

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

PREFABRİK BETON ELEMAN ÜRETİMİNDE ABS MALZEMEDEN EKLEMELİ İMALATLA ÜRETİLMİŞ KALIPLARIN GELENEKSEL YÖNTEMLERLE KONTRPLAK MALZEME İLE ÜRETİLMİŞ KALIPLARLA KARŞILAŞTIRILMASI: YÜZEY KALİTESİ VE TEKRAR KULLANIM PERFORMANSINA YÖNELİK DENEYSEL BİR DEĞERLENDİRME**ŞAMİL CAN GÜDER**İstanbul Nişantaşı Üniversitesi, Sanat ve
Tasarım Fakültesi, Endüstriyel Tasarım Bölümü
e-posta: samilcanguder@nisantasi.edu.tr

ORCID 0000-0002-5335-9098

ÖZ

Bu çalışma, prefabrik beton elemanların üretim sürecinde kullanılan kalıpların malzeme türü ve üretim yöntemi bağlamında yüzey kalitesine etkisini incelemektedir. Araştırma kapsamında, ABS termoplastikten eklemeli imalat yöntemiyle üretilmiş kalıplar ile geleneksel kontrplak malzeme kullanılarak elde edilen kalıplar karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Her iki kalıpla üretilen beton numuneleri; yüzey pürüzlülüğü, detay aktarım hassasiyeti, üretim süreci verimliliği ve kalıp tekrar kullanımı bakımından analiz edilmiştir. Deneysel bulgular, eklemeli imalatla elde edilen ABS kalıpların daha düşük yüzey pürüzlülüğü ve yüksek geometrik hassasiyet sunduğunu; buna karşılık geleneksel kontrplak kalıpların üretim süresi ve dayanıklılık bakımından daha avantajlı olduğunu ortaya koymaktadır. Söz konusu sonuçlar doğrultusunda, ABS bazlı kalıpların prototip üretimi ve özel tasarım odaklı uygulamalar için uygunluk taşıdığı; ancak uzun vadeli kullanım ve seri üretim süreçlerinde iyileştirilmesi gereken yönleri bulunduğu değerlendirilmektedir. Araştırma bulguları, yapı endüstrisinde alternatif kalıp teknolojilerine yönelik farkındalık oluşturmaya katkı sağlamaktadır. Ayrıca sürdürülebilir üretim ve geri dönüştürülebilir malzeme kullanımı çerçevesinde yapılacak ileri düzey çalışmalar için literatüre yönlendirici öneriler sunulmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Kalıp sistemleri, Prefabrik sistemler, Eklemeli imalat, Yüzey kalitesi**COMPARISON OF MOLDS PRODUCED USING ADDITIVE MANUFACTURING WITH ABS MATERIAL IN PRECAST CONCRETE ELEMENT PRODUCTION WITH MOLDS PRODUCED USING TRADITIONAL METHODS WITH PLYWOOD MATERIAL: AN EXPERIMENTAL EVALUATION FOCUSING ON SURFACE QUALITY AND REUSABILITY PERFORMANCE****ABSTRACT**

This study investigates the impact of formwork material type and production method on the surface quality of precast concrete components. Within the scope of the research, formworks fabricated from ABS thermoplastic using additive manufacturing technologies are comparatively evaluated against conventionally produced plywood formworks. Concrete samples cast with each formwork type were analyzed in terms of surface roughness, detail transfer accuracy, process efficiency, and reusability. Experimental findings reveal that ABS-based formworks produced through Fused Deposition Modeling offer superior geometric fidelity and lower surface roughness compared to their plywood counterparts. However, conventional plywood formworks displayed greater advantages in terms of production time and material endurance during prolonged use. These results suggest that ABS formworks are particularly well-suited for prototyping and design-oriented applications requiring high surface precision. Conversely, further development is needed for their integration into long-term industrial production processes due to mechanical durability and cost implications. The insights gained through this study contribute to the growing awareness surrounding alternative formwork technologies in the construction industry. Furthermore, the findings offer valuable recommendations for future research initiatives aimed at improving sustainable production practices and enhancing the use of recyclable materials in concrete formwork systems.

Keywords: Formwork, Prefabricated systems, Additive manufacturing, Surface quality**Geliş Tarihi/Received:** 15.07.2025**Kabul Tarihi/Accepted:** 25.09.2025**Yayın Tarihi/Printed Date:** 30.09.2025

Kaynak Gösterme: Güder, Ş.C. (2025). "Prefabrik Beton Eleman Üretiminde Abs Malzemeden Eklemeli İmalatla Üretilmiş Kalıpların Geleneksel Yöntemlerle Kontrplak Malzeme İle Üretilmiş Kalıplarla Karşılaştırılması: Yüzey Kalitesi Ve Tekrar Kullanım Performansına Yönelik Deneysel Bir Değerlendirme". *İstanbul Nişantaşı Üniversitesi Sanat, Tasarım ve Kültür Çalışmaları Dergisi*, 1(1) 11-21.

