştir. Orta hasar durumu için tanımlanan yay katsayısı $k_{\theta y}=12000$ Nmm/rad, ağır hasar durumu için tanımlanan yay katsayısı $k_{\theta y}=1650$ Nmm/rad dır. Yay katsayıları; Tablo 1.'de verilen dönme değerlerini sağlayan, sonlu eleman modelinde kolon alt ucundaki tam bağılıkları kaldıran bir dönme yayı ($k_{\theta y}$) dır. Başlangıçta keyfi seçilen ($k_{\theta y}$) kesit dönmesi yay

katsayısı, dönme açısı 0.02 rad olana kadar birkaç defa değiştirilerek analiz tekrarlanmış ve $k_{\theta y}=12000$ Nmm/rad değeri bulunmuştur. Bu ($k_{\theta y}$) değerine göre yapı frekansı $f=1.724$ Hz., periyodu ise $T=0.58$ s (bir kolon orta hasarlı) hesaplanmıştır. Bu dönme miktarını model yapının orta hasarlı kolon uçunda gerçekleştirmek için ise; model yapının kolonlarını tam bağlayan köşebentlerden bir tanesi aralanarak, her iki tarafına 1'er mm kalınlığında kauçuk levhalar yerleştirilmiş ve serbest titreşim deneyi yapılmıştır. Deney sonucu, yapı frekansı $f=1.724$ Hz., periyodu ise $T=0.58$ s ye ulaşana kadar kauçuk levhanın kalınlığı değiştirilerek deney tekrarlanmıştır. Böylece yapı modelinde kolon alt ucunun 0.02 radyan dönmesi ve yapı frekansının da $f=1.724$ Hz. ($T=0.58$ s) olması sağlanmıştır. Bu işlem diğer hasar senaryoları için tekrarlanmıştır. Sonlu eleman analizlerinden elde



UHMFD

www.hmfdergisi.com.tr

Uluslararası Hakemli Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi
Ocak / Şubat / Mart / Nisan Kış İlkbahar Dönemi Sayı: 16 Yıl:2022

International Refereed Journal of Engineering And Sciences
January / February / March / April Winter Spring Semester Number: 16 Year:2022
ID:20 K:33

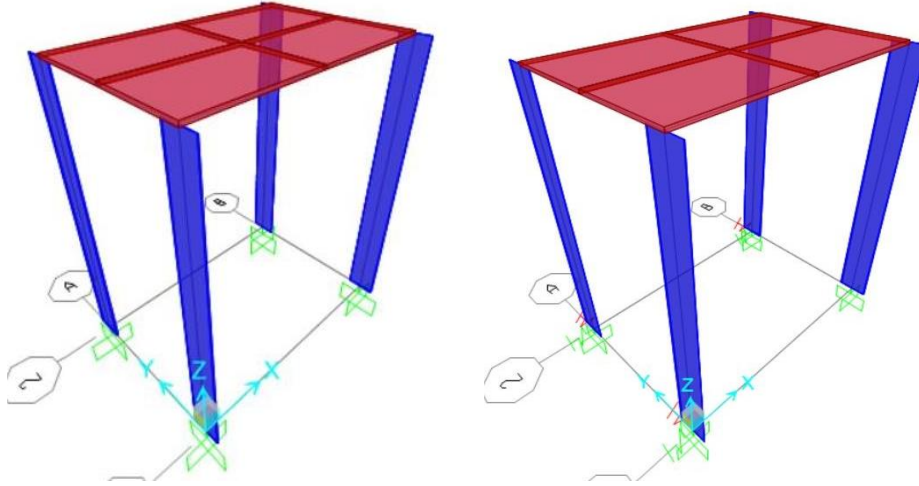
(ISO 18001-OH-0090-13001706 / ISO 14001-EM-0090-13001706 / ISO 9001-QM-0090-13001706 / ISO 10002-CM-0090-13001706)

(MARKA PATENT NO: TRADEMARK)

(2015/04066- 2015-GE-17837)

Issn Print: 2148-4783 Online: 2149-2484

edilen serbest titreşim periyotları ile deneylerden elde serbest titreşim periyotları Tablo 4.'de ve Tablo 5.'de verilmiştir.



Şekil 8. Hasarsız ve Hasarlı Model Yapıya Ait Sonlu Eleman Modeli

SONUÇ

Bu çalışma kapsamında mevcut yapıların dinamik karakteristiklerinin deneysel yöntemlerle belirlenerek hasar tespitinde kullanılabileceği gösterilmiştir. Sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak elde edilen sayısal sonuçlar ile deneylerden elde edilen sonuçlar

karşılaştırmalı olarak Tablo 4. ve Tablo 5.'de verilmiştir. Tablo 5.'de verildiği gibi deneysel ve sayısal sonuçlar arasında en büyük farkın % 4,41 olduğu görülmektedir. Bu sonuçlar sayısal modelin model deney sonuçlarını çok iyi yansıttığını göstermektedir. Tablo 6.'da yapı periyotların, hasarlı/hasarsız durumlara göre değişim oranları verilmiştir.



UHMFD

www.hmfdergisi.com.tr

Uluslararası Hakemli Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi
Ocak / Şubat / Mart / Nisan Kış İlkbahar Dönemi Sayı: 16 Yıl:2022

International Refereed Journal of Engineering And Sciences
January / February / March / April Winter Spring Semester Number: 16 Year:2022

ID:20 K:33

(ISO 18001-OH-0090-13001706 / ISO 14001-EM-0090-13001706 / ISO 9001-QM-0090-13001706 / ISO 10002-CM-0090-13001706)

(MARKA PATENT NO: TRADEMARK)

(2015/04066- 2015-GE-17837)

Issn Print: 2148-4783 Online: 2149-2484

Tablo 4. Orta Hasarlı Durumda Elde Edilen Serbest Titreşim Periyotları

Senaryo 2.	Periyot (s)	Periyot (s)	Değişim
	Deney sonucu	Sayısal analiz sonucu	(%)
<i>Hasarsız durum</i>	0.57	0.57	0.0
<i>1 kolon orta hasar durumu</i>	0.58	0.59	1.7
<i>2 çapraz kolon orta hasar durumu</i>	0.61	0.61	0.0
<i>2 kolon orta hasar durumu</i>	0.63	0.61	-3.1

Tablo 5. Ağır Hasar Durumunda Elde Edilen Serbest Titreşim Periyotları

Senaryo 3.	Periyot (s)	Periyot (s)	Değişim
	Deney sonucu	Sayısal analiz sonucu	(%)
<i>Hasarsız durum</i>	0.57	0.57	0.0
<i>1 kolon ağır hasar durumu</i>	0.62	0.61	-1.6
<i>2 kolon ağır hasar durumu</i>	0.68	0.67	1.5
<i>3 kolon ağır hasar durumu</i>	0.75	0.77	2.7
<i>2 çapraz kolon ağır hasar durumu</i>	0.68	0.65	-4.4



UHMFD

www.hmfdergisi.com.tr

Uluslararası Hakemli Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi

Ocak / Şubat / Mart / Nisan Kış İlkbahar Dönemi Sayı: 16 Yıl:2022

International Refereed Journal of Engineering And Sciences

January / February / March / April Winter Spring Semester Number: 16 Year:2022

ID:20 K:33

(ISO 18001-OH-0090-13001706 / ISO 14001-EM-0090-13001706 / ISO 9001-QM-0090-13001706 / ISO 10002-CM-0090-13001706)

(MARKA PATENT NO: TRADEMARK)

(2015/04066- 2015-GE-17837)

Issn Print: 2148-4783 Online: 2149-2484

Tablo 6. Hasar Durumuna Göre Yapı Periyotlarındaki Değişim

Senaryo	Periyot (sn)	% Değişim
<i>Hasarsız durum</i>	0.57	–
<i>1 kolon orta hasar durumu</i>	0.58	1.72
<i>2 çapraz kolon orta hasar durumu</i>	0.61	6.56
<i>2 kolon orta hasar durumu</i>	0.63	9.52
<i>1 kolon ağır hasar durumu</i>	0.61	6.56
<i>2 kolon ağır hasar durumu</i>	0.67	14.93
<i>3 kolon ağır hasar durumu</i>	0.77	25.97
<i>2 çapraz kolon ağır hasar durumu</i>	0.65	12.31

Bu çalışmada verilen sonlu eleman modeli sadece doğrulama amaçlı değil, hasarlı/hasarsız gerçek yapının davranışını belirlemede, hasarın tanımlanması ve modellenmesinde de kullanılmıştır.

Yapının yatay yer değiştirmeleri hem deneysel olarak, hem de sonlu eleman modeli ile incelenmiştir. Model yapının kat diyaframına 40 mm başlangıç yer değiştirmesi verilerek serbest salınımlara bırakılmış, ivmeölçer ile alınan kayıttan yapı tepe noktasının zamana bağlı yer değiştirmeleri deneysel olarak elde edilmiştir. Aynı davranış sonlu eleman modeli kullanılarak da elde edilmiştir. Sekiz

farklı hasar durumu için yapılan analiz sonuçlarından sadece iki tanesi, iki kolonda orta hasar ve iki kolonda ağır hasar olması durumu Şekil 9. ve Şekil 10.'da verilmiştir. Hasarlı/hasarsız gerçek yapıyı tam yansıtan bu sonlu eleman modeli ile yapının kat yer değiştirmeleri, taban kesme kuvvetleri veya kolon momentlerinin değişimi hesaplanabilir. Her iki analizde de deney sonuçları ile sonlu eleman sonuçlarının çok uyumlu olduğu görülmektedir. Ağır hasarlı durumda yer değiştirme genliklerinin orta hasarlıya göre daha hızlı azaldığı, oluşturulan plastik mafsallar sonucu daha büyük yapısal sönümlerin ve



UHMFD

www.hmfdergisi.com.tr

Uluslararası Hakemli Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi
Ocak / Şubat / Mart / Nisan Kış İlkbahar Dönemi Sayı: 16 Yıl:2022

International Refereed Journal of Engineering And Sciences
January / February / March / April Winter Spring Semester Number: 16 Year:2022

ID:20 K:33

(ISO 18001-OH-0090-13001706 / ISO 14001-EM-0090-13001706 / ISO 9001-QM-0090-13001706 / ISO 10002-CM-0090-13001706)

(MARKA PATENT NO: TRADEMARK)

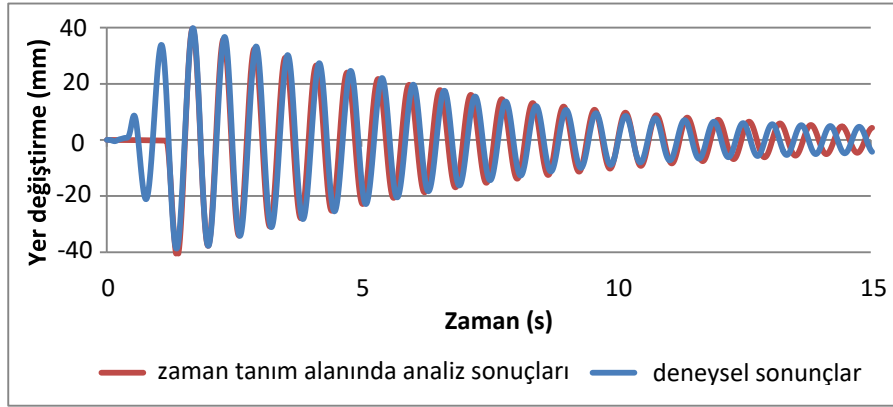
(2015/04066- 2015-GE-17837)

Issn Print: 2148-4783 Online: 2149-2484

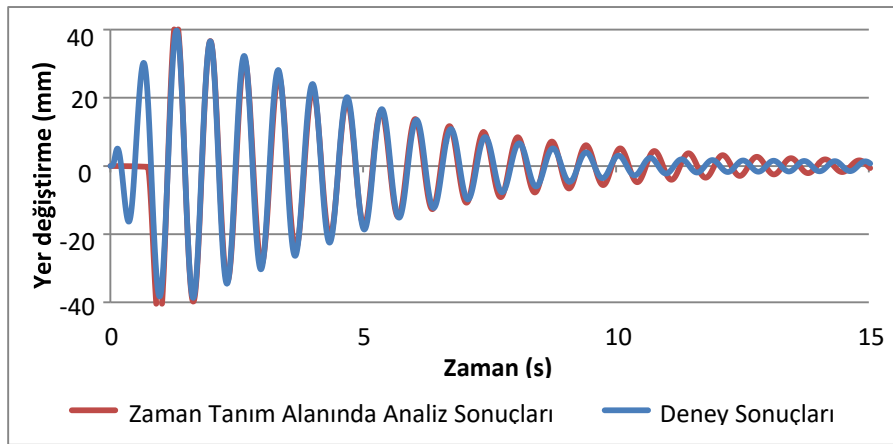
büyük titreşim periyodlarının ortaya çıktığı görülmektedir.

