





Architectural design – structural system conformity problems encountered in the design and application processes of stick aluminium curtain wall systems in Turkey

Müge Saban¹ , Cengiz Özmen^{2*} 

¹Altes Aluminium, Ankara, 06909, Ankara, Turkey

²Çankaya University, Faculty of Architecture, Department of Architecture, 06530, Ankara, Turkey,

Highlights:

- Stick aluminium curtain wall systems
- Architectural problems encountered in structural system design
- Curtain wall design and production process

Keywords:

- Curtain wall
- Structural system
- Architectural design

Article Info:

Research Article
Received: 19.04.2021
Accepted: 21.08.2021

DOI:

10.17341/gazimmfd.922094

Correspondence:

Author: Cengiz Özmen
e-mail:
cengizozmen@cankaya.edu.tr
phone: +90 312 284 4500 /
278

Graphical/Tabular Abstract

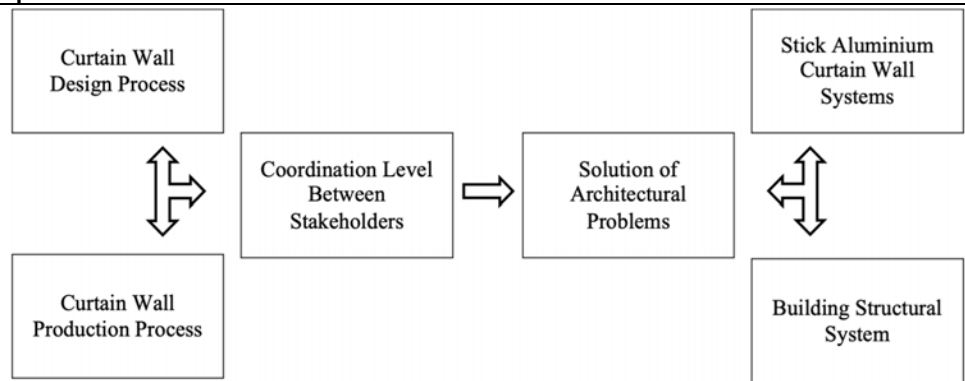


Figure A. Underlying mechanism beneath the architectural problems encountered in the interaction between stick aluminium curtain wall systems and the building structure

Purpose: The purpose of this study is to determine the architectural problems encountered in the interaction between the stick aluminium curtain wall systems and the building structure.

Theory and Methods:

It was theorized that the reason behind the architectural problems encountered in the interaction between the curtain wall and the building structure was closely related with the design and production process. A literature survey was conducted to assess the current state of the curtain wall technology. This was followed by case studies that clearly demonstrate the architectural problems in curtain wall-structural system interaction.

Results:



Architectural problems encountered in curtain wall-structural system interaction are found to be related with the design and production processes, specifically rooted in the mutual roles and relationships of the various stakeholders as well as the generally unpredictable character of the construction industry.

Conclusion:

This study concludes that the architectural problems encountered in curtain wall-structural system interaction can be solved by the selection and detailing of the stick aluminium curtain wall systems early in the design process and by the close cooperation between the stakeholders involved in the curtain wall design and construction.



Türkiye’de çubuk alüminyum giydirmce cephe sistemlerinin tasarım ve uygulama süreçlerinde mimari tasarım – taşıyıcı sistem uyum sorunları

Müge Saban¹ , Cengiz Özmen^{2*} 

¹Altes Alüminyum, Ankara, 06909, Ankara, Türkiye

²Çankaya Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, 06530, Ankara, Türkiye

Ö N E Ç İ K A N L A R

- Çubuk alüminyum giydirmce cephe sistemleri
- Taşıyıcı sistem tasarımında karşılaşılan mimari sorunlar
- Giydirmce cephe tasarım ve üretim süreçleri

Makale Bilgileri

Araştırma Makalesi
Geliş: 19.04.2021
Kabul: 21.08.2021

DOI:

10.17341/gazimmfd.922094

Anahtar Kelimeler:

Giydirmce cephe,
taşıyıcı sistem,
mimari tasarım

ÖZ

Çubuk alüminyum giydirmce cepheler (ÇAGC) Türkiye’de yaygın kullanılan giydirmce cephe sistemleridir. Bu sistemler mimari çeşitlilik sağlamaya elverişli doğaları, modüler yapıları, üretim ve montaj kolaylığı ile ekonomik olmaları gibi olumlu özellikler sunmaktadır. Mimari özelliklerinin yanı sıra ÇAGC sistemleri yapı taşıyıcı sistemine asılan elemanlar olarak yapılar üzerinde önemli yük etkileri oluşturmaktadır. Bu yük etkileri düşey yükler kadar rüzgar ve deprem gibi önemli dinamik ve yanal etkileri de içermektedir. Yük aktarımı tek yönlü değildir. Yapı taşıyıcı sistemlerinin düşey ve yanal yer değiştirmeleri de giydirmce cepheler üzerinde yük etkileri oluşturmaktadır. Bu karşılıklı etkileşimin sağlıklı bir şekilde gerçekleşmesi ÇAGC tasarım ve uygulamalarında verilen mimari kararlar ile yakından ilişkilidir. Yaygın kullanılan sistemler oldukları için ÇAGC sistemlerin tasarım ve uygulamalarında mimari hatalara rastlanmaktadır. Bu hatalar genellikle inşaat süreçlerinin geç aşamalarında ortaya çıkmakta ve yapı mimarisi ile taşıyıcı sistem davranışlarını etkileyecek çözümlerin üretilmesini gerektirmektedir. Çalışma kapsamında ÇAGC tasarım üretim ve uygulama süreçleri incelenmiş, bu süreçlerde verilen mimari kararların giydirmce cephe ile yapı taşıyıcı sistemini nasıl etkilediği araştırılmıştır. Türkiye’de gerçekleştirilen ÇAGC sistem uygulamaları arasından mimari hatalar içeren örnekler seçilerek bu örnekler bazında sorunların nedenleri ve çözüm yöntemleri incelenmiş, sınıflandırmaları yapılmıştır. Sağlıklı ÇAGC tasarım ve uygulamaları için bütün paydaşların sürecin başından itibaren beraber çalışmaları gerekliliği vurgulanmıştır.

Architectural design – structural system conformity problems encountered in the design and application processes of stick aluminium curtain wall systems in Turkey

H I G H L I G H T S

- Stick aluminium curtain wall systems
- Architectural problems encountered in structural system design
- Curtain wall design and production process

Article Info

Research Article
Received: 19.04.2021
Accepted: 21.08.2021

DOI:

10.17341/gazimmfd.922094

Keywords:

Curtain wall,
structural system,
architectural design

ABSTRACT

Stick aluminium curtain wall (SACW) systems are common curtain wall systems in Turkey. These systems offer many advantages including architectural variation, modular design, ease of production and assembly. Beside their architectural properties SACW systems create significant load effects on structural systems. These load effects include lateral loads such as seismic and wind loads as well as static vertical loads. This load transfer is not one way. The vertical and lateral displacements of building structures also act on curtain walls. Healthy load transfer between the SACW and the building depends on architectural decisions during the design and construction process. Due to their wide use SACW systems are prone to architectural mistakes. These mistakes often represent themselves at latter stages of the construction and require solutions which will affect the architectural characteristics and structural behavior of buildings. This study focuses on SACW design and construction processes to find the effects of architectural decisions on curtain wall behavior. Case studies that include architectural design mistakes are selected to classify and study the reasons and the solutions of these mistakes. The importance of cooperation between all the stakeholders including the architects and engineers is emphasized for the prevention of these mistakes.

*Sorumlu Yazar/Yazarlar / Corresponding Author/Authors : mgesaban@gmail.com, *cengizozmen@cankaya.edu.tr /

Tel: +90 312 284 4500 / 278

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Çubuk alüminyum giydirmeye cephe (ÇAGC) sistemleri günümüz mimarları tarafından cephe çözümlerinde yaygın olarak tercih edilmektedir. Tasarım, üretim ve montaj kolaylığının yanı sıra ekonomik çözümler de sunan bir sistem olması kullanım alanlarının artmasını sağlamış bu da yaygın bir üretim ve imalat sanayinin gelişmesine imkân vermiştir. Bu sayede ÇAGC sistemleri kendini destekleyen bir piyasa döngüsü içerisinde oldukça yaygınlaşmıştır. İlk başlarda yüksek katlı ofis yapılarının cephelerinde tercih edilen bir çözüm iken hem tasarımcıların hem de imalatçıların ÇAGC sistemlerinin kullanımına giderek daha aşına olmasının bir sonucu olarak yüksekliği, ölçeği ve fonksiyonundan bağımsız olarak her tür yapıda kullanılan bir çözüm haline gelmiştir.