GİRİŞ

Yapı endüstrisinde betonun şekillendirilmesinde kullanılan kalıplar, ürün performansını ve kalite düzeyini doğrudan etkileyen bileşenlerdir. Geleneksel kalıplar uzun süredir kullanılmakta olup; ahşap, çelik ve kontrplak gibi malzemelerle üretilmektedir. Eklemeli imalat teknolojisinin yaygınlaşmasıyla birlikte ABS gibi mühendislik termoplastikleri ile üretilen kalıplar, düşük maliyetli ve hassas üretim avantajları sağlamaktadır.

Geleneksel kalıp yöntemleri üretilmesi vakit gerektiren, malzemenin tekrar kullanılmasını mümkün kılmayan ve geri dönüşümü verimli olmayan sistemler yerine alternatif olarak geliştirilmiştir. ABS malzeme ile üretilcek kalıpların hem geri dönüşüm hem de çevre kirliliği üzerindeki etkilerinin olumlu yönde olacağı, ayrıca brüt betonun tercih edileceği alanlarda estetik kaygıları azaltacağı öngörülmektedir. Eklemeli imalat sistemi ile üretilmiş ABS malzemenin oluşan kalıp sisteminin özel prefabrik beton elemanların yüzey kalitesi ve estetik açıdan değerlendirilmesi laboratuvar ortamında geliştirilmiş olan prototipler üzerinden yapılmıştır. Bu sistem geleneksel kalıp sistemlerine hem çevreci hem de estetik bir alternatif olarak geliştirilmiştir.

1. Sistemler

1.1. Kalıp Sistemleri

Kalıp sistemleri, betonarme yapıların üretim sürecinde geometrik biçimlendirme, yüzey kalitesi ve yapısal bütünlüğün sağlanmasında kritik rol oynayan geçici veya kalıcı yapı elemanlarıdır. Betonun taze haldeyken şekillendirilmesini ve sertleşme sürecinde desteklenmesini sağlayan bu sistemler, hem mühendislik hem de ekonomik açıdan yapı üretiminin temel bileşenlerindendir. Kalıp sistemlerinin seçimi; proje türü, yapı geometrisi, iş gücü kapasitesi, maliyet ve sürdürülebilirlik gibi çok boyutlu kriterlere bağlıdır. Geleneksel kalıplar, modüler kalıplar, eklemeli imalat tabanlı kalıplar gibi çeşitlere sahiptir. Tasarım kriterleri basınç dayanımı, yüzey kalitesi, iş güvenliği gibi konuları kapsamaktadır. Ayrıca günümüzde kalıp sistemleri, sadece üretim verimliliği değil aynı zamanda çevresel etkileri açısından da değerlendirilmektedir. Geri dönüştürülebilir malzemeler, dijital üretim teknikleri ve alternatif bağlayıcılarla uyumlu kalıp tasarımları, sürdürülebilir beton üretiminin önünü açmaktadır (Heimfarth Dapper, Belebchouche ve Badi, 2024). Şekil 1’de kalıp örnekleri görülmektedir (OceanBIM, 2023).



Şekil 1. Geleneksel Kalıplara Birer Örnek (Solda Kontrplak Malzeme, Sağda ise Çelik Malzeme Kullanılarak Oluşturulmuş Kalıp Sistemleri Görülmektedir)

Son yıllarda, alüminyum kalıp sistemleri ve modüler plastik kalıplar gibi hafif ve tekrar kullanılabilir çözümler öne çıkmıştır. Bu sistemler, hızlı montaj ve söküm avantajı ile işçilik maliyetlerini azaltır ve yüzey kalitesini artırır. Örneğin, Geoplast gibi ABS bazlı plastik kalıplar, 100’den fazla tekrar kullanım imkânı sunarak sürdürülebilirlik açısından avantaj sağlar (Nilimaa, 2023). Geleneksel sistemlerin sınırlamalarını aşmak için esnek (flexible) kalıp

sistemleri ve dijital üretim teknikleri geliştirilmiştir. Kumaş kalıplar ve 3D baskı ile üretilen kalıplar, karmaşık geometrilere sahip beton elemanların üretiminde kullanılmaktadır. Bu yöntemler, malzeme tasarrufu ve estetik çeşitlilik sağlarken, mühendislik açısından yeni tasarım olanakları sunar (West, 2021). Beton kalıp sistemlerinin sürdürülebilirlik performansını değerlendirmek amacıyla Formwork Sustainability Assessment Model (FSAM) adlı bir model geliştirmiştir. Çalışmada ekonomik, çevresel ve sosyal boyutlar temel alınarak 20 performans göstergesi belirlenmiş ve modelin geçerliliği yapısal eşitlik modellemesi ile test edilmiştir. Bulgular, ekonomik boyutun sürdürülebilirliğe en yüksek katkıyı sağladığını, çevresel ve sosyal boyutların ise sırasıyla ikinci ve üçüncü sırada yer aldığını göstermektedir. Model, üç farklı kalıp sistemi (konvansiyonel, çelik ve alüminyum) üzerinde uygulanmış ve alüminyum kalıp sisteminin en yüksek sürdürülebilirlik puanını aldığı belirlenmiştir. Bu sayede kalıp sistemlerinin çevreyi koruma ve sürdürülebilirlik kapsamında önemi ortaya konmuştur. (Ahmed, 2020).