Yapılan deneysel ve sayısal analizlerden çıkan sonuçların birbiri ile uyumlu olduğu, sonlu eleman yöntemi ile oluşturulan modelin model yapıyı (gerçek yapı) yansıttığı ve bu model kullanılarak model yapıya ait eğilme

momenti, taban kesme kuvveti ve tepe noktası yer değiştirmeleri hesaplanabilir. Tablo 6. incelendiğinde hasarsız duruma göre, yapı periyodunda %10'a kadar meydana gelen artışın orta hasar olarak değerlendirilebileceği, yapı periyodunda %10-30 aralığında meydana gelen artışın ağır hasar olarak değerlendirilebileceği sonucu çıkarılmıştır.



Şekil 9. İki Kolonda Orta Hasar Durumu, Yer Değiştirmelerin Zamanla Değişimi



Şekil 10. İki Kolonda Ağır Hasar Durumu, Yer Değiştirmelerin Zamanla Değişimi



UHMFD

www.hmfdergisi.com.tr

Uluslararası Hakemli Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi
Ocak / Şubat / Mart / Nisan Kış İlkbahar Dönemi Sayı: 16 Yıl:2022

International Refereed Journal of Engineering And Sciences
January / February / March / April Winter Spring Semester Number: 16 Year:2022

ID:20 K:33

(ISO 18001-OH-0090-13001706 / ISO 14001-EM-0090-13001706 / ISO 9001-QM-0090-13001706 / ISO 10002-CM-0090-13001706)

(MARKA PATENT NO: TRADEMARK)

(2015/04066- 2015-GE-17837)

Issn Print: 2148-4783 Online: 2149-2484

Elde edilen bu sonuçların uygulanabilmesi için, gerçek yapının yapım sonrası, hasarsız durumda, deneysel modal analiz veya operasyonel modal analiz yöntemlerinden biri kullanılarak titreşim periyotları belirlenmelidir. Yapının deprem gibi aşırı yüklere maruz kaldığı durumda da tekrar dinamik karakteristikleri belirlenerek hasarsız durum ile karşılaştırılarak değişim yüzdelerine göre hasar sınıfı belirlenebilir. Özellikle çelik, sanayi yapılarında bağlantı elemanlarının tamamının kontrolünün zaman alıcı ve yorucu olduğu göz önünde bulundurulursa, hasar tespitlerinde hızlı bir yöntem olarak kullanılabilir.

YAZARLARIN NOTU

Bu çalışma *İnşaat Mühendisi* Ömer SEMİZ'in, *Dr. Öğretim Üyesi* Zeki ÖZCAN danışmanlığında, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü'nde tamamladığı Yüksek Lisans Tezinden geliştirilerek hazırlanmıştır.

KAYNAKÇA

BAYRAKTAR, A., ALTUNIŞIK, A.C., SEVİM, B., TÜRKER, T., AKKÖSE, M., COŞKUN, N., (2008). Modal Analysis, Experimental Validation and Calibration of a Historical Masonary Minaret, Journal of Testing and Evolution, 36, 6, ss.516-524

BAYRAKTAR, A., SEVİM, B., ALTUNIŞIK, A.C., TÜRKER, T., (2007). Tarihi Yığma Minarelerin Deprem Güvenliklerinin Operasyonel Modal Analiz Yöntemiyle Belirlenmesi, Tarihi Eserlerin Güçlendirilmesi ve Geleceğe Güvenle Devredilmesi Sempozyumu-1 Bildiriler Kitabı, ss.415-428

BAYRAKTAR, A., TÜRKER, T., ALTUNIŞIK, A., SEVİM, B., ŞAHİN, A., ÖZCAN, D.M., (2010). Binaların Dinamik Parametrelerinin Operasyonel Analiz Yöntemiyle Belirlenmesi

BEYEN, K., (2007). 17 Ağustos 1999 Kocaeli Depreminde Hasar Alan Fatih Camii'nin Dinamik Karakteristiklerinin Tanımlanması, 6. Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, İstanbul, 778-787

CELEP, Z., KUMBASAR, N., (2004) Deprem Mühendisliğine Giriş, İstanbul, Türkiye: Beta Dağıtım, s.498

ÇALIK, İ., BAYRAKTAR, A., TÜRKER, T., (2013). Tarihi Yığma Yapıların Dinamik Karakteristiklerine Restorasyon Etkisinin Çevresel Titreşim Yöntemiyle Belirlenmesi: Rize Merkez Büyük Gülbahar Camisi Örneği. 2.Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, Hatay



UHMFD

www.hmfdergisi.com.tr

Uluslararası Hakemli Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi
Ocak / Şubat / Mart / Nisan Kış İlkbahar Dönemi Sayı: 16 Yıl:2022

International Refereed Journal of Engineering And Sciences
January / February / March / April Winter Spring Semester Number: 16 Year:2022

ID:20 K:33

(ISO 18001-OH-0090-13001706 / ISO 14001-EM-0090-13001706 / ISO 9001-QM-0090-13001706 / ISO 10002-CM-0090-13001706)

(MARKA PATENT NO: TRADEMARK)

(2015/04066- 2015-GE-17837)

Issn Print: 2148-4783 Online: 2149-2484

GÜNEŞ, B., GÜNEŞ, O., ANDIÇ, H.İ.,
(2011). Titreşim Verileri Kullanılarak
Deprem Sonrası Hasar Tespiti: Son Ge-
leşmeler ve Güncel Araştırmalar, 1. Tür-
kiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji
Konferansı, Ankara

SAP2000 (2011). Structural Analysis Prog-
ram, Computers and Structures, Inc.,
v.17.0.0., Berkeley: CA: USA

TÜRKER, T., (2011). Çevresel Titreşim Ve-
rileri Kullanılarak Yapıların Hasar Du-
rumlarının Tespiti ve Değerlendirilmesi

Karadeniz Teknik Üniversitesi, FBE, İn-
şaat Mühendisliği Bölümü, Doktora Tezi

**TÜRKİYE BİNA DEPREM YÖNETME-
LİĞİ (2018).** T.C. İçişleri Bakanlığı,
Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkan-
lığı-AFAD, Türkiye, 99

YETKİN, M., (2016). Betonarme Yapıların
Çevresel Titreşim Verileri Kullanılarak
Dinamik Davranışının İncelenmesi. Fırat
Üniversitesi, FBE, İnşaat Mühendisliği
Bölümü, Yüksek Lisans Tezi



UHMFD

www.hmfdergisi.com.tr

Uluslararası Hakemli Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi

Ocak / Şubat / Mart / Nisan Kış İlkbahar Dönemi Sayı: 16 Yıl:2022

International Refereed Journal of Engineering And Sciences

January / February / March / April Winter Spring Semester Number: 16 Year:2022

ID:20 K:33

(ISO 18001-OH-0090-13001706 / ISO 14001-EM-0090-13001706 / ISO 9001-QM-0090-13001706 / ISO 10002-CM-0090-13001706)

(MARKA PATENT NO: TRADEMARK)

(2015/04066- 2015-GE-17837)

Issn Print: 2148-4783 Online: 2149-2484

EXTENDED ABSTRACT

Introduction: As a requirement of social life, buildings are built for the needs of protection, education, transportation, health, trade, etc. Sustainable construction has been the expectation of people and societies. Earthquakes are one of the many factors that threaten the safety and sustainability of our buildings. **Aim:** Many unhealthy and unsafe buildings in our current building stock threaten our lives. Structural Health Monitoring of existing structures has become a prominent field of study. The structural health monitoring of important buildings will be continuous and determining possible changes will prevent potential losses. However, the high cost of constant monitoring of the building and the need for qualified technical personnel to make the evaluations make implementation difficult. Experimental Modal Analysis Method and Operational Modal Analysis Method are used to determine natural frequencies, mode shapes, and damping ratios, which are dynamic properties of structures. Experimental modal analysis, which can be applied in many engineering fields, dates back to the 1940s. Türker (2011: 204) used the experimentally measured dynamic characteristics under environmental vibrations to determine and evaluate the damage conditions of structures. This approach includes measuring the dynamic characteristics of structures under environmental vibrations for undamaged and damaged states, calibrating analytical models according to the initial state, and updating them according to the damaged state. Analytical models must be created to represent the actual behavior of the structure in the evaluation of the damage conditions of the structures. Güneş et al. (2011: 1-8) compared the results of undamaged and damaged structures on a single-story, single-span reinforced concrete frame model. They suggested using criteria-based on vibrational frequencies, which are characteristic-based methods. Yetkin, M. (2016: 56) determined the dynamic characteristics of a 5-story reinforced concrete structure using the operational modal analysis method with the environmental vibrations. Method: The method used in this study reduces the high costs required for continuous structural health monitoring of the building. It has not emerged as a method that facilitates the evaluation of buildings after earthquakes. This application can be easily used to determine the damage to the structure after an earthquake quickly or to evaluate the current state of the structures. This method is based on comparing free vibration periods and damping ratios in the undamaged state of the structure with the damaged or structural system modified. The experimental modal analysis method collected and processed accelerations on the model structure according to the damage scenarios. In addition,



UHMFD

www.hmfdergisi.com.tr

Uluslararası Hakemli Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi

Ocak / Şubat / Mart / Nisan Kış İlkbahar Dönemi Sayı: 16 Yıl:2022

International Refereed Journal of Engineering And Sciences

January / February / March / April Winter Spring Semester Number: 16 Year:2022

ID:20 K:33

(ISO 18001-OH-0090-13001706 / ISO 14001-EM-0090-13001706 / ISO 9001-QM-0090-13001706 / ISO 10002-CM-0090-13001706)

(MARKA PATENT NO: TRADEMARK)

(2015/04066- 2015-GE-17837)

Issn Print: 2148-4783 Online: 2149-2484

the structural model was modeled with the SAP2000 structural analysis program (SAP2000, 2011), which is based on the finite element method, and examined the dynamic behavior of the structure for undamaged and damaged cases. Compared the results obtained by both methods. The classification of damage can be grouped into four groups; no damage, light damage, medium damage, and heavy/hefty damage. (Celep, Z., Kumbasar, N., 2004: 498). In the Turkish Building Seismic Code (TBSC 2018), four levels are defined for building performance levels (TBDY 2018: 17). Depending on the defined performance levels, limit values are given for the element end rotations calculated in the existing steel buildings. For columns with high ductility level, $1 \theta_y = 0.0069$, $6 \theta_y = 0.042$, $9 \theta_y = 0.063$ rad for SH, KH and GÖ, respectively. In the study, three different damage scenarios were determined, the first scenario as no damage, the second scenario as medium damage, and the third scenario as severe damage. It is assumed that the damages occur at the lower ends of the columns. About this, damages are simulated by allowing the lower end of the columns to rotate fully in the first scenario, $\theta_y = 0.02$ rad in the second scenario, and $\theta_y = 0.05$ rad in the third scenario. This experimental study was planned as three work packages. The preparation of the physical structure model to be used in the experiments, the vibration experiments and the acceleration records of the model structure with the data collection device and the evaluation of the received data with software. The model structure was designed as a three-dimensional, single story, and single span with steel material. Steel columns are connected to steel plates, wholly suspended. The model structure has dimensions of 250x350x350 mm. The three-dimensional model structure can only oscillate in the long direction. An initial displacement of 40 mm is given at floor level to move the model. Used Sensebox7001 accelerometer and 24-bit Test box 2010 data collection device used to collect the data. Used Seismosignal software to process the collected data and the data were filtered by the band pass method. Findings and Results: Scenario 1, Undamaged Condition: The undamaged model structure was left to vibrate by giving an initial displacement of 40 mm from the floor level. The accelerations were recorded for 50 seconds with the accelerometer placed on the structure. Seismosignal software filtered the acceleration records were screened, and the variation of accelerations and displacements with time was obtained and given with graphs. Scenario 2, Moderate Damage: In the model with moderate damage, the lower end of the columns was given 0.02 rad of rotational freedom and the experiment was repeated. Scenario 3, Severe Damage: In the model with severe damage, the lower end of the columns was given 0.05 rad of rotational



UHMFD

www.hmfdergisi.com.tr

Uluslararası Hakemli Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi

Ocak / Şubat / Mart / Nisan Kış İlkbahar Dönemi Sayı: 16 Yıl:2022

International Refereed Journal of Engineering And Sciences

January / February / March / April Winter Spring Semester Number: 16 Year:2022

ID:20 K:33

(ISO 18001-OH-0090-13001706 / ISO 14001-EM-0090-13001706 / ISO 9001-QM-0090-13001706 / ISO 10002-CM-0090-13001706)

(MARKA PATENT NO: TRADEMARK)

(2015/04066- 2015-GE-17837)

Issn Print: 2148-4783 Online: 2149-2484

freedom, and the experiment was repeated. Obtained time-acceleration, time-displacement, and frequency changes by processing the recorded accelerations. In addition, we modeled the model structure with SAP2000 finite element software package. Frame elements represent columns and shell elements represent floor slabs. According to each damage scenario, the lower ends of the column are given freedom of rotation by springs. With this study, it has been shown that the dynamic characteristics of existing structures can be determined by experimental methods and used in damage detection. The numerical results obtained using the finite element method and the results obtained from the experiments are given comparatively. The most significant difference between experimental and numerical results is 4.41%. These results show that the numerical model reflects the model experiment results well. The results obtained from the experimental and numerical analyses seem to be compatible. Since the finite element model reflects the actual structure, bending moment, base shear force, and displacements of the actual structure can be calculated using this model. When the results are examined, period increments up to 10% in the natural period are considered moderate damage, according to the undamaged condition. It has been concluded that the period increments occurring in the range of 10-30% in the natural period will also be considered heavy damage. To apply these methods to actual structures should determine the existing structure's natural vibration periods and damping ratio in the undamaged condition after the construction. If the building is exposed to excessive loads such as earthquakes, its dynamic characteristics are determined again. The damage class can be determined according to the change percentages by comparing it with the undamaged condition. It can be used as a fast method for damage detection, especially in steel industrial structures where the control of all fasteners is time-consuming.