Bu çalışmada ÇAGC sistemlerinin yapıların taşıyıcı sistemleri ile hem mimari hem de yapısal yönden etkileşimi ve bu alanda karşılaşılan mimari sorunların ortaya konması amaçlanmıştır. Bu amaca yönelik olarak çalışmanın ikinci bölümünde çalışmaya temel olan araştırma sorusuna ek olarak, çalışmanın kapsamı ve yöntemi açıklanmıştır. Çalışmanın üçüncü bölümünde ÇAGC sistemlerinin tasarım ve uygulama süreçleri incelenmiş ve giydirmeye cephe ile taşıyıcı sistem arasında yaşanan mimari sorunların süreç temelli kaynakları ortaya konulmuştur. Dördüncü bölümde ÇAGC sistemlerinin yapıların taşıyıcı sistemleriyle etkileşimi anlatılmıştır. Beşinci bölümde ülkemizde yapılan ÇAGC uygulamalarında yaygın olarak karşılaşılan giydirmeye cephe ve taşıyıcı sistem etkileşimi sorunları sınıflandırılmıştır. Bu sorunların ortaya çıkış ve çözüm şekilleri anlatım gücü yüksek örnekler üzerinden ortaya konularak tartışılmıştır. Çalışmanın son bölümünde süreç incelemeleri ve örnek incelemelerinden elde edilen sonuçlar özetlenerek bu konuda yapılabilecek iyileştirmeler önerilmiştir.

2. AMAÇ, KAPSAM VE YÖNTEM (OBJECTIVE, SCOPE AND METHODOLOGY)

ÇAGC sistemlerinin tasarım ve uygulanma süreçleri, projelerin kapsam ve niteliğine de bağlı olarak, pek çok paydaşın bir arada çalışmasını gerektiren çok yönlü, karmaşık ve sorunların ortaya çıkmasına açık bir ortam yaratmaktadır. Bu çalışma, Türkiye bağlamında, ÇAGC sistemlerinin üzerine uygulandıkları yapının taşıyıcı sistemi ile karşılıklı etkileşiminde ortaya çıkan mimari sorunlar nedir, nasıl sınıflandırılabilir ve bu sorunların çözümünde mimarlar ve inşaat mühendisleri hangi rolleri oynamaktadır sorularını sormuş ve cevap aramıştır. Çalışmanın gerçekleştirilmesindeki amaç ülkemizde ÇAGC sistemlerinin tasarım ve uygulamasında yer alan veya yer alacak mimar ve inşaat mühendislerine kılavuzluk edecek bir güncel durum tespiti yapmak, karşılaşılan başlıca sorunları sınıflandırmak, bu sorunlara sahada bulunan çözümleri eleştirel bir bakış açısıyla irdelemektir. Giydirmeye cephe sistemleri sınıflandırma açısından çeşitlilik göstermektedir.

Çalışma kapsamında ilk sınırlandırma ülkemizde ve dünyada en yaygın olarak kullanılan sistemlerden olan çubuk alüminyum sistemler ile sınırlandırılmıştır. Buna ek olarak ÇAGC sistemlerinin tasarım ve üretim aşamaları oldukça geniş ve çok boyutlu bir süreci tariflediğinden çalışma ÇAGC sistemlerinin uygulama tasarımı ve montaj aşamaları sırasında karşılaşılan mimari sorunlar üzerine odaklanmıştır. Sürecin bu aşamasına önem verilmesinin nedeni ülkemizde yapı imalatının görece geç aşamalarında ortaya çıkan giydirmeye cephe-taşıyıcı sistem etkileşimi sorunlarının genellikle giydirmeye cephe yüklenicileri adına çalışan mimar ve mühendisler tarafından, eldeki imkanların bağlam tarafından görece sınırlandığı bir ortam içerisinde ve mesleki yetilerin optimum derecede kullanılmasıyla çözülmeye çalışmasıdır. Mesleklerinin erken veya orta aşamalarında bulunan pek çok mimar ve inşaat mühendisinin ÇAGC uygulamalarında karşılaşılabileceği sorunların akademik bir çalışmayla ele alınmasının mevcut literatüre katkı sağlayacağı değerlendirilmiştir.