1.2. Prefabrik Sistemler

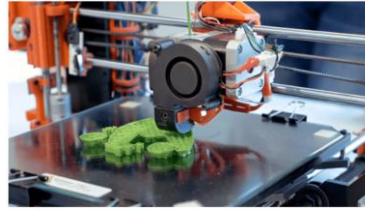
Prefabrik sistemler, yapı bileşenlerinin fabrika ortamında ön üretimi ve şantiye sahasında montajı esasına dayanan modern bir inşaat yaklaşımıdır. Bu sistem, geleneksel yerinde üretim yöntemlerine kıyasla daha kısa sürede, daha az iş gücüyle ve daha yüksek kalite kontrolüyle yapı üretimini mümkün kılmaktadır. Özellikle kentleşmenin hızlandığı ve sürdürülebilirlik gereksinimlerinin arttığı günümüzde, prefabrik sistemler hem ekonomik hem de çevresel açıdan stratejik bir çözüm olarak değerlendirilmektedir. Prefabrik yapı elemanları, standartlaştırılmış üretim teknikleriyle yüksek hassasiyetle imal edilir. Bu süreç, modüler tasarım ilkeleri doğrultusunda yürütülür ve bileşenlerin birbirleriyle uyumlu şekilde birleştirilmesini sağlar. Prefabrik sistemler; konut, eğitim yapıları, sağlık tesisleri ve afet sonrası geçici barınma çözümleri gibi geniş bir yelpazede kullanılmaktadır. Yapısal performans açısından, özellikle sismik dayanım ve yangın güvenliği gibi kriterlerde optimize edilmiş çözümler sunar (Wu vd., 2024). Şekil 2’de bir prefabrik yapı örneği görülmektedir (Delaqua, 2017).



Şekil 2. Prefabrik Sistemlerle Üretilmiş Bir Yapı Örneği

1.3. Eklemeli İmalat

Eklemeli imalat (Additive Manufacturing), dijital tasarımların fiziksel nesnelere dönüştürülmesini sağlayan katmanlı üretim teknolojisidir. Geleneksel üretim yöntemlerinin aksine, Eklemeli imalat süreçleri malzeme çıkarımı yerine malzeme ekleme prensibine dayanır. Bu yaklaşım, tasarım özgürlüğü, malzeme verimliliği ve özelleştirilmiş üretim olanakları sunmaktadır. Eklemeli imalat sistemleri, CAD (Computer-Aided Design) yani bilgisayar destekli tasarım verilerinden doğrudan üretim yapabilen dijital altyapıya sahiptir. Süreç, veri işleme ve katman katman üretim olmak üzere iki temel aşamadan oluşur. FDM, SLS, SLA, PBF işleme ve katmanlama yöntemleri ile imalat gerçekleştirilir. Tıp, havacılık, gıda, moda ve konsept geliştirme amaçlı olarak uygulama alanları bulunmaktadır (Monfared vd., 2023). Şekil 3’te Eklemeli İmalat Robutu görülmektedir (TechPally, 2023).



Şekil 3. FDM Sistem ile Çalışan Bir Eklemeli İmalat Robotu

2. Malzemeler

2.1. Kontrplak Malzeme

Kontrplak, ince ağaç levhalarının lif yönleri birbirine dik olacak şekilde üst üste yapıştırılmasıyla elde edilen çok katmanlı bir mühendislik ürünü ahşap malzemedir. Bu çapraz laminasyon tekniği sayesinde kontrplak, homojen mekanik özellikler, yüksek boyutsal stabilite ve çatlamaya karşı direnç gibi avantajlar sunar. Hem yapı sektöründe hem de diğer endüstriyel uygulamalarda yaygın olarak kullanılan kontrplak, maliyet ve performans açısından dikkat çekici bir malzeme olarak değerlendirilmektedir. Kontrplak, hem statik hem de dinamik yükler altında dayanım gösteren bir malzemedir. Katman sayısı ve kullanılan ağaç türü, mekanik özellikleri doğrudan etkiler. Güncel araştırmalar, kontrplak performansını artırmak ve hammadde tüketimini azaltmak amacıyla fiber takviyeli sistemlere odaklanmaktadır (Nakano vd., 2025). Şekil 4'te levha örnekleri görülmektedir (UAB Irmarim Wood, 2019).