NONLINEAR FINITE ELEMENT ANALYSIS OF MECHANICALLY ANCHORED REINFORCED STEEL I BEAMS ⁽¹⁾

MEKANİK ANKRAJ İLE GÜÇLENDİRİLMİŞ ÇELİK I KİRİŞLERİN DOĞRUSAL OLMAYAN SONLU ELEMAN ANALİZİ

Abdul Majeed QARIZADA¹, Yusuf SÜMER²¹Sakarya Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Sakarya / Türkiye²Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Sakarya / TürkiyeORCID ID: 0000-0002-0653-8034¹, 0000-0002-9314-1640²

Öz: Amaç: Çelik yapı elemanları araç çarpması, yangın, yorulma, çürüme, nem vb. birçok durumda dayanımlarını kaybedebilmektedir. Dolayısıyla taşıma kapasiteleri oldukça düşmektedir. Çelik kirişler için yaygın olarak kullanılan bir güçlendirme yöntemi, fiber takviyeli polimer şeritler veya plakalar kullanılmaktadır. Bu uygulama da en önemli sorunlardan biri, yüksek normal ve kesme gerilmesi konsantrasyonundan dolayı oluşan ani kopmalardır. Bu çalışmada, eğilme altında karbon fiber kompozitler ile güçlendirilen deforme olmuş çelik I-kirişlerin davranışı sayısal olarak incelenmiştir. Doğrusal olmayan sonlu elemanlar analizi yapabilen ABAQUS yazılımı kullanılarak, daha önce yürütülen deneysel çalışma ile doğrulanmış bir sonlu eleman modeli sunulmuştur. Fiber malzemelerde mekanik ankrajın büyük numuneler üzerindeki etkisini incelemek için doğrulanmış sonlu eleman modeliyle parametrik bir çalışma yürütülmüştür. Parametrik çalışmada temel olarak üç parametre dikkate alınmıştır. Başlık narinlik oranı (B_f/t_f), gövde narinlik oranı (H/t_w) ve uzunluk-kesit derinliği oranı (L/b_f). Doğrusal olmayan analizlerden elde edilen sonuçlar, mekanik ankrajın kullanılmasının genel olarak, deforme olmuş elemanların yük kapasitesini arttırdığını ortaya koymuştur. Ancak kapasite artışının önerilen kirişin başlık narinlik oranına ve gövde narinlik oranına bağlı olarak değiştiği belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar kısa açıklıklı kirişlerde mekanik ankraj veriminin uzun açıklıklı kirişlere göre daha yüksek olduğunu göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Sonlu Elemanlar Analizi, Mekanik Ankraj, Güçlendirme, CFRP, Gerçek Boyutlu I-Kiriş

Abstract: Aim: Steel structural elements can lose their strength in vehicle crashes, fire, fatigue, decay, humidity, etc. Consequently, their load-bearing capacities reduce considerably. A widely used strengthening method for steel beams is fiber-reinforced polymer strips or plates. One of the most important problems for this practice is sudden end-strip debonding due to the high normal and shear stress concentration. In this study, the structural behavior of deformed steel I-beams strengthened by carbon composites under bending was studied numerically. Using a commercial nonlinear finite element program (ABAQUS), a finite element model verified with the formerly executed experimental study was presented. To examine the effect of Mechanical Anchorage on large samples, a parametric study was carried out with the verified finite element model. In the parametric study, mainly three parameters were considered. Flange slenderness ratio (B_f/t_f), web slenderness ratio (H/t_w), and length to cross-sectional depth ratio (L/b_f). Results derived from the nonlinear analysis revealed that the employment of the bolt anchorage increases the load capacity of the deformed elements and sustains the elements to resist more loads. However, the behavior and strengthening capacity of this practice is accordingly dependent on the flange slenderness ratio and web slenderness ratio of the proposed beam. Obtained results also indicate that the efficiency of mechanical anchorage in short-span beams is higher compared to the long-span beams.

Keywords: Finite Element Analysis, Mechanical Anchorage, Strengthening, CFRP, Large Scale I Beam

Doi:10.17366/uhmfd.2022.16.1

(1) Sorumlu Yazar, Corresponding Author: Yusuf SÜMER, (Dr. Öğr. Üye., Assist. Prof), Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Esentepe Kampüsü, Sakarya / Türkiye, ysumer@subu.edu.tr., Geliş Tarihi / Received: 07.12.2021, Kabul Tarihi / Accepted: 11.04.2022, Makalenin Türü: Type of Article: (Araştırma – Uygulama / Research - Application) Çıkar Çatışması, Yok – Conflict of Interest, None, Etik Kurul Raporu veya Kurum İzin Bilgisi- Ethical Board Report or Institutional Approval, Yok / None



UHMFD

www.hmfdergisi.com.tr

Uluslararası Hakemli Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi

Ocak / Şubat / Mart / Nisan Kış İlkbahar Dönemi Sayı: 16 Yıl:2022

International Refereed Journal of Engineering And Sciences

January / February / March / April Winter Spring Semester Number: 16 Year:2022

ID:18 K:18

(ISO 18001-OH-0090-13001706 / ISO 14001-EM-0090-13001706 / ISO 9001-QM-0090-13001706 / ISO 10002-CM-0090-13001706)

(MARKA PATENT NO: TRADEMARK)

(2015/04066- 2015-GE-17837)

Issn Print: 2148-4783 Online: 2149-2484

INTRODUCTION

Steel structures may need to be rehabilitated for different reasons such as material degradation, vehicle crash, fire, change in the load acting, or fatigue of the structural materials. Consequently, their load-bearing capacities reduce considerably. Carbon Fiber Reinforced Polymers (CFRP) are highly used in various engineering practices, especially in repairing and strengthening applications. CFRP materials are used to strengthen steel or concrete structures because of their high mechanical properties and high strength-to-weight ratios. Retrofitting structural elements by bonding a CFRP plate to the tension flange may increase both the flexural capacity and the local rigidity. Results of reduction in stiffness or strength in a section need to be restrained by repairing procedures in emergency conditions. These rehabilitation techniques are performed to restore the strength and serviceability of the structure [Rail Corp. Eng. Manuel, TMC 302, 2009: 9].

In their study, small-scale steel wide flange beams were strengthened by five different glass and carbon fibre-reinforced polymers, bonded to the tensile flange with adhesive bonding [Edberg et al., 1996: 2-3, Anmar, 1996: 4]. Furthermore, Sen et al. presented research using CFRP strips on metallic bridges,

and Liu et al. studied the effect of FRP on metallic bridges [Sen et al., 2001: 311, Liu et al., 2001: 614-615]. In their study, Tavakolizadeh and Saadatmanesh total of 21 specimens of steel beams were tested. Non-strengthened beams were tested as reference beams, and steel beams were tested under four-point bending between the loading ratios of 5-10 Hertz. The length and thickness of specimens were considered constant for all repaired beams [Tavakolizadeh and Saadatmanesh, 2003: 30-31].

Deng et al. had; revealed that the strengthened steel beam has significant stress intensity at the tip of the CFRP plate due to discontinuity by the abrupt termination of the CFRP plate [Deng et al., 2004: 215]. In another study, Buyukozturk et al. reviewed the studies on strengthening reinforced concrete and steel members. They deduced that failures of strengthened steel members occur due to different mechanisms, and it is dependent on the parameters of strengthening [Bozuyukturk et al., 2004: 9-19]. The other method for repairing steel beam sections is a flame (heat) straightening method or a hot mechanical straightening method. But flame straightening is known as a preferable method to be considered for all primary members instead of hot mechanical straightening because of its feasibility [Hirohata and Kim, 2007: 195,



UHMFD

www.hmfdergisi.com.tr

Uluslararası Hakemli Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi

Ocak / Şubat / Mart / Nisan Kış İlkbahar Dönemi Sayı: 16 Yıl:2022

International Refereed Journal of Engineering And Sciences

January / February / March / April Winter Spring Semester Number: 16 Year:2022

ID:18 K:18

(ISO 18001-OH-0090-13001706 / ISO 14001-EM-0090-13001706 / ISO 9001-QM-0090-13001706 / ISO 10002-CM-0090-13001706)

(MARKA PATENT NO: TRADEMARK)

(2015/04066- 2015-GE-17837)

Issn Print: 2148-4783 Online: 2149-2484

Hirohata and Kım, 2008: 85].

Narmashiri et al. were focused on the effects of using steel strips and bolts as end anchors, including four steel beams, and executed three-dimensional simulations and nonlinear static analyses using ANSYS software. They concluded that the load-bearing capacities of constrained beams presented an increase of 24 percent compared to non-strengthened beams. Also, the results revealed that an end-anchor with close intervals of bolts at the end-anchor of the CFRP strip is more effective [Narmashiri et al., 2010: 1362]. Sweden et al. conducted a laboratory study for longitudinal connections of anchor edge steel with FRP, including 18 short specimens. They researched the effects of cut-edge distance and formed-edge distance and studied the effects of distance between bolts on load-bearing capacity. The results point out that the amount of formed-edge distance on the performance of connections is highly considerable [Swedenn et al., 2013: 333]. Another research by Aydin and Aktas shows that a decrease of about 10% can occur due to heat treatment of steel structural elements. Therefore, it could only be considered a temporary repair for damaged steel structures [Aydin and Aktas, 2005: 15]. Ghafoori et al. proposed a new anchoring system with prestressed fibres to strengthen steel beams. Retrofitting system

applied by prestressing CFRP plates and attaching them to existing metallic beams. A significant increase in the retrofitted beam's yielding and ultimate load capacity was determined [Ghafoori and Motavalli, 2015: 6-7]. One-side and two-side deficiencies for steel beams were studied by Yousefi et al. For the one-side deficient sample, the lateral buckling was created in the opposite direction to the damage and restrained by CFRP retrofitting properly [Yousefi et al., 2017: 1003].

This study investigates the effect of bolt anchorage on locally deformed flexural steel members caused by disaster loads (Explosion, Fire, Wind, Fatigue, etc.) numerically. Initially, the locally deformed or buckled elements are repaired in the laboratory. After proceeding with the heat treatment, the effects and outputs due to the attachment of CFRP are taken under consideration. It is revealed that this practice causes a significant increase in load capacity, but it is also observed that epoxy scatters earlier before reaching the maximum bearing capacity of the member. On the other hand, the results of laboratory experiments concluded that the bolt anchorage has a significant effect on the load-bearing capacities of heat-treated IPE 80 beams [Qarizada and Sümer, 2021: 53]. To study the effect of bolt anchorage on the real scale beams a finite element model (FEM)



UHMFD

www.hmfdergisi.com.tr

Uluslararası Hakemli Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi

Ocak / Şubat / Mart / Nisan Kış İlkbahar Dönemi Sayı: 16 Yıl:2022

International Refereed Journal of Engineering And Sciences

January / February / March / April Winter Spring Semester Number: 16 Year:2022

ID:18 K:18

(ISO 18001-OH-0090-13001706 / ISO 14001-EM-0090-13001706 / ISO 9001-QM-0090-13001706 / ISO 10002-CM-0090-13001706)

(MARKA PATENT NO: TRADEMARK)

(2015/04066- 2015-GE-17837)

Issn Print: 2148-4783 Online: 2149-2484

was created in a widely used finite element program ABAQUS. The model was verified with the experimental results by using the ABAQUS-Explicit 6.11. The obtained results were compared with the test results in terms of load-displacement curves. After that, a parametric study was executed for large-scale steel I beam. The results derived from the parametric study indicate that mechanical anchorage on CFRP strips to the heat-treated areas of beams is an effective way to develop the strength of the beam. The mechanical anchorage in short-span beams is more efficient compared to long-span beams.