Araştırma kurgusunun ilk aşamasını kapsamlı bir literatür araştırması oluşturmuştur. Yapı sektörü ile arakesit oluşturan mimarlık, mühendislik disiplinleri ve malzeme bilimi gibi çeşitli alanlarda faaliyet gösteren araştırmacılar ÇAGC sistemleri üzerine geniş bir bilimsel literatür oluşturmuşlardır. Bu araştırma temel olarak ÇAGC uygulamalarının taşıyıcı sistemle olan etkileşimi ve bu etkileşimde görülen mimari hatalar üzerine odaklandığından literatür taramasında belirli daraltmalar yapılmıştır. Giydirmeye cephelerin mimari tasarım ve detaylandırmaları, üretim süreçleri ve bu süreçte yer alan paydaşlar gibi konular cephelerin taşıyıcı sistem davranışı ve bu alandan yapılan mimari hatalar ile iç içe geçmiş durumda olduğundan bu alanlara ait çalışmalara öncelik verilmiştir. ÇAGC sistemlerinin statik ve dinamik özellikleri üzerine yapılan çalışmalar üzerine de yoğunlaşmıştır.

Literatür taraması kapsamında ilk olarak giydirmeye cephelerin mimari tasarım ve detaylandırmaları, üretim süreçleri, performans kriterlerine hâkim olan parametreler ile imalat sanayinin yapısı hakkında uluslararası ve ulusal bilimsel literatür incelenmiştir. Uluslararası alanda ÇAGC süreçleri ve endüstrisi konusunda en dikkate değer çalışmalardan birinin Klein [1] tarafından yapıldığı görülmektedir. Klein Avrupa özelinde giydirmeye cephe sektörü için bir endüstri haritalaması yapmış, giydirmeye cephelerin tasarım ve imalat süreçlerini incelemiş ve bu süreçlerin daha verimli hale getirilebilmesi için öneriler geliştirmiştir. Azcarate-Aguerre vd. [2] Avrupa ülkelerinde ÇAGC tasarım ve üretim süreçlerini ayrıca çeşitli paydaşların sürece dahil olma şekillerini incelemişlerdir. Chen ve Lu [3] giydirmeye cephe sistemlerinin iç yapıları nedeniyle tasarım ve üretimlerinin pek çok disiplinden uzmanlaşmış paydaşlar ve karmaşık üretim süreçlerini gerektirdiği ve bu nedenle diğer yapı sistemlerinin aksine mimarlar tarafından sınırlı düzeyde hakim olunabilen bir alan olduğunu belirtmişlerdir. Ulusal bilimsel literatür bağlamında Güzel ve Sönmez [4] ısı genleşme, deprem,

rüzgâr, yer çekimi gibi etmenlerin ÇAGC üzerinde yarattığı dinamik etkileri incelemiş, cephelerin bu ana kriterlere göre performans kriterlerini tartışmışlardır. Köse Kır [5] giydirme cephe sistemleri tasarım sürecinin mimari tasarım süreciyle ilişkisi üzerine bir inceleme yapmış, giydirme cephelerin sistemleşme süreci hakkında bilgiler vermiştir. Bertan [6] giydirme cephelerin tasarım ve yapım sürecinin analizi ve Türkiye'deki durumunu değerlendirmiş bu süreçler içerisinde olan paydaşları incelemiştir. Köksoy [7] yüksek binalarda taşıyıcı sistem ile cephe ilişkisini ve giydirme cephe düzenlerini incelenmiştir. Köksoy giydirme cephe sistemlerinin sınıflandırılmasını yapmış, hafif giydirme cepheler üzerine yoğunlaşmıştır. Atalay [8] doğru ÇAGC sistemi seçiminin performans kriterlerine ulaşmada kritik rolüne değinmiş, bu seçim sürecinde cephe danışmanlarının ve ÇAGC üretici ile uygulayıcılarının önemli rol üstlenmesi gerektiğini belirtmiş, ÇAGC üretim sürecini detaylı olarak analiz etmiştir. Gülbağ [9] ÇAGC uygulamalarının cephelerin olumlu ve olumsuz yönlerini anlatarak, giydirme cephelerin uygulanması sırasında doğru seçimin yapılması için yol gösterici bir çalışma yapmıştır. Güvenli [10] ÇAGC boyutlandırması ve standartlaşmasının endüstrileşme ile ilişkisini araştırmış, bu ilişkinin mimari tasarım üzerindeki olumlu ve olumsuz yönlerini tartışmıştır. Koçak [11] ÇAGC sistemlerinin karşılaştırmalı maliyet analizleri üzerine çalışmış, giydirme cephelerin tasarım ve üretiminde en büyük maliyet kalemlerinin hangi noktalarda oluştuğunu tespit etmiştir.