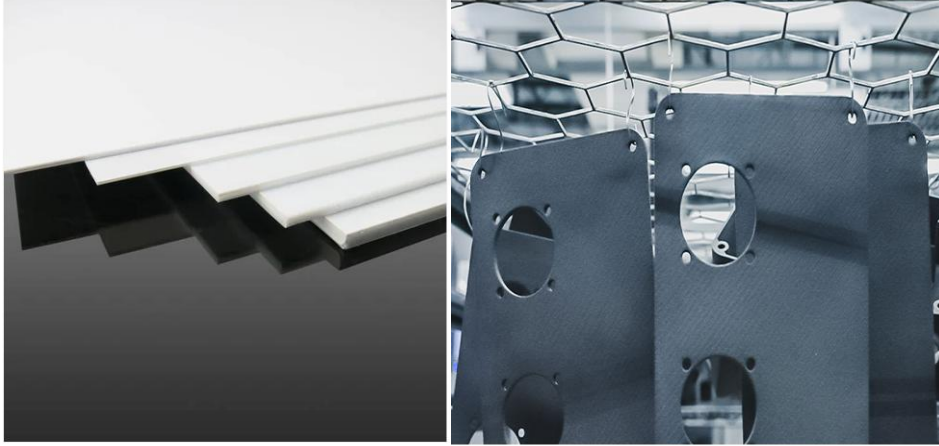
Şekil 4. Kontrplak Levha Örnekleri (İnşaatlarda Kalıp Üretiminde Sıklıkla Kullanılmaktadır)

2.2. ABS Malzeme

Akrilonitril Bütadien Stiren (ABS), üç farklı monomerin (akrilonitril, bütadien ve stiren) kopolimerizasyonu ile elde edilen mühendislik sınıfı bir termoplastiktir. Bu terpolimer yapı, ABS'ye yüksek darbe dayanımı, kimyasal direnç, yüzey sertliği ve işlenebilirlik gibi çok yönlü özellikler kazandırır. Endüstriyel tasarım, otomotiv, elektronik ve 3D baskı gibi birçok alanda yaygın olarak kullanılan ABS, hem mekanik performansı hem de üretim esnekliği açısından sürdürülebilir bir malzeme olarak değerlendirilmektedir. ABS üretimi genellikle iki aşamalı bir süreçtir. Önce bütadien kauçuğu polimerize edilir, ardından stiren ve akrilonitril bu kauçuk yapıya kopolimer olarak graflanır. Bu yapı, sert plastik ile kauçuk benzeri elastikiyetin birleşimini sağlar (Vishwakarma vd., 2017)

ABS, özellikle düşük sıcaklıklarda bile yüksek darbe dayanımı gösterir, 90–100°C'ye kadar şekil bozulmadan çalışabilir, Parlak ve sert yüzeyler elde edilebilir, elektronik muhafazalarda yaygın kullanımı destekleyen yüksek yalıtkanlık özellikleri taşır, enjeksiyon kalıplama, CNC işleme ve FDM tipi 3D baskı gibi çeşitli yöntemlerle işlenebilir. ABS biyolojik olarak parçalanabilir değildir; ancak geri dönüştürülebilir bir termoplastiktir. Atık ABS, granül haline getirilerek yeniden üretim süreçlerinde kullanılabilir. Son yıllarda, çevre dostu yüzey işlemleri ve alternatif katkı maddeleri ile ABS'nin çevresel etkisini azaltmaya yönelik çalışmalar artmaktadır (Golubović vd.,

2023). Şekil 5'te ABS levha ve ABS malzemeden üretilmiş örnekler görülmektedir (BeePlastic, 2020).



Şekil 5. ABS Levha (solda), ABS Malzemeden Üretilmiş Bir Parça (sağda)

2.3. Beton

Beton çimento, su, agrega ve kimyasal katkı maddelerinin homojen olarak karıştırılmasından oluşan; başlangıçta plastik kıvamda olup şekil verilebilen, zamanla katılaşarak sertleşerek dayanım kazanan bir yapı malzemesidir.

Taze betonun dökülebilmesi ve kalıba yerleştirilmesi için yeterince işlenebilir olması, ardından malzemenin sertleşmesi ve yapı için hesaplanan tasarım yüklerini karşılayacak asgari basınç dayanımını kazanması gerekmektedir. Priz süreleri ve su kaybı gibi faktörlerinde beton kalitesine etki ettiği unutulmamalıdır.

Yapılarda en çok kullanılan dört beton sınıfı vardır. Bunlar C20-C25-C30 ve C35 beton sınıflarıdır. C20 beton günümüzde inşaat sektöründe kullanılan en dayanıksız, güçsüz betondur. C20 betonun 1 santimetrekaresi 200 kiloluk bir yüke dayanabilecek şekildedir. Günümüzün inşaat teknolojisinde bu oran çok düşüktür. Bu beton sınıfı genel olarak Grobeton olarak kullanılmaktadır. C25 betonun, 1 santimetre karesi 250 kilogram yük taşıma kapasitesine sahiptir. Daha çok maliyeti düşürebilmek adına kullanılan C20 ve C25 betonların yapılarda güvenliği, dayanıklılığı sağlamaktan uzak olduğunu söylemek mümkündür. C30 betonun 1 santimetrekaresi 300 kilogram yük taşıyabilecek kapasiteye sahiptir ve özellikle deprem bölgelerinde yapılacak inşaatın betonunun en az C30 olması gerekmektedir (Türkiye Hazır Beton Birliği, 2025). Şekil 6'da beton yüzeyi düzleştiren bir çalışan görülmektedir (Fortelock, 2019).