EXPERIMENTAL STUDY

In the experimental study locally deformed scaled IPE 80 beams were repaired using

mechanical heat treatment before the application of CFRP plates to the deformed regions (Figure 1). The IPE 80, the smallest size section among the European standard I sections, was used for the retrofitting observation in the experimental study. Totally eight numbers of scaled IPE 80 beam of 500 mm length was considered for the experimental study [Qarizada, 2017: 34-35]. Repairing was performed both to straighten the beam and improvement the strength capacity of the specimen. The heat treatment is operated by applying Oxy-gas flame to the deformed fields of the specimens. Later then the deformed areas are fixed and flatted by pressing method. The processes performed during the heat treatment are presented in Figure 1.



UHMFD

www.hmfdergisi.com.tr

Uluslararası Hakemli Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi

Ocak / Şubat / Mart / Nisan Kış İlkbahar Dönemi Sayı: 16 Yıl:2022

International Refereed Journal of Engineering And Sciences

January / February / March / April Winter Spring Semester Number: 16 Year:2022

ID:18 K:18

(ISO 18001-OH-0090-13001706 / ISO 14001-EM-0090-13001706 / ISO 9001-QM-0090-13001706 / ISO 10002-CM-0090-13001706)

(MARKA PATENT NO: TRADEMARK)

(2015/04066- 2015-GE-17837)

Issn Print: 2148-4783 Online: 2149-2484



Figure 1. The Mechanical Heat Treatment Process

Properties of Test Samples

Dimensions and static properties of the IPE 80 beam and also the section of the sample

used for the experimental study are presented in Table 1 and Figure 2.



UHMFD

www.hmfdergisi.com.tr

Uluslararası Hakemli Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi
Ocak / Şubat / Mart / Nisan Kış İlkbahar Dönemi Sayı: 16 Yıl:2022

International Refereed Journal of Engineering And Sciences

January / February / March / April Winter Spring Semester Number: 16 Year:2022

ID:18 K:18

(ISO 18001-OH-0090-13001706 / ISO 14001-EM-0090-13001706 / ISO 9001-QM-0090-13001706 / ISO 10002-CM-0090-13001706)

(MARKA PATENT NO: TRADEMARK)

(2015/04066- 2015-GE-17837)

Issn Print: 2148-4783 Online: 2149-2484

Table 1. Mechanical Properties of IPE 80 Beam

I.D.	Nominal weight	Nominal Dimensions						Cross-section Dimensions					Surface	
	Kg/m	b	h	s	t	R ₁	R ₂	A	d	φ	P _{min}	P _{max}	AL	AG
Dimensions				mm				cm ²	mm		mm	mm	m ² /m	m ² /m
	5.94	42	80	3.9	5.9	3.9	2.3	7.57	59.0	-	-	-	0.304	51.09
Static Properties	Strong Axis						Weak Axis							
	I _x	W _{el,x}	W _{pl,x}	i _x	A _{vy}	S _x	I _y	W _{el,y}	W _{pl,y}	i _y	S _s	I _t		
	Cm ⁴	Cm ³	Cm ³	Cm		Cm ³	Cm ⁴	Cm ³	Cm ³	Cm	mm	Cm ⁴		
	80.1	20.0	23.2	3.24	3.58	12	8.49	3.69	5.8	1.05	20.1	0.70		

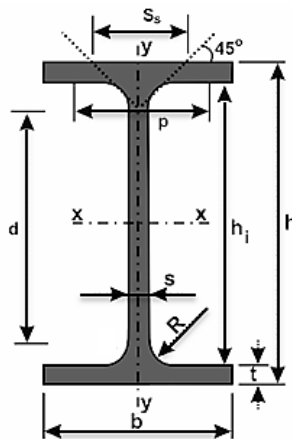


Figure 2. IPE 80 Steel Profile

After local deformation was created on the flanges of the beams; it was checked whether there were any cracks or buckling on the section. Finally, after being satisfied, the

specimens were forwarded for the heat-treatment process. The tying surfaces were prepared to ensure no moisture and corrosion existed and cleaned before bonding the steel and



UHMFD

www.hmfdergisi.com.tr

Uluslararası Hakemli Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi

Ocak / Şubat / Mart / Nisan Kış İlkbahar Dönemi Sayı: 16 Yıl:2022

International Refereed Journal of Engineering And Sciences

January / February / March / April Winter Spring Semester Number: 16 Year:2022

ID:18 K:18

(ISO 18001-OH-0090-13001706 / ISO 14001-EM-0090-13001706 / ISO 9001-QM-0090-13001706 / ISO 10002-CM-0090-13001706)

(MARKA PATENT NO: TRADEMARK)

(2015/04066- 2015-GE-17837)

Issn Print: 2148-4783 Online: 2149-2484

CFRP with epoxy. In addition, the surfaces of steel bonding areas were ground for a better result. The prepared epoxy admixture was applied to the CFRP surfaces with a constant thickness. Mainly two types of CFRP arrangement were considered for bonding to the flanges of the Reference beam (RB) section in the last part of the experimental study. One of the beams was prepared by bonding only CFRP with epoxy (HTCr), while the other was both epoxy and CFRP bonded and anchored with bolts (HTCbr). Both of which were prepared after the mechanical heat treatments process. Figure 3 shows the test

specimens and load-deflection results of the beams.

Although the strength of the reinforced beams was close, the increase in maximum load was observed according to the test results. The comparison of the results is also presented in Figure 3. The mechanical properties of the CFRP, an adhesive material received from the tensile tests, are shown in Table 2. To retrofit the heat-treated specimens, CFRP plates were applied in the experimental study, and to fasten between CFRP and steel, Huntsman Araldite AW-106 epoxy was used as an adhesive.



UHMFD

www.hmfdergisi.com.tr

Uluslararası Hakemli Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi
Ocak / Şubat / Mart / Nisan Kış İlkbahar Dönemi Sayı: 16 Yıl:2022

International Refereed Journal of Engineering And Sciences

January / February / March / April Winter Spring Semester Number: 16 Year:2022

ID:18 K:18

(ISO 18001-OH-0090-13001706 / ISO 14001-EM-0090-13001706 / ISO 9001-QM-0090-13001706 / ISO 10002-CM-0090-13001706)

(MARKA PATENT NO: TRADEMARK)

(2015/04066- 2015-GE-17837)

Issn Print: 2148-4783 Online: 2149-2484

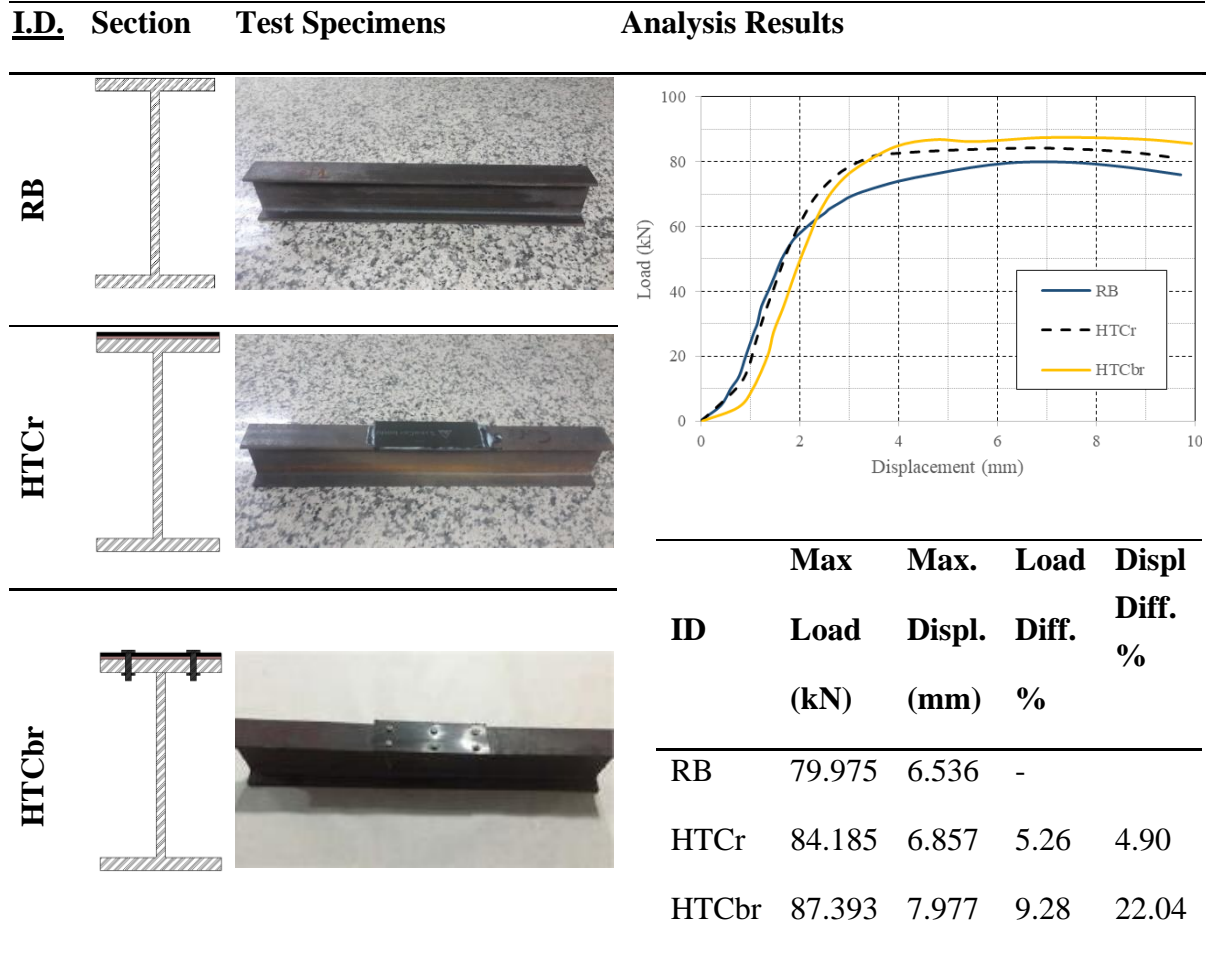


Figure 3. Test Results of Strengthened Beams



UHMFD

www.hmfdergisi.com.tr

Uluslararası Hakemli Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi

Ocak / Şubat / Mart / Nisan Kış İlkbahar Dönemi Sayı: 16 Yıl:2022

International Refereed Journal of Engineering And Sciences

January / February / March / April Winter Spring Semester Number: 16 Year:2022

ID:18 K:18

(ISO 18001-OH-0090-13001706 / ISO 14001-EM-0090-13001706 / ISO 9001-QM-0090-13001706 / ISO 10002-CM-0090-13001706)

(MARKA PATENT NO: TRADEMARK)

(2015/04066- 2015-GE-17837)

Issn Print: 2148-4783 Online: 2149-2484

Table 2. Technical Properties of the Materials

Title	CFRP	Adhesive	Steel
Elastic Modules (MPa)	165000	1900	210000
Yielding stress (MPa)	1300	60	265
Density (g/cm ³)	1.62	1.13	7.85

VERIFICATION of PROPOSED FINITE ELEMENT MODEL

Experimental studies have many difficulties and are time-consuming to reflect various variables in the actual samples in terms of supporting conditions, load cases, etc. [Sumer et al., 2016: 3784]. Therefore, there is a need to obtain numerical models that can fully represent the experimental behavior under different conditions. These models could only be applicable for parametric study after verifying the performed laboratory tests with the FEM modal analysis. In this chapter, finite element models were developed in the commercial finite element software package ABAQUS/Explicit 6.11. The explicit analysis approach can be used in models with large deflection and material nonlinearity, which is simulated in the numerical model. The

explicit dynamic solution method runs a great number of small-time increments efficiently.