Literatür taramasında üzerine yoğunlaşılacak ikinci alan giydirme cephe sistemlerinin kendi içerisinde ve yapılarla etkileşimindeki statik ve dinamik özellikleri üzerine yapılan çalışmalardır. Bu alanda uluslararası literatür incelendiğinde Baniotopoulos vd. [12] ÇAGC uygulamalarında tercih edilen alüminyum ve cam malzemelerin gerilme-gerinim değerleri açısından çok benzeşmelerinden ötürü beraber kullanımının uygun olduğunu belirtmiş ancak cam malzemelerin elastoplastik davranış göstermemeleri nedeniyle alüminyumdan farklılaştığını vurgulamışlardır. Marchand vd. [13] ÇAGC modüllerinin çarpma ve patlama gibi öngörülmesi güç ani kullanım yükleri altında davranışlarını hem laboratuvar hem de modelleme yöntemleriyle incelemiş giydirme cephe sistemlerinin taşıyıcı çerçevesini oluşturan alüminyum profillerin tasarım süreçlerinde ve vizyon bölümlerinde kullanılan cam panellerin seçiminde hakim olması gereken parametreleri tartışmışlardır. Naqash vd. [14] ÇAGC uygulamalarında kullanılan alüminyum profillerin sınır durumlar yöntemi ile yapılan taşıma gücü hesaplarında deformasyon etkilerinin önemine dikkat çekmiştir. Barnaure ve Voiculescu [15] sismik yükler altında ÇAGC ve yapı ötelenmeleri arasındaki etkileşimi incelemiştir. Wan Wong [16] yüksek yapılardaki ÇAGC uygulamalarında çeşitli performans kriterlerinin sağlanmasına yönelik mühendislik hesaplarının karmaşık yapısı üzerine odaklanmıştır. Ulusal bilimsel literatür de incelenmiştir. Tığ [17] giydirme cephelerin deprem ve rüzgâr yükü etkisi altındaki davranışlarını analiz etmiştir. Kızıllar [18] ÇAGC uygulamasında en kritik rolü üstlenen alüminyum profillerin malzeme ve üretim süreçlerini tartışmış, bu profillerin yapıyı

etkileyen çeşitli yük durumları altında statik ve dinamik açıdan performanslarını incelemiştir. Sarar [19] ÇAGC iç taşıyıcı sistemlerinin tasarlanmasında modüler bakış açısının önemine değinmiş. ÇAGC taşıyıcı sisteminin seçimi için çok kriterli karar verme yöntemlerini kullanılarak analizler yapmış, alternatif önerilerde bulunmuştur. Sözüer [20] ÇAGC uygulamalarının yapıların dinamik özellikleri üzerine etkilerini incelemiş, örnek vakalar üzerinden giydirme cephelerin yapı davranışına etkisine hakim olan parametrelerini tespit etmiştir. Terzioğlu [21] giydirme cephelerin performans değerlendirmesinde deney ve hesaplama yöntemine alternatif olarak yapılandırılmış bilimsel uzman görüşü yönteminin dinamikleri üzerine çalışmış, bu yöntemin giydirme cephelerin teknoloji bakış açılı analizine etkisini araştırmıştır.