Beton yüzey kalitesi, hem yapısal dayanım hem de estetik görünüm açısından yapı mühendisliğinde kritik bir parametredir. Yüzeyde oluşan boşluklar, gözenekler, çatlaklar ve renk farklılıkları; betonun dayanıklılığı, kaplama malzemeleriyle uyumu ve dış etkilere karşı direnci üzerinde doğrudan etkiye sahiptir. Bu nedenle, yüzey kalitesinin değerlendirilmesi yalnızca görsel değil, aynı zamanda mikroyapısal ve kimyasal analizlerle desteklenmelidir. Kalıp malzemesinin betonla temas eden yüzeyi, betonun priz sürecinde oluşan mikro yapı üzerinde belirleyici rol oynamaktadır. Beton yüzey kalitesini değerlendirmek için hem görsel hem de sayısal yöntemler kullanılmaktadır. Yöntemlerden birisi profilometre cihazları ile mikron düzeyinde pürüzlülük analizi yapılmasıdır. X-ray ile gözenek hacmi, dağılımı ve yoğunluğu üç boyutlu olarak incelenebilir. Bu testler daha çok betonun mikroyapısal ve kimyasal özelliklerini incelemek amacı ile yapılmaktadır. Görsel olarak değerlendirme ise bir şantiye şefi mimar tarafından yapılır ve ihtiyaca göre yüzeydeki hatalar sıva ile kapatılarak yapı elemanının estetik bir görünüme kavuşması sağlanır. Bu işlem hem ek iş gücü, maliyet ve zaman kaybına yol açmaktadır (Heimfarth vd., 2024). Şekil 7'de yüzey kalitesi düşük bir beton duvar görülmektedir (Dreamstime, 2018).



Şekil 6. Taze Betonun Düzleştirme İşlemi Yapan Bir Çalışan



Şekil 7. Yüzey Kalitesi Düşük Bir Betonarme Duvar Örneği

3. Yöntem

Araştırma kapsamında, iki farklı üretim yöntemi kullanılarak kalıp sistemleri geliştirilmiştir. İlk yöntemde, eklemeli imalat (additive manufacturing) teknolojisi kullanılarak ABS (Akrilonitril Bütadien Stiren) malzemeden kalıplar üretilmiştir. Bu yöntem, üç boyutlu yazıcılar aracılığıyla katmanlı üretim tekniğiyle gerçekleştirilmiş ve karmaşık geometrilere sahip kalıpların yüksek hassasiyetle üretilebilmesine olanak sağlamıştır. İkinci yöntemde ise, geleneksel üretim teknikleri kullanılarak kontrplak malzemeden kalıplar hazırlanmıştır. Bu kalıplar, inşaat sektöründe yaygın olarak kullanılan klasik yöntemlerle imal edilmiştir.

Her iki yöntemle üretilen kalıplar, ölçekli prototipler oluşturmak amacıyla kullanılmış ve bu prototipler yardımıyla prefabrik beton elemanlar üretilmiştir. Üretim sürecinin ardından, elde edilen beton elemanlar üzerinde görsel yüzey kalitesi değerlendirmesi yapılmıştır. Bu değerlendirme, yüzey düzgünlüğü, pürüzlülük, gözenek oluşumu ve estetik görünüm gibi kriterler üzerinden gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, kalıpların tekrar kullanılabilirlik performansı da incelenmiş; her iki kalıp türünün dayanıklılığı, deformasyon direnci ve üretim sonrası bakım gereksinimleri karşılaştırılmıştır. Bu kapsamlı analiz, eklemeli imalat yöntemiyle üretilen ABS kalıpların ve geleneksel kontrplak kalıpların sürdürülebilirlik, maliyet, kalite ve kullanım ömrü açısından avantaj ve dezavantajlarını ortaya koymayı hedeflemiştir.

Deney için gerçekte 70x70x300 cm ölçülerine sahip bir prefabrik kolon elemanı seçilmiştir. Ardından 1/20 ölçekle 3.5x3.5x15 cm ölçülerinde kare plan formuna sahip bir prefabrik yapı elemanı için kalıp tasarımları oluşturulmuştur. Kontrplak malzeme testere ile kesilerek ölçülendirilmiş ardından eklemeli imalat robotu ile üretilen taban üzerine yerleştirilmiştir. Ardından silindirik formdaki sabitleyicinin içine yerleştirilmiştir. ABS malzeme için ise bilgisayarda tasarım ve modelleme işlemleri yapılmış ardından oluşturulan model eklemeli imalat robotlarına aktarılmış ve ABS filamentler ile üretimi sağlanmıştır. Sonuç olarak özel form ve ölçülere sahip bu eleman için kontrplak ve abs malzemelerden olmak üzere iki çeşit kalıp hazırlanmıştır.