Construction Models of Materials

The constitutional properties of the whole materials presented in the laboratory experiments are defined in FEM modeling. A total of three types of materials are defined in the finite element analysis: Steel, Epoxy, and CFRP. The mechanical and numerical specification is described respectively below in detail.

The constituent behavior of the steel material is defined as elastoplastic in the FEM. The Elastoplastic stress and strain diagram have both elastic and plastic parts defined as shown in Figure 4a.

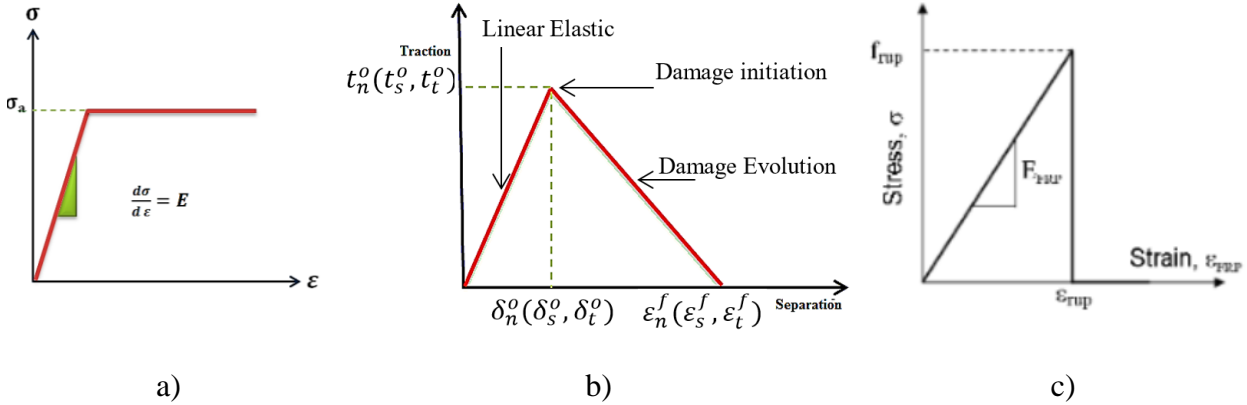


Figure 4. a) Ideal Elastic-Plastic Behavior of Steel, B) Traction-Separation Model for Adhesive, C) Material Model of CFRP

The adhesive materials were used to bond the steel with the CFRP materials to work together and avoid their separation during load appliance. For this purpose interface elements were used to model the bond mechanism between CFRP and steel to simulate the adhesive. The constitutive behavior of interface elements was defined in terms of traction-separation behavior as seen in Figure 4b [Aktaş

and Sumer, 2016: 205]. This model includes initial loading, initiation of damage, and propagation of damage leading to eventual failure [ABAQUS. Theory Manual, Version 6.11]. Damage is assumed to begin when it reaches a value of a quadratic interaction function containing the nominal strain ratios. This criterion can be defined as:

$$\left\{ \frac{t_n}{t_n^o} \right\}^2 + \left\{ \frac{t_s}{t_s^o} \right\}^2 + \left\{ \frac{t_t}{t_t^o} \right\}^2 = 1 \quad (1)$$

In the above function, t_n^o , t_s^o and t_t^o , the first one shows the stress normal to the surface, while the remaining two show parallel stresses to the surface [ABAQUS. Theory Manual, Version 6.11]. The elastic behavior is

written in terms of an elastic constitutive matrix that relates the nominal stresses to the nominal strains across the interface. The nominal stresses are the force components divided by the original area at each integration point,



UHMFD

www.hmfdergisi.com.tr

Uluslararası Hakemli Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi
Ocak / Şubat / Mart / Nisan Kış İlkbahar Dönemi Sayı: 16 Yıl:2022
International Refereed Journal of Engineering And Sciences

January / February / March / April Winter Spring Semester Number: 16 Year:2022

ID:18 K:18

(ISO 18001-OH-0090-13001706 / ISO 14001-EM-0090-13001706 / ISO 9001-QM-0090-13001706 / ISO 10002-CM-0090-13001706)

(MARKA PATENT NO: TRADEMARK)

(2015/04066- 2015-GE-17837)

Issn Print: 2148-4783 Online: 2149-2484

while the nominal strains are the separations divided by the original thickness at each integration point [ABAQUS. Theory Manual, Version 6.11]. The thickness of the element in this model is selected as 0.1 units. The nominal traction stress vector, t , consists of three components (two components in two-dimensional problems): t_n , t_s , and (in three-dimensional problems) t_t , representing the

normal and the two shear tractions, respectively. E_{nn} , E_{ss} , and E_{tt} terms for an enriched element can be calculated based on the elastic properties. The corresponding distinctions are indicated by ε_n , ε_s , and ε_t . The elastic behavior can then be written as Equation (2). The properties of the cohesive material for FEM purposes are shown in Table 3.

$$t = \begin{Bmatrix} t_n \\ t_s \\ t_t \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} E_{nn} & 0 & 0 \\ 0 & E_{ss} & 0 \\ 0 & 0 & E_{tt} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \varepsilon_n \\ \varepsilon_s \\ \varepsilon_t \end{Bmatrix} = E \cdot \varepsilon \quad (2)$$

Table 3. Mechanical Characteristics of Cohesive Elements

Element type	E (MPa)	G1 (MPa)	G2 (MPa)	Density (t/mm ³)
Epoxy	19000	6333	6333	1.13 E-10

As the CFRP strips separate from the steel surface while the epoxy begins to dissipate. Due to this separation, no damage occurs on the CFRP strips, and this behavior was also taken into consideration in the FEM model. The behavior of CFRP material was assumed to be linear elastic until its failure strain (ε_u) Figure 4c.

Finite Element Types and Properties Employed in Numerical Analysis

An extensive range of elements is available in the ABAQUS library for the FEM. The element types used for constructing the verification of FEM are presented in Table 4. Advantagously, reduced integration elements use fewer integration points in all directions than fully integrated elements located at the



UHMFD

www.hmfdergisi.com.tr

Uluslararası Hakemli Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi
Ocak / Şubat / Mart / Nisan Kış İlkbahar Dönemi Sayı: 16 Yıl:2022

International Refereed Journal of Engineering And Sciences

January / February / March / April Winter Spring Semester Number: 16 Year:2022

ID:18 K:18

(ISO 18001-OH-0090-13001706 / ISO 14001-EM-0090-13001706 / ISO 9001-QM-0090-13001706 / ISO 10002-CM-0090-13001706)

(MARKA PATENT NO: TRADEMARK)

(2015/04066- 2015-GE-17837)

Issn Print: 2148-4783 Online: 2149-2484

element's centroid. Therefore reduced integration elements were selected for finite element analysis. Interaction between steel, epoxy, and CFRP was achieved by the surface tie definition. Also to provide bolt connection for the model, mesh-independent point fasteners are employed in the modeling

(Figure 5). These links can connect multiple layers and act within a certain radius of action. The fasteners are assumed to have a circular protrusion on the bonded surfaces. [ABAQUS/Standard User's Manual, Version 6.11].

Table 4. Finite Element Types and Descriptions

Element	Code	Description	Properties
Steel	S4R	4-node, quadrilateral, shell element	reduced integration
CFRP	S4R		
Adhesive	COH3D8	8-node three-dimensional cohesive element	reduced integration

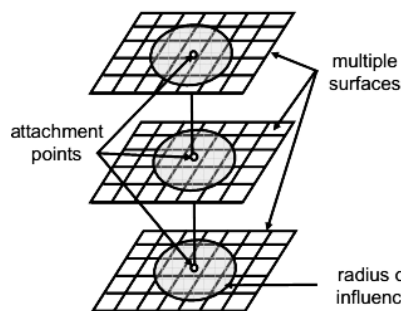


Figure 5. Mesh-Independent Point Fasteners [ABAQUS/Standard User's Manual]

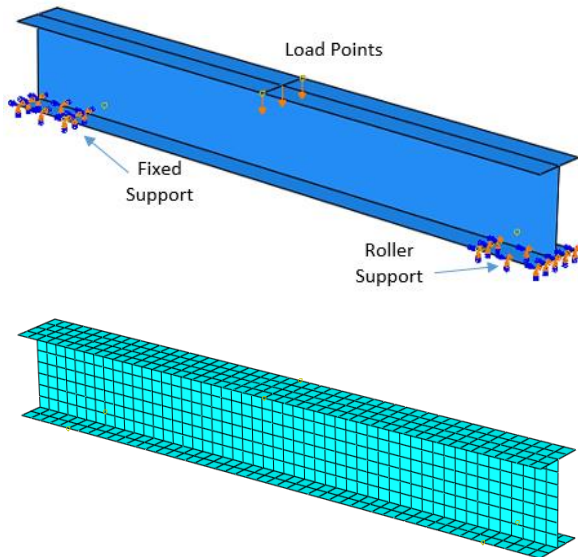
Boundary Conditions and Mesh

After defining material models geometry of the beam was modeled as shown in Figure 6a. Two types of support were determined in the

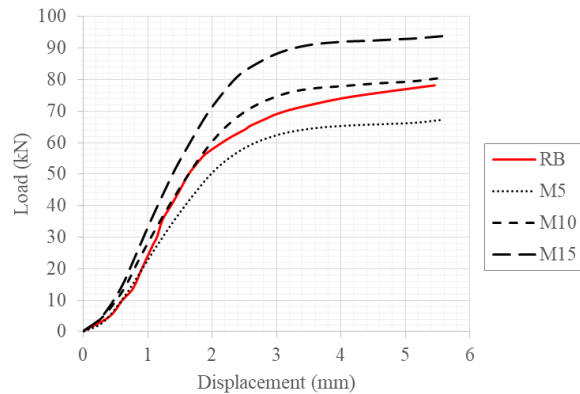
FEM. Fix support of the model beam is constrained with 3 nodes of rotation and 2 nodes of translational, while the degree of freedom to the roller support of the model is constrained

with the 2 nodes of rotation and 2 nodes of the translational. Meshing plays a very important role in the accuracy of the results in finite element analysis. Different types and sizes of the elements can obtain different accuracy. The more important point is the ratio between the dimensions of the meshed

elements. Respectively M5(5X5), M10(10X10), and M15(15X15) mm meshing dimensions are provided to the model for trial purposes and hence the meshing with the dimensions of 10X10 is selected for being more accurate and efficient in the model analysis (Figure 6b).



a) Load and support condition of FEM



b) Different mesh results of the model

Figure 6. Support and Mesh Properties of FEM

Verification Results of FEM

The results obtained from the models, which were created in line with the explanations in the above sections, were checked with experimental studies for validation purposes. The

comparison of the results is represented in terms of graphics, respectively in Figure 7a and Figure 7b. The abbreviations HTC_r and HTC_{br} stand for Heat Treated Beam with Carbon Retrofitting, and Heated Treated Beam with Carbon and Bolt Retrofitting.



UHMFD

www.hmfdergisi.com.tr

Uluslararası Hakemli Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi

Ocak / Şubat / Mart / Nisan Kış İlkbahar Dönemi Sayı: 16 Yıl:2022

International Refereed Journal of Engineering And Sciences

January / February / March / April Winter Spring Semester Number: 16 Year:2022

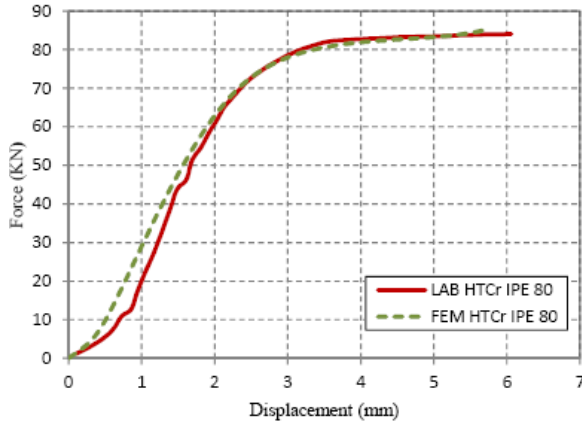
ID:18 K:18

(ISO 18001-OH-0090-13001706 / ISO 14001-EM-0090-13001706 / ISO 9001-QM-0090-13001706 / ISO 10002-CM-0090-13001706)

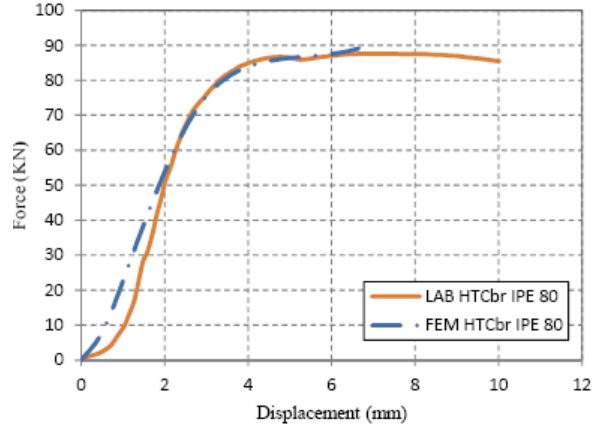
(MARKA PATENT NO: TRADEMARK)

(2015/04066- 2015-GE-17837)

Issn Print: 2148-4783 Online: 2149-2484



a) Comparison of HTCr beam results



b) Comparison of HTCBr beam results

Figure 7. Verification Graphs of HTCr and HTCBr Beams

Comparison of diagrams generated from each type of FEM analysis and experimental work is compatible with each other. The proposed FEM model is capable of predicting the load-deflection behavior of locally strengthened scaled IPE 80 beams. The graphs above show the same behavior of the elements from FEM and experimental studies and have relatively close load capacity. Finally, since the finite element model has been validated, it is possible to perform a parametric study using FEM, considering large-scale cross-sections and spans.