Literatür araştırması sonucunda giydirme cephe sistemleri konusunda yapı tasarım ve imalatına dahil olan bütün paydaşların kendi uzmanlık alanları ile ilgili kapsamlı çalışmalar yaptığı gözlemlenmekle beraber özellikle mimarlar ve inşaat mühendislerinin beraber dahil olduğu disiplinler arası çalışmalar konusunda bir eksiklik olduğu gözlemlenmiştir. ÇAGC uygulamalarının giderek yüksek teknoloji gerektiren yapısı ve teknolojinin hızla gelişim hızının özellikle mimarlık ve mühendislik disiplinleri arasındaki ayrışmayı güçlendirdiği gözlemlenmektedir. Bu çalışma mimarlık ve inşaat mühendisliği disiplinlerinin ÇAGC uygulamaları alanında beraber çalışmasının kritik rol oynadığı varsayımından yola çıkarak giydirme cephe ve yapı taşıyıcı sisteminin uyumu ve bu konuda yapılan mimari hataların belgelenmesi üzerine yoğunlaşmıştır.

Araştırmanın ikinci aşamasında literatür taramasından elde edilen bulgular sentezlenerek ÇAGC uygulamalarının tasarım ve uygulama süreçleri incelenmiş, yurt dışı ve yurt içi süreçler arasındaki benzerlik ve farklılıklar arasında karşılaştırmalar yapılmıştır. ÇAGC sistemlerinin tasarım ve üretiminin ileri aşamaları olan uygulama tasarımı ve montaj süreçlerinde yer alan mimar ve inşaat mühendislerinin karşılaştığı sorunlar üzerine odaklanılmıştır. Sürecin bu aşamalarında hem yapı hem de ÇAGC sistemleri hakkında genel kararlar verilmiş ve hatta bazı durumlarda yapının inşaatı büyük ölçüde tamamlanmış bulunmaktadır. Bunun sonucu olarak ÇAGC imalatında yer alan mimar ve mühendisler var olan bir taşıyıcı sistem ve seçimi yapılmış bir ÇAGC sisteminin imalatı ve sağlıklı bir şekilde beraber çalıştırılması görevini üstlenmektedirler. Söz konusu paydaşların, ülkemiz bağlamında, bu aşamada hangi sorunlarla karşılaştıkları ve bu sorunlara nasıl çözüm ürettikleri daha önce üzerinde kapsamlı bir literatürün oluşmadığı bir alan olarak göze çarpmaktadır.

Üçüncü aşamada ülkemizdeki ÇAGC sistemlerinin uygulama tasarımı ve montaj süreçlerinde yer alan paydaşlar olan sistem evleri, alt yükleniciler ve bu paydaşlar adına görev yapan mimar ve inşaat mühendisleri ile temas kurularak sahada karşılaşılan sorunlar hakkında bilgi alınmıştır. Bilgi toplama süreci 2019-2020 yılları arasında bir yıllık bir süreçte gerçekleştirilmiş, örnek yapılara ait