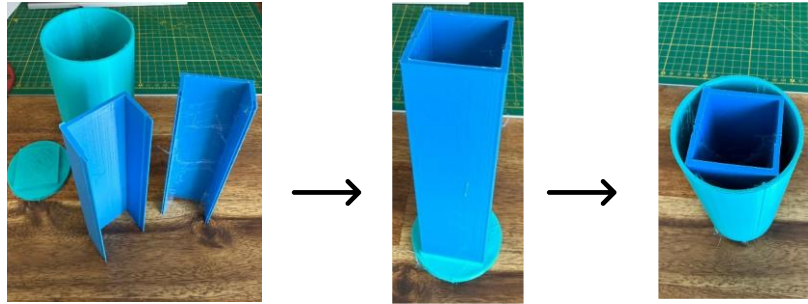
Eklemeli imalat robotu olarak Crealty K1 Max 3D yazıcı kullanılmış olup abs eleman üretiminde 0.4mm nozül çapı ile 220°C nozül ısısında, 60°C tabla ısısı ile beraber 50% hızda (180mm/s) yaklaşık 4 saatte tüm elemanların üretimi tamamlanmıştır.

Kalıpların tamamlanmasının ardından C20 sınıfı hazır beton karışımı yapılmıştır. Karışım ürün ambalajı üzerindeki tavsiyelere uyarak 3 ölçek beton ve 1 ölçek su ile hazırlanmıştır. Kalıplara döküm işlemi yapılmış ve betonun 48 saat boyunca 25 santigrat derecede açık hava koşullarında gölgede priz alması sağlanmıştır. Ek bir kimyasal kullanılmamıştır. Priz işlemlerinin ardından kalıplar sökülmüş ve yüzey kalitelerinin değerlendirilebilmesi ve kalıpların tekrar kullanım durumlarının incelenmesi amacı ile fotoğraflanmıştır.

Kalıplar eleman üretiminde ikişer kez kullanılmıştır. Kontrplak kalıp ikinci uygulama esnasında zarar görmüş ve kullanılamaz hale gelmiştir. Yüzey kalitesi görsel olarak değerlendirilmiştir, gelecek çalışmalarda farklı bir laboratuvar ortamında profilometre vb. ölçüm yöntemleri kullanılarak statik hesaplamalar için fikir elde edilebilir.

4. Bulgular

ABS Kalıpların eklemeli imalat robotlarla üretiminin ardından montaj aşamalarına geçilmiştir. Geçme sistem olarak kurgulanan silindirik yapıdaki taban ve sabitleyici ile kalıbın formunun bozulması bu sayede engellenmiştir (Şekil 8).



Şekil 8. ABS Malzemedan Üretilmiş Kalıpların Montaj Süreci

Kalıp sisteminin kurulumunun ardından beton hazırlama, kalıp yağlama ve beton dökme işlemleri gerçekleştirilmiştir. Bu işlemlerin ardından 48 saat boyunca betonun priz alması sağlanmıştır (Şekil 9).



Şekil 9. Beton Hazırlama ve Kalıba Dökme İşlemi

Priz alma işleminin ardından kalıp sökümü yapılmıştır. ABS malzemenin kolay bir şekilde kalıptan ayrıldığı gözlemlenmiş herhangi bir çatlak ve pürüzlü yüzey olduğu tespit edilmemiş böylece yüzey kalitesinin kabul edilebilir düzeyde olduğu görsel olarak kanıtlanmış ve kalıbın üzerinde hasar verecek boyutta kalıntı olmadığı tespit edilmiştir. Böylece hem kabul edilebilir düzeyde bir yüzey kalitesi hemde tekrar kullanılabilir bir kalıp sistemi elde edilmiştir (Şekil 10).



Şekil 10. ABS Kalıbın Sökülmesi ve Yüzey Kalitesinin İncelenmesi

Kontrplak levha üzerinden kesim yapılmak kaydı ile dört parça kalıp paneli elde edilmiştir. Elde edilen paneller abs malzemeden üretilmiş olan tabana sabitlenmiş ve silindirik sabitleme aparatı ile döküme hazır hale getirilmiştir. ABS kalıpta olduğu gibi aynı şartlarda ve kapta beton hazırlanmış ve kontrplak kalıba dökülmüştür (Şekil 11).



Şekil 11. Kontrplak Malzemeden Üretilmiş Kalıpların Montaj Süreci

Priz alma işleminin ardından kalıp sökümü yapılmıştır. Kontrplak malzemenin zor bir şekilde kalıptan ayrıldığı gözlemlenmiş çatlak ve pürüzlü yüzeyler olduğu tespit edilmiş böylece yüzey kalitesinin kabul edilebilir düzeyde olmadığı görsel olarak kanıtlanmış ve kalıbın üzerinde hasar verecek boyutta kalıntı olduğu tespit edilmiştir. Böylece kabul edilebilir düzeyde olmayan bir yüzey kalitesi ve tekrar kullanılamayacak durumda bir kontrplak kalıp malzemesi ortaya çıkmıştır (Şekil 12).