PARAMETRIC STUDY

Experimental studies on large samples are often difficult, time-consuming, and costly. In

order to observe the effect of CFRP on heat-treated steel beams with the use of additional bolts, the mentioned practice needs to be investigated in long sections in real sections. Working on a FEM model that is validated by experimental results, rather than conducting experiments, is a common method preferred in most academic studies.

Variation of three physical quantities is considered in the established parametric study which is initially rooted in the flange slenderness ratio (B_f/t_f), the parameters are subdivided considering the web slenderness ratio (H/t_w), and thus it is finally concluded with length to cross-sectional depth ratio (L/b_f). The parameters of each model are derived from the values obtained from the above



UHMFD

www.hmfdergisi.com.tr

Uluslararası Hakemli Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi

Ocak / Şubat / Mart / Nisan Kış İlkbahar Dönemi Sayı: 16 Yıl:2022

International Refereed Journal of Engineering And Sciences

January / February / March / April Winter Spring Semester Number: 16 Year:2022

ID:18 K:18

(ISO 18001-OH-0090-13001706 / ISO 14001-EM-0090-13001706 / ISO 9001-QM-0090-13001706 / ISO 10002-CM-0090-13001706)

(MARKA PATENT NO: TRADEMARK)

(2015/04066- 2015-GE-17837)

Issn Print: 2148-4783 Online: 2149-2484

ratios. The values B_f/t_f and H/t_w are produced from AISC – Table B4.1 of Compacted and Non-Compacted sections for the A36 type of steel. The dimensions of the height (H) and width (B_f) for the entire model are considered constant which are respectively 600 mm and 300 mm. The study is conducted in three groups for the above series, which are Reference

specimens, CFRP applied specimens and CFRP applied and bolt anchored specimens. A schematic representation of the parametric study can be shown in Table 5. There will be at least 6 finite element runs for each B_f/t_f group set, making 36 numbers of finite element runs in the entire study.



UHMFD

www.hmfdergisi.com.tr

Uluslararası Hakemli Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi
Ocak / Şubat / Mart / Nisan Kış İlkbahar Dönemi Sayı: 16 Yıl:2022

International Refereed Journal of Engineering And Sciences

January / February / March / April Winter Spring Semester Number: 16 Year:2022

ID:18 K:18

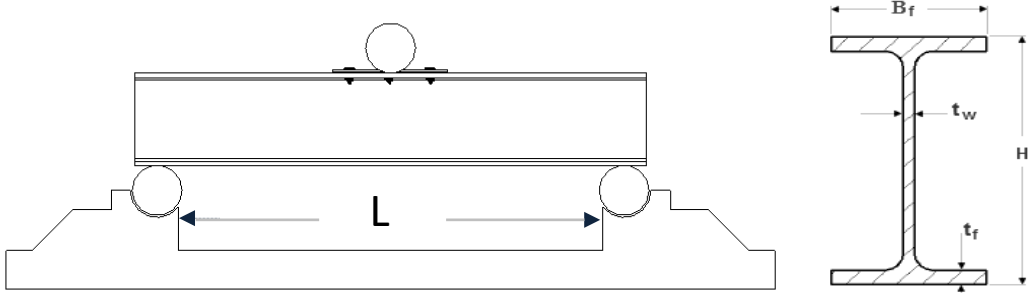
(ISO 18001-OH-0090-13001706 / ISO 14001-EM-0090-13001706 / ISO 9001-QM-0090-13001706 / ISO 10002-CM-0090-13001706)

(MARKA PATENT NO: TRADEMARK)

(2015/04066- 2015-GE-17837)

Issn Print: 2148-4783 Online: 2149-2484

Table 5. Parameters Study Scheme



Series	B_f/t_f	H/t_w	L/b_f	L/H	H	B_f	t_f	t_w	L	
1	11	109	8	4	600	300	27.3	5.5	2400	
2			12	6	600	300	27.3	5.5	3600	
3			16	8	600	300	27.3	5.5	4800	
4		165	109	8	4	600	300	27.3	3.6	2400
5				12	6	600	300	27.3	3.6	3600
6				16	8	600	300	27.3	3.6	4800
7	30	109	8	4	600	300	10	5.5	2400	
8			12	6	600	300	10	5.5	3600	
9			16	8	600	300	10	5.5	4800	
10		165	109	8	4	600	300	10	3.6	2400
11				12	6	600	300	10	3.6	3600
12				16	8	600	300	10	3.6	4800



UHMFD

www.hmfdergisi.com.tr

Uluslararası Hakemli Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi

Ocak / Şubat / Mart / Nisan Kış İlkbahar Dönemi Sayı: 16 Yıl:2022

International Refereed Journal of Engineering And Sciences

January / February / March / April Winter Spring Semester Number: 16 Year:2022

ID:18 K:18

(ISO 18001-OH-0090-13001706 / ISO 14001-EM-0090-13001706 / ISO 9001-QM-0090-13001706 / ISO 10002-CM-0090-13001706)

(MARKA PATENT NO: TRADEMARK)

(2015/04066- 2015-GE-17837)

Issn Print: 2148-4783 Online: 2149-2484

ANALYSIS RESULTS and DISCUSSION

The results obtained from the FEM analysis of the beam models derived for the parametric study are shown in the diagrams below. Force-displacement curves for each type of

study (Reference, CFRP retrofitting, and Mechanical anchorage retrofitting) are represented together for comparison in Figure 8.



UHMFD

www.hmfdergisi.com.tr

Uluslararası Hakemli Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi
Ocak / Şubat / Mart / Nisan Kış İlkbahar Dönemi Sayı: 16 Yıl:2022

International Refereed Journal of Engineering And Sciences

January / February / March / April Winter Spring Semester Number: 16 Year:2022

ID:18 K:18

(ISO 18001-OH-0090-13001706 / ISO 14001-EM-0090-13001706 / ISO 9001-QM-0090-13001706 / ISO 10002-CM-0090-13001706)

(MARKA PATENT NO: TRADEMARK)

(2015/04066- 2015-GE-17837)

Issn Print: 2148-4783 Online: 2149-2484

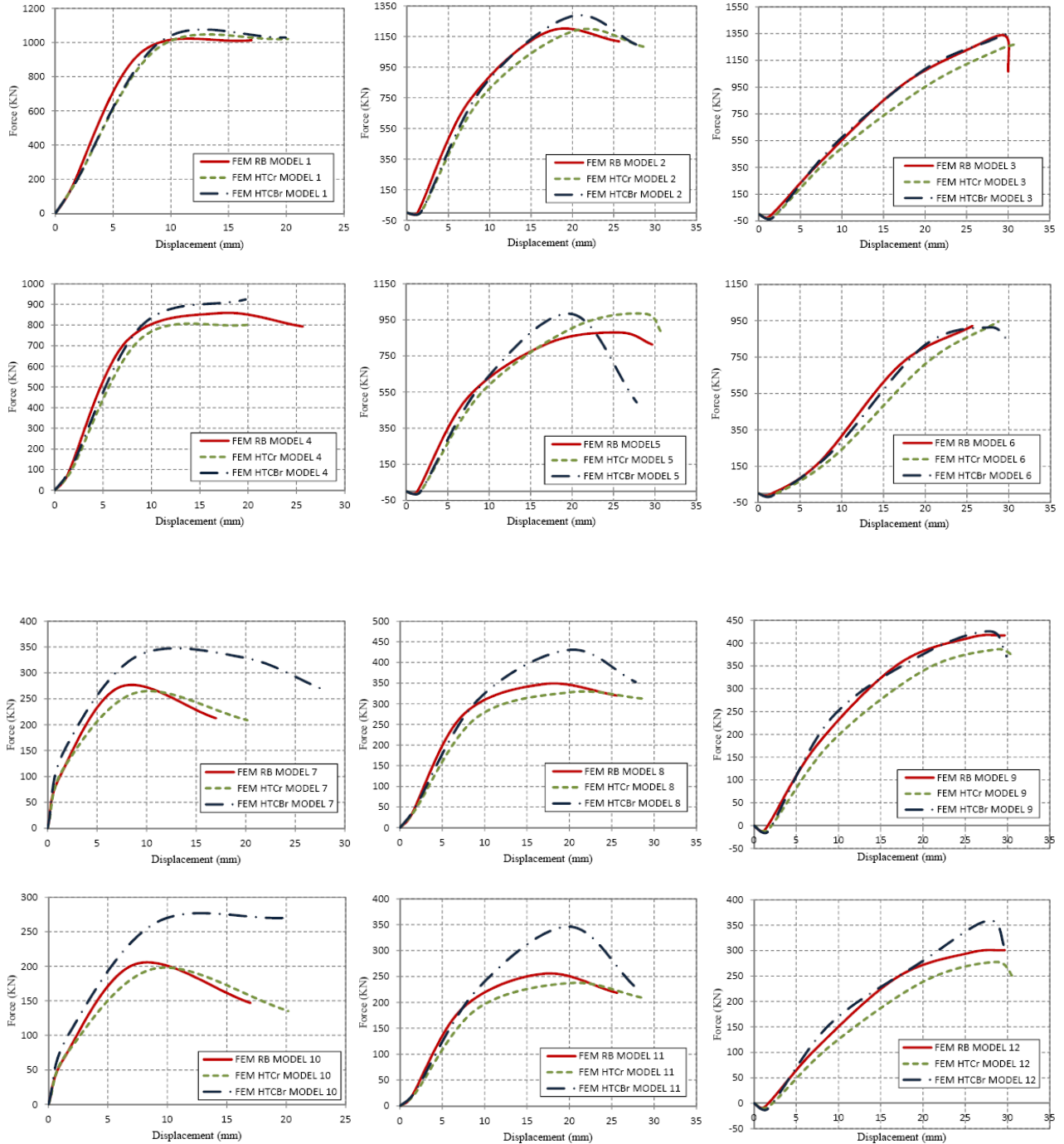


Figure 8. Force-Displacement Results of Analysis Models



UHMFD

www.hmfdergisi.com.tr

Uluslararası Hakemli Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi
Ocak / Şubat / Mart / Nisan Kış İlkbahar Dönemi Sayı: 16 Yıl:2022

International Refereed Journal of Engineering And Sciences

January / February / March / April Winter Spring Semester Number: 16 Year:2022

ID:18 K:18

(ISO 18001-OH-0090-13001706 / ISO 14001-EM-0090-13001706 / ISO 9001-QM-0090-13001706 / ISO 10002-CM-0090-13001706)

(MARKA PATENT NO: TRADEMARK)

(2015/04066- 2015-GE-17837)

Issn Print: 2148-4783 Online: 2149-2484

To determine the effect of Mechanical Anchorage in Compact and Non-Compact beams, results gained from FEM analysis of the Reference and HTCBr beams are compared as shown in Table 6. The Models considered under Set A and B are Compact sections since the flange slenderness ratio (B/t_f) of the

sections is sufficiently small and the flange slenderness ratio (B/t_f) of the Models considered under Set C and D is larger which is classified as Non-Compact sections. On the other hand, the web slenderness ratios (H/t_w) of Set A and C and Set B and D are respectively the same, which vary from each other.