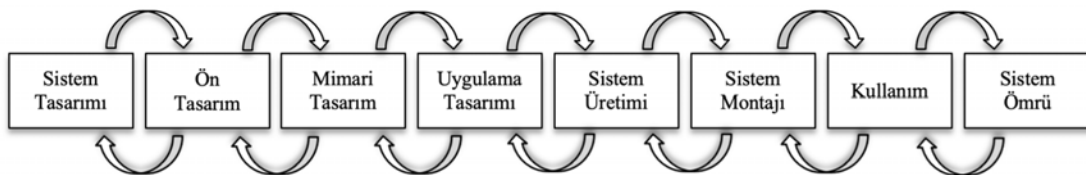
uygulama projeleri ve statik hesap raporlarına ulaşılmış, paydaşlar ile sözlü görüşmeler gerçekleştirilmiştir. Bu aşamada, çalışma için veri sağlayan sistem evi tarafından geliştirilmiş ÇAGC sistemlerine ait tip giydirme cephe uygulama projeleri yapan inşaat mühendisliği firması ile temasa geçilerek aynı yerleşke içerisindeki 10 adet yapıya ait mimari ve statik uygulama projeleri elde edilmiştir. Bu tip projeler yüksek mimar ve yüksek mühendis unvanına sahip mimar ve inşaat mühendisleri tarafından gerçekleştirilmiştir. Ek olarak, uygulama tasarımı aşamasında, daha önceki aşamalarda çözülmemiş olduğu anlaşılan mimari-yapısal detayların projelendirme ve statik hesaplarını yapan danışman firma ile temasa geçilerek söz konusu 10 adet yapıya ait 4 adet detay revizyon projesi ve statik hesap raporları elde edilmiştir. Bu hesaplar mesleğinde 25 yıllık deneyime sahip bir inşaat mühendisi tarafından yapılmıştır. Mimari detay geliştirme aşamasında cephe yüklenicisi adına çalışan ve mesleğinde 2-10 yıl deneyimli mimarlar görev almıştır. İmalat sonrası tespit edilen uygulama hataları ve bunların mimari-taşıyıcı etkilerinin örneklendirilmesi aşamasında yine söz konusu 10 adet yapıya ait 5 adet detay kontrol-revizyon projesi ve statik hesap raporlarına ulaşılmıştır. Bu hesaplar mesleğinde 15 yıl deneyimli doktora unvanına sahip bir inşaat mühendisi tarafından yapılmıştır. Elde edilen mimari ve statik hesap verileri her ne kadar sınırlı bir veri havuzu oluştursa da söz konusu projelerin Türkiye genelinde uygulanan geniş kapsamlı, yerleşke formatında ve tip proje karakterinde yapılara ait olması nedeniyle çalışma sonucunda varılan sonuçların görece olarak benzer bağlamlar içerisinde yaygın bir geçerliliğe sahip olduğu değerlendirilmektedir.

Daha önce belirtildiği üzere, mevcut literatürde ÇAGC sistemlerinin rüzgar ve deprem yükleri altındaki dinamik davranışı ve modüler bazda yapı taşıyıcı sistemiyle ilişkisi üzerine simülasyon veya laboratuvar ortamında yapılmış bilimsel çalışmalar olmakla beraber ÇAGC sisteminin bir bütün olarak yapının taşıyıcı sistemine uygulanmasında karşılaşılan sorunlar üzerine derinlemesine yapılmış çalışmalara ulaşamamıştır. Bu nedenle araştırmaya katılmayı kabul eden paydaşlar tarafından akademik kullanıma yönelik ve proje bağlamından bağımsız sunulmak kaydıyla sağlanan belge ve bilgilerden yola çıkılarak ÇAGC sistemlerinin yapının taşıyıcı sistemiyle etkileşiminde karşılaşılan mimari uyum sorunlarının sınıflandırması yapılmıştır. Bu sınıflandırma literatür taramasına ek olarak elde edilen bilgi ve belge havuzunun belirlediği bağlam içerisinde araştırmacılar tarafından gerçekleştirilmiştir. Dördüncü aşamada, ülkemizde ÇAGC sistemlerinin uygulama tasarımı

ve montaj süreçlerinde ortaya çıkan mimari uyum sorunları ve hatalar Flyvbjerg'in [22] belirttiği gibi "çarpıcı örneklerin anlatıcı gücü" üzerinden irdelenmiştir. Süreçlerin çeşitli aşamalarından kaynaklanan uygulama hataları ve bunların çözümü için bulunan çoğu zaman "doğaçlama" niteliğindeki çözümler çarpıcı örnekler vasıtasıyla aktarılmış ve çözüm önerileri getirilmiştir. Bu noktada elde edilen belge, bilgi ve görseller şeklinde elde edilen verilerin sınırlı bir örnek havuzundan elde edildiği belirtilmelidir. Bu veri havuzundan yola çıkarak Türkiye'deki ÇAGC uygulamalarının genel durumu hakkında çok kesin yargılar vermekten kaçınılmakla beraber belgelenen örneklerin büyük ölçekli, kamusal nitelikte ve ülkemizin farklı coğrafyalarında uygulanan tip proje niteliğindeki yapılardan alınmış olması elde edilen bulguların genel durum hakkında araştırmacılar ve uygulayıcıların yararlanabileceği bir başlangıç noktası oluşturduğu düşünülmektedir.