Şekil 12. Kontrplak Kalıbın Sökülmesi ve Yüzey Kalitesinin İncelenmesi

Şekil 13 ve Şekil 14 görsellerinde görüldüğü üzere ABS ve Kontrplak kalıpların tekrar kullanım ve prefabrik eleman yüzey kalitesindeki farklar bariz olarak açığa çıkmaktadır.



Şekil 13. Kalıpların Üretim Sonrası Karşılaştırılması



Şekil 14. Prefabrik Elemanların Üretim Sonrası Yüzey Kalitelerinin Kıyaslanması

SONUÇ

Bu çalışma kapsamında, prefabrik beton eleman üretiminde farklı kalıp malzemelerinin ABS ve kontrplak yüzey kalitesi ve tekrar kullanıma uygunluğu bakımından karşılaştırmalı değerlendirmesi yapılmıştır.

ABS malzemedan eklemeli imalat yöntemiyle üretilen kalıplar, priz alma işlemi sonrasında sorunsuz ve kolay biçimde beton yüzeyinden ayrılmış, herhangi bir yüzey bozukluğu veya çatlak oluşumu gözlemlenmemiştir. Görsel analizlerde, yüzey kalitesinin kabul edilebilir düzeyde olduğu ve kalıp üzerinde hasar yaratacak kalıntı oluşmadığı tespit edilmiştir. Bu sonuçlar, ABS kalıbın hem estetik beklentileri karşılayan yüzey kalitesi sunduğunu hem de tekrar kullanılabilirliği yüksek bir üretim çözümü olarak değerlendirilebileceğini göstermektedir.

Öte yandan, kontrplak malzemedan geleneksel yöntemle imal edilmiş kalıplarda, priz sonrası betonun kalıptan zor ayrıldığı, yüzeyde belirgin çatlaklar ve pürüzlü alanlar olduğu görülmüştür. Görsel incelemelerde, beton kalıntılarının kalıp yüzeyinde deformasyona yol açtığı ve kalıbın tekrar kullanılamayacak düzeyde hasar aldığı tespit edilmiştir. Bu bağlamda kontrplak kalıp sisteminin, hem düşük yüzey kalitesi hem de sınırlı kullanım ömrü nedeniyle özellikle detay hassasiyeti gerektiren tasarımlarda uygun bir alternatif olmadığı ortaya konmuştur.

Genel olarak değerlendirildiğinde, ABS malzemedен üretilmiş kalıp sistemleri; modern üretim teknolojileriyle uyumlu, tasarıma hassasiyetle cevap veren ve sürdürülebilir üretim döngüsüne entegre edilebilecek nitelikte bir çözüm sunmaktadır. Geleneksel kontrplak kalıplar ise ekonomik avantajlarına rağmen yüksek yüzey kalitesi ve tekrar kullanıma yönelik beklentileri karşılamakta yetersiz kalabilmektedir.

Gelecek çalışmalarda bu araştırmanın bulguları, eklemeli imalat yöntemiyle üretilen ABS kalıpların yüzey kalitesi ve tekrar kullanılabilirlik açısından önemli avantajlar sunduğunu ortaya koymuştur. Ancak, bu sonuçların farklı malzeme türleri ve üretim parametreleriyle genişletilmesi gerekmektedir. Gelecek çalışmalarda, PETG, TPU gibi alternatif termoplastik malzemeler kullanılarak eklemeli imalat yöntemleriyle kalıp üretimi gerçekleştirilebilir ve bu kalıpların mekanik dayanım, yüzey kalitesi ve kullanım ömrü performansları ABS kalıplarla karşılaştırılabilir. Ayrıca, farklı yazdırma parametrelerinin (katman kalınlığı, doluluk oranı, baskı yönü) kalıp dayanıklılığı ve yüzey kalitesine etkisi incelenebilir. Bunun yanı sıra, çevresel sürdürülebilirlik analizleri yapılarak malzeme tüketimi, enerji kullanımı ve karbon ayak izi açısından eklemeli imalat ve geleneksel yöntemler karşılaştırılabilir. Son olarak, endüstriyel ölçekte uygulama senaryoları ve maliyet analizleri gerçekleştirilerek bu teknolojilerin inşaat sektöründe yaygın kullanım potansiyeli değerlendirilebilir.