Table 6. Comparison of Reference and Mechanically Retrofitted Beams

Set	Models	Reference Beam	Mechanical Anchorage	Load Difference (%)
		Max. Load (kN)	Max. Load (kN)	
A	1	1013	1124	10.95
	2	1181	1281	8.47
	3	1330	1345	1.12
B	4	857	924	7.81
	5	879	983	11.83
	6	913	924	1.2
C	7	273	332	21.6
	8	347	430	23.6
	9	412	425	3.15
D	10	203	269	32.5
	11	255	346	35.6
	12	300	359	19.6



UHMFD

www.hmfdergisi.com.tr

Uluslararası Hakemli Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi
Ocak / Şubat / Mart / Nisan Kış İlkbahar Dönemi Sayı: 16 Yıl:2022

International Refereed Journal of Engineering And Sciences

January / February / March / April Winter Spring Semester Number: 16 Year:2022

ID:18 K:18

(ISO 18001-OH-0090-13001706 / ISO 14001-EM-0090-13001706 / ISO 9001-QM-0090-13001706 / ISO 10002-CM-0090-13001706)

(MARKA PATENT NO: TRADEMARK)

(2015/04066- 2015-GE-17837)

Issn Print: 2148-4783 Online: 2149-2484

For a better demonstration of the results, the variation of the load capacity of the analyzed FEM models due to the application of

mechanical anchorage is presented below in Figure 9.

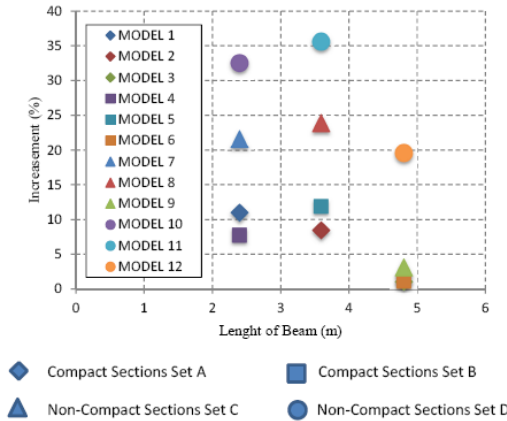


Figure 9. Effect of Mechanical Anchorage in Compact and Non-Compact Sections

The results of the FEM parametric study could be concluded as follow:

- The Models under Set A and Set B have respectively the same beam span of 2400, 3600, and 4800 mm length, both of which are compact sections, but Set B's web slenderness ratio (H/t_w) is higher than Set A. In the analysis results, it is observed that there is a capacity increase in all anchored beams compared to the reference samples. This increase varies depending on the length to cross-sectional depth ratio (L/b_f) of the beams. Among the compact samples, the biggest increase occurred in the model which has a ratio of 12 for L/b_f in Set B as 11.83%. However, the capacity

increase in these beams remained around 1% when the L/b_f ratio increased to 16.

- The Models under Set C and Set D have the same length to height ratios of 4, 6, and 8 respectively. Both of which are non-compact sections but the web slenderness ratio (H/t_w) of Set D is higher than Set C. The finite element analysis result reveals that increasing the web slenderness ratio results in increasing the capacities of FEM HTCB_r Models. As can be seen from the results, the capacities of the Set D models increased by 10.9%, 11.7%, and 16.45%, respectively, compared to the reference models of Set C. The maximum increase in capacity was determined as 35.6% in Set D models which have a web



UHMFD

www.hmfdergisi.com.tr

Uluslararası Hakemli Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi

Ocak / Şubat / Mart / Nisan Kış İlkbahar Dönemi Sayı: 16 Yıl:2022

International Refereed Journal of Engineering And Sciences

January / February / March / April Winter Spring Semester Number: 16 Year:2022

ID:18 K:18

(ISO 18001-OH-0090-13001706 / ISO 14001-EM-0090-13001706 / ISO 9001-QM-0090-13001706 / ISO 10002-CM-0090-13001706)

(MARKA PATENT NO: TRADEMARK)

(2015/04066- 2015-GE-17837)

Issn Print: 2148-4783 Online: 2149-2484

slenderness ratio of 165. Unlike the Set A and B models, it was determined that the capacity increase in the models with a length to cross-sectional depth ratio of 16 ranged from 3% to 20%.

- When the beams which have the shortest span (2400 mm) were compared; Model 10, a non-compact section with the highest web slenderness ratio has mostly increased the load capacity of its related Reference beam by 32.5%. Also, it is concluded from Table 6 that non-compact section beams increased their capacity by more than 20% as to the compact section beams.
- If the medium span beams were analyzed, Model 11 which has a non-compact section with the highest web and flange slenderness ratios increased the load capacity of its related Reference beam by more than 35.0%. Results revealed that increasing in web slenderness ratio in addition to the flange slenderness ratio has a positive effect on the loading capacity of mechanically anchored strengthened beams. In these beams increasing in the load capacity remained around 10%.
- The FEM results also showed that minimum increases in load capacity came true in beams that have long spans. In the non-compact section beams, Model 12 which

was the highest web slenderness ratio has mostly increased the load capacity of its related Reference beam by almost 20%. Compared to the non-compact sections the compact sections with small flange slenderness ratios have a limited increase in their capacities. All these models have the same length of 4800 mm.

- In the medium and short span beams of each Set has a respectively higher percentage of capacity increase compared to long-span Models. Except for Set A models, it has been observed that the load-carrying capacity of the analyzed models increases with the increase of the span from short to medium.

As a result; a parametric study on CFRP retrofitting, and mechanical anchorage retrofitting to the heat-treated parts of the beams has determined that the load-carrying capacities of the beams increase significantly, especially in non-compact models with short or medium spans. However, it has been determined that this increase depends on the flange slenderness ratio (B/t_f) and the web slenderness ratio (H/t_w) of the proposed models. Besides, it was observed that there was a decrease in the capacity with the increase of the beam span.



UHMFD

www.hmfdergisi.com.tr

Uluslararası Hakemli Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi
Ocak / Şubat / Mart / Nisan Kış İlkbahar Dönemi Sayı: 16 Yıl:2022

International Refereed Journal of Engineering And Sciences

January / February / March / April Winter Spring Semester Number: 16 Year:2022

ID:18 K:18

(ISO 18001-OH-0090-13001706 / ISO 14001-EM-0090-13001706 / ISO 9001-QM-0090-13001706 / ISO 10002-CM-0090-13001706)

(MARKA PATENT NO: TRADEMARK)

(2015/04066- 2015-GE-17837)

Issn Print: 2148-4783 Online: 2149-2484

REFERENCES

ABAQUS. THEORY MANUAL, (2011).

Version 6.11. Hibbit, Karlsson & Sorensen, Inc., Pawtucket, Rhode Island, USA, 2011

ABAQUS/STANDARD USER'S MANUAL,

Version 6.11. Hibbit, Karlsson & Sorensen, Inc, Pawtucket, RI, 2011

AKTAS, M., SUMER, Y., (2014). Nonlinear Finite Element Analysis of Damaged and Strengthened Reinforced Concrete Beams, J. Civil Eng. Manage, 20, 201–210, <https://doi.org/10.3846/13923730.2013.801889>

AKTAS, M., SUMER, Y., AGCAKOCA, E., YAMAN, Z., (2016). Nonlinear Finite Element Modeling of Composite Bridge Girders Strengthened With HM-CFRP Laminates, Arab. J. Sci. Eng. 41(10):3783–91.

AMMAR, N., (1996). Rehabilitation of steel Bridge Girders with Graphite Pultrusion. The University of Delaware (CCM research report, 96-26

AYDIN, E., AKTAS, M., (2015). Obtaining a Permanent Repair by Using GFRP in Steel Plates Reformed by Heat-Treatment, Thin-Walled Structures, 94:13–22

BUYUKOZTURK, O., GUNES, O., AND KARACA, E., (2004). Progress on Understanding Debonding Problems in Reinforced Concrete and Steel Members Strengthened Using FRP Composites, Construction and Building Materials, 18:919

DENG, J., LEE, M.M.K., MOY, S.S.J., (2004). Stress Analysis of Steel Beams Reinforced with A Bonded CFRP Plate, Composite Structures, 65:205–15

EDBERG, W., MERTZ, D., GILLESPIE, J.J., (1996). Rehabilitation of Steel Beams Using Composite Materials. In: Fourth Materials Engineering Conference

GHAFOORI, E., MOTAVALLI, M., (2015). Innovative CFRP-Prestressing System for Strengthening Metallic Structures, J. Compos. Construct, 19(6):04015006

HIROHATA, M., KIM, Y.C., (2007). Dominant Factors Deciding Compressive Behavior of Cruciform Column Projection Panel Corrected by Heating, Steel Structures, 7, 193-199

HIROHATA, M., KIM, Y.C., (2008). Generality Verification for Factors Dominating Mechanical Behavior Under Compressive Loads of Steel Structural



UHMFD

www.hmfdergisi.com.tr

Uluslararası Hakemli Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi
Ocak / Şubat / Mart / Nisan Kış İlkbahar Dönemi Sayı: 16 Yıl:2022

International Refereed Journal of Engineering And Sciences

January / February / March / April Winter Spring Semester Number: 16 Year:2022

ID:18 K:18

(ISO 18001-OH-0090-13001706 / ISO 14001-EM-0090-13001706 / ISO 9001-QM-0090-13001706 / ISO 10002-CM-0090-13001706)

(MARKA PATENT NO: TRADEMARK)

(2015/04066- 2015-GE-17837)

Issn Print: 2148-4783 Online: 2149-2484

- Members Corrected by Heating/Pressing,
Steel Structures, 8, 83-90
- KARIMIAN, M., NARMASHIRI, K., SHAHRAKI, M., YOUSEFI, O., (2017).** Structural Behaviors of Deficient Steel CHS Short Columns Strengthened Using CFRP, J. Constr. Steel Res, 138, 555–564
- LIU, X., SILVA, P.F., AND NANNI, A., (2001).** Rehabilitation of Steel Bridge Members With FRP Composite Materials, Composites In Construction (CCC), Porto, Portugal
- NARMASHIRI, K., JUMAAT, Z., SULONG, H.R., (2010).** Investigation on End Anchoring of CFRP Strengthened Steel I-Beams, International Journal of the Physical Science, 1360-1391
- QARIZADA, A.M., (2017).** Effect of Mechanical Anchorage in Heat-Treated Beams Retrofitted by CFRP Plate, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
- QARIZADA, A.M., SUMER, Y., (2021).** Effect of Mechanical Anchorage in Heat Treated Beams Retrofitted With CFRP, International Refereed Journal of Engineering and Sciences, pp:35-54, Number 15, 2021, Doi:10.17366/uhmfd.2021.15.8
- WANG, C.M., WANG, C.Y., REDDY, J.N., (2005).** Exact Solutions for Buckling of Structural Members, CRC Press, ISBN 0-8493-2222-7
- RAIL CORP ENGINEERING MANUAL, (2009).** TMC 302, Structures Repair, Version 2.0.
- SEN, R., LIBY, L., AND MULLINS, G., (2001).** Strengthening Steel Bridge Section Using CFRP Laminates, Composites Part B: Engineering, 32,309-322
- SWEEDAN, A.M., KHALEDSAWY, M. EL-SAWY., AND MOHAMMED M.A. AL-HADID., (2013).** Interfacial behavior of mechanically anchored FRP laminates for strengthening steel beams, Journal of Constructional Steel Research
- TAVAKKOLIZADEH, M., SAADATMANESH, H., (2003).** Strengthening of Steel-Concrete Composite Girders Using Carbon Fiber Reinforced Polymers Sheets, Journal of Structural Engineering

DERGİ HAKKINDA

UHMFD “Uluslararası Hakemli Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi” 2014 yılı itibariyle yayın hayatına girmiştir. Dergimizde literatüre kaynak sağlayacak nitelik ve değerde olan yayınlara yer verilmektedir. Dergimiz uluslararası hakemli bir dergi olup, yılda ÜÇ sayı çıkarmaktadır. Dergimizin sayıları NİSAN, AĞUSTOS ve ARALIK aylarında sistem üzerinden yayımlanmaktadır. Dergimiz gerek basılı gerek de internet üzerinden ulaşılabilen bir dergidir. Dergimizde Mühendislik ve Fen Bilimleri alanı içerisinde değerlendirilebilecek her türlü yayına yer verilebilmektedir. ***Dergimizin baş editörleri Prof. Dr. Ashok JAMMI, Prof. Dr. Mihaela BUCIUMEANU ve Prof. Dr. Yusuf ŞAHİN*** olup, dergi yönetim kurulunun aldığı kararlar doğrultusunda faaliyetlerini gerçekleştirmektedir.