KAYNAKÇA

- Ahmed, M.T. (2020). "Sustainability assessment model for concrete formwork system." *Advanced Materials Research*, 598, 360–364. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.598.360>
- BeePlastic, (2020). Top 10 uses of ABS plastic sheets in the signage and display industry. <https://www.beeplastic.com/blogs/plastic-insights/top-10-uses-of-abs-plastic-sheets-in-the-signage-and-display-industry>
- Delaqua, V. (2017). 10 projects that illustrate the huge potential of prefab. ArchDaily. <https://www.archdaily.com/872383/5-projects-that-illustrate-the-huge-potential-of-prefab>
- Dreamstime, (2018). Concrete surface with poor quality coating deteriorating due to external factors. <https://www.dreamstime.com/concrete-surface-poor-quality-coating-has-already-begun-to-gradually-deteriorate-due-external-factors-weather-image168119520>
- Fortelock, (2019). Çimento zeminleri anlamak. <https://www.fortelock.com.tr/blog/cimento-zeminleri-anlamak>
- Golubović, Z., Danilov, I., Bojović, B., Petrov, L., Sedmak, A., Mišković, Ž., Mitrović, N. (2023). "A comprehensive mechanical examination of ABS and ABS-like polymers additively manufactured by material extrusion and vat photopolymerization processes." *Polymers*, 15(21), 4197. <https://www.mdpi.com/2073-4360/15/21/4197>
- Heimfarth Dapper, S., Belebchouche, C., Badi, F.Z. (2024). "Impact of formwork materials on concrete surface quality." *Buildings*, 14(11), 3450. <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1824805/FULLTEXT01.pdf>
- Monfared, V., Kim, H.S., Lee, J.H. (2023). "Science and technology of additive manufacturing progress: Processes, materials, and applications." *Metals and Materials International*, 29, 3442–3470. <https://doi.org/10.1007/s12540-023-01467-x>
- Nakano, K., Hattori, N., Koide, M., Imago, M., Yamada, Y., Ogawa, T., Toyoshima, Y. (2025). "Environmental impacts of structural and concrete formwork plywood in Japan." *Journal of Wood Science*, 71(25). <https://jwoodscience.springeropen.com/articles/10.1186/s10086-025-02202-3>
- Nilimaa, J., Gamil, Y., Zhaka, V. (2023). "Formwork engineering for sustainable concrete construction." *CivilEng*, 4(4), 1098–1120.

- OceanBIM, (2023). Formwork drawing: How to create accurate formwork drawings in Revit. OceanBIM Blog. <https://blog.oceanbim.com/formwork-drawing/>
- Protolabs, (2019). ABS plastic material properties. <https://www.protolabs.com/materials/abs/>
- TechPally, (2023). Additive manufacturing applications and examples. TechPally. <https://techpally.com/additive-manufacturing-applications/>
- Türkiye Hazır Beton Birliği, (2025). Beton nedir? <https://www.thbb.org/teknik-bilgiler/beton-nedir/>
- UAB Irmarm Wood, (2019). 20 types of plywood and grades used in interior and exterior. <https://uabirmarmwood.com/20-types-of-plywood-and-grades-used-in-interior-and-exterior/>
- Vishwakarma, S., Kumar, A., Kumar, R. (2017). "Characterization of abs material: a review." *Journal of Research in Mechanical Engineering*, 3(5), 13-16. <https://www.questjournals.org/jrme/papers/vol3-issue5/C351316.pdf>
- West, M. (2021). Review on the use of flexible formworks for concrete structures. *Revista IBRACON de Estruturas e Materiais*.
- Wu, X., Han, J., Cui, H., Li, T., Bai, X., He, Y., Liu, N. (2024). "A comparative review of recent research progress in prefabricated buildings in China and other countries." *Buildings*, 14(4), 1062. <https://www.mdpi.com/2075-5309/14/4/1062>

KATKI ORANI BEYANI VE ÇIKAR ÇATIŞMASI BİLDİRİMİ

Sorumlu Yazar <i>Responsible/Corresponding Author</i>		ŞAMİL CAN GÜDER		
Makalenin Başlığı <i>Title of Manuscript</i>		PREFABRİK BETON ELEMAN ÜRETİMİNDE ABS MALZEMEDEN EKLEMELİ İMALATLA ÜRETİLMİŞ KALIPLARIN GELENEKSEL YÖNTEMLERLE KONTRPLAK MALZEME İLE ÜRETİLMİŞ KALIPLARLA KARŞILAŞTIRILMASI: YÜZEY KALİTESİ VE TEKRAR KULLANIM PERFORMANSINA YÖNELİK DENEYSEL BİR DEĞERLENDİRME		
Tarih <i>Date</i>		15.07.2025		
Makalenin türü (Araştırma makalesi, Derleme vb.) <i>Manuscript Type (Research Article, Review etc.)</i>		Araştırma makalesi		
Yazarların Listesi / List of Authors				
<i>Sıra No</i>	Adı-Soyadı <i>Name - Surname</i>	Katkı Oranı <i>Author Contributions</i>	Çıkar Çatışması <i>Conflicts of Interest</i>	Destek ve Teşekkür (Varsa) <i>Support and Acknowledgment</i>
1	ŞAMİL CAN GÜDER	%100	Yoktur	