Gönderilen her yayın kendi alanında uzman iki hakem ya da dergi sistem editörü ile yayın kurulunun belirleyeceği iki hakem dışında atama yapacağı hakemlerin onayından geçmeli ve hakemler tarafından yayımlanabilir görüşüne sahip olmalıdır. Aynı sayı içerisinde yazarın bir yayınına yer verilir. Birden fazla hakem ve yayın kurulu onayından geçen çalışmalar sıraya alınarak ilerleyen sayılarda yayımlanır. Hiçbir yazar hakem ve yayın kurulu üyeleri üzerinde etkili değildir. Dergimizde yayımlanmak üzere sisteme yüklenen çalışmalar için yayın telif hakkı sözleşmesi istenmez. Sisteme yüklenen çalışmalar dergiye devredilmiş olarak kabul edilir. Yazar ya da yazarlar bu durumu kabul etmiş ve derginin yayın kabul şartlarına uygun hareket etmeyi teyit ederek bu sisteme dâhil olmuştur. Hiçbir şekilde yazarların itiraz hakkı bulunmaz. İtiraz hakkını kullanamaz.

Dergimiz hakem ve bilim kurullarında yer almak isteyen akademisyen ve bilim araştırmacılarının mutlaka Dr. unvanı almış ve alanında uzman olması gerekmektedir. Ayrıca bilimsel çalışmalar yapmış olması şartı aranır. Dr. ya da Uzman unvanına sahip olmayan ve alanında yayın yapmayan hiç kimse bilim, danışma ve hakem kurullarında yer alamaz. Dergi yayın kurulu derginin en üst karar ve yürütme mekanizmasını oluşturur. Yayın kurulunun aldığı her türlü karar kesin ve değiştirilemez niteliktedir. Yayın kurulu kararı olmaksızın hiçbir koşul ve şartta dergi üzerinde işlem gerçekleştirilemez ve uygulamaya gidilmez. Dergi baş editörleri hakem onayına gönderilmeyen çalışmaların dergide kabul edilip edilmeyeceğine, hakem sürecine gönderilip gönderilmeyeceğine karar verebilir. Bu karar sürecinde yayın kuruluna bilgi vermek zorunda değildir. Dergimiz bünyesinde hakem, bilim ve danışma kurulunda yer almak isteyen bilim insanlarının katılımına ancak yayın kurulu karar verebilir.

Dergimizde bazı ulusal ya da uluslararası kongrelerde yayımlanmış sözlü ve hakem onayından geçmiş çalışmalar için özel sayılar şeklinde çalışmalar da gerçekleştirilmektedir. Bu tip

özel sayılar ancak anlaşma yapılan kongrelerde sunulmuş sözlü bildirimler için geçerlidir. Bu bildirimlerin mutlaka kongre bilim kurulundan onay almış hakem değerlendirmesi yapılmış olmalıdır. Hakem değerlendirmesi yapılmamış hiçbir çalışma yayına alınmaz. Yayımlanmak için gönderilen çalışmalar dergi hakem onayına gönderilir. Her iki hakemden olumlu dönüş alan çalışmalar yayına alınır. Ayrıca sözlü sunulan bildirimlerin mutlaka basılı materyali ile hakem onay raporları dergimiz yayın kuruluna ve baş editörlerine sunulmuş olmalıdır. Bu bilgi ve materyallere sahip olmayan bildirimlere dergimizde yer verilmez.

Dergimizde işlem sürecine dair bilgiler yazar ve yazarlara mail olarak dergi internet mail adresinden bildirilir. Ayrıca dergimize üye olup sisteme giriş yapan her bir yazar süreç ile ilgili bilgileri derginin üye sayfasından kendisi izleyip gelişmeleri takip edebilir. Dergimizdeki koşul ve şartlar tüm yazar ve yazarlar için aynıdır. Hiçbir yazar için bu kurallar ve koşullar değiştirilmez. Farklılık sağlanması istenemez talep edilemez. Dergimiz bünyesinde yayımlanması istenen eserlerin mutlaka derginin yayın kabul ettiği alanlardan olması şartı aranır. Bu özellikleri taşımayan hiçbir yayına dergimizde yer verilemez. Hakem sürecine dair işleyiş baş editörler kontrolünde gerçekleştirilir. Baş editörler yayının dergide hakem sürecine dair işleyişine yönelik bilgi ve karar verme yetkisine sahip bulunur. Baş editörlerin uygun bulmadığı ya da kabul etmediği bir yayın dergide sürece dâhil edilmez. Bu konuda yazar ya da yazarlar dergi ile diğer organlar üzerinde bir yükümlülük oluşturamaz. Hakem onayından geçse bile editörler ya da yayın kurulu mevcut çalışmanın yayımlanmasına olumlu görüş bildirmemesi veya makale sisteme yayına alınsa bile kurulların kararı ile iptal edilebilir. Böyle bir durumda yazar ya da yazarlar dergiye bir yaptırım uygulayamaz. Her türlü yetki tek taraflı olarak dergi yayın ve editörler kuruluna aittir. Yüksek lisans ve Doktora tezlerinden üretilen çalışmalarda mutlaka bu durum kaynakça kısmında yazar notu olarak belirtilmelidir. Dergimizde yayımlanması talep edilen ve dergi sistemine yüklenen makalelerden mutlaka etik kurul raporu ya da çalışma izni belgesi talep edilir. Bu belgelere sahip olmayan çalışmalara dergimizde yer verilmez. Etik kurul gerektirmeyen çalışmalar için herhangi bir belge talep edilmez. Ortak yazarlarda mutlaka sisteme kayıt olan ve makaleyi yöneten yazar muhatap kabul edilir. Bu nedenle sorumluluk sadece sisteme üye olup yayını yükleyen yazara aittir. Dergimiz ve yönetimi/kurulları sorumlu yazar dışında hiçbir yazarla iletişim içerisinde bulunmaz bu yönde diğer yazarlar bir talep oluşturamaz.

Dergimiz T.C. hukuk kuralları çerçevesinde “5846” sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanun ve Hükümleri ’ne tabi hareket eder. Ayrıca KVKK kanun kapsamında dergimiz ve yönetimi yaptırımlara uygun hareket eder. Bu kanunların gerekliliklerini yerine getirmeyen yazar ya da yazarlar hakkında dergimiz tek taraflı olarak hukuki haklarını korumaya sahiptir. İlgili kanunlar kapsamında yetkili mahkemeler İstanbul Mahkemeleridir. Dergimizde yayımlanması amacıyla gönderilen çalışmalarda, ilgili hukuk ve yayın etiği kanunlarına uygun olarak gerçekleştirilmeyen alıntılar, intihal gibi konularda yazar ya da yazarlar tek taraflı olarak sorumludur. Dergimiz basılı

ve online olarak hareket eden bir yayın organıdır. Akademik alanda hazırlanan çalışmaların yer aldığı bir materyal olarak bilimsel araştırma yapan kurum ve kişilere fayda sağlamak amacıyla toplumsal hizmet sunan sosyal bir organdır. Dergimiz paralı bir dergi olmayıp, hiçbir yazara ya da yazarlara basılı materyal göndermek zorunda değildir. Dergimizde kabul edilen ve basıma hak kazanan çalışmalar dergi yayın kabul şartları ve yazım kurallarına uygun olarak mizanpajı yapılır ve sisteme yüklenir. İhtiyacı olan yazar ya da yazarlar ile okuyucular sistemden bu sayıyı indirebilir. Mizanpaj yazar tarafından örnek makale baz alınarak yapılmaktadır.

ABOUT THE JOURNAL

UHMFD “International Refereed Journal of Engineering and Science” was published in 2014. In our journal, articles, which meet the criteria of scientific quality and contribute to the field, are included. Our journal is an international refereed journal and it publishes THREE issues per year. Issues of our journal are published on the system in APRIL, AUGUST and DECEMBER. Our journal can be accessed both in print and online. All kinds of publications that can be evaluated in the field of Engineering and Science can be included in our journal. *The chief editors of our journal are Prof. Dr. Ashok JAMMI, Prof. Dr. Mihaela BUCIUMEANU and Prof. Dr. Yusuf ŞAHİN* and its activities are carried out in line with the decisions taken by the journal’s board of directors.

Each submitted publication must be approved by the appointed referees, other than two referees or journal system editors who are experts in their field, and two referees to be determined by the editorial board, and must have the opinion that it can be published by the referees. Only one publication of the author is included in the same issue. Studies that have gained the approval of more than one referee and editorial board are put in order and published in the following issues. No author has any influence over the referees and the editorial board members. A publication copyright agreement is not required for the manuscripts uploaded to the system for publication in our journal. Studies uploaded to the system are considered to be transferred to the journal. The authors are supposed to have accepted this situation and have been included in this system by confirming to act in accordance with the publication acceptance conditions of the journal. The authors have no right of objection in any way. They cannot exercise the right of appeal.

Academics and scientific researchers who want to take part in the refereeing and scientific committees of our journal must have the title of Dr. and be experts in their fields. In addition, They are expected to have conducted scientific studies. Anyone who does not have the title of Dr. or Expert and does not publish in their field cannot take part in the scientific, advisory and refereeing boards. The editorial board of the journal constitutes the highest decision and executive mechanism of the journal. Any decision taken by the editorial board is final and unchangeable. No action can be taken on the journal under any conditions and without the decision of the editorial board. The editors of the journal can decide whether the studies that are not sent to the referee’s approval will be accepted in the journal and whether they will be included in the referee process. It is not obliged to inform the editorial board during this decision process. Only the editorial board can decide on the participation of scientists who want to take part in the referee, science and advisory boards of our journal.

In our journal, studies are also carried out in the form of special issues for oral and referee-approved studies published in some national or international congresses. Special issues are only valid for oral presentations presented at the congresses with which an agreement is made. These papers must have been approved by the scientific committee of the congress and have been evaluated by a referee. Any work that has not been peer-reviewed will not be published. Studies submitted for publication are sent to the journal for referee approval. Studies that receive positive feedback from both referees are published. In addition, the printed material of the oral presentations and the referee approval reports must be submitted to the editorial board and chief editors of our journal. Papers that do not have this information and materials will not be published in our journal.

In our journal, information about the processing process is sent to the author and authors via e-mail from the journal's internet e-mail address. In addition, each author who is a member of our journal and logs in to the system can monitor the information about the process on the member page of the journal himself and follow the developments. The terms and conditions in our journal are the same for all authors. These rules and conditions do not change for any author. It is required that the works requested to be published within our journal must be from the fields that the journal accepts publication. Any publication that does not have these features cannot be included in our journal. The functioning of the referee process is carried out under the control of the chief editors. The chief editors have the authority to inform and decide on the functioning of the publication in the journal regarding the referee process. A publication that is not approved or accepted by the chief editors is not included in the process. In this regard, the author or authors cannot place sanctions on the journal and other organs. Even if it is approved by the referee, the editors or the editorial board do not give a positive opinion on the publication of the current study or even if the article is published in the system, the process can be canceled by the decision of the boards. In such a case, the authors cannot impose a sanction on the journal. All kinds of authority unilaterally belong to the journal publication and editorial board. If studies are produced from master's and doctoral theses, this should be stated as an author's note in the bibliography section. Ethics committee report or work permit document is definitely requested from the articles requested to be published in our journal and uploaded to the journal system. Studies that do not have these documents will not be included in our journal. No documents are requested for studies that do not require an ethics committee. In co-authors, the author who registered in the system and manages the article is considered the addressee. For this reason, the responsibility belongs only to the author who is a member of the system and uploads the publication. Our journal and its management/boards do not communicate with any author other than the responsible author, and no request can be made for other authors in this regard.

Our journal acts in accordance with the Law and Provisions on Intellectual and Artistic

Works numbered “5846” within the framework of Turkish law. In addition, our journal and its management act in accordance with the sanctions within the scope of the KVKK law. Our journal unilaterally protects its legal rights about the authors who do not fulfill the requirements of these laws. The competent courts within the scope of the relevant laws are the İstanbul Courts. In the studies submitted for publication in our journal, the authors are unilaterally responsible for the issues such as quotations and plagiarism that are not carried out in accordance with the relevant laws and publication ethics laws. Our journal is published both in print and online. It is a social organ that provides social service in order to contribute to institutions and people who conduct scientific research as a material that includes studies prepared in the academic field. Our journal is not a paid journal and does not have to send printed material to any author or authors. The works accepted in our journal and entitled to be published are laid out in accordance with the journal’s publication acceptance conditions and writing rules and uploaded to the system. The author or authors and readers who need it can download this issue from the system. The layout is made by the author based on the sample article.



UHMFD - Uluslararası Hakemli Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi

Kayaşehir Mah. Evliya Çelebi Cad. Başakşehir Emlak Konutları
1/A D Blok Kat: 4 Daire: 29 Başakşehir, İstanbul, Türkiye
Tel: +90 212 801 40 61 Fax: +90 212 801 40 62
info@guvenplus.com.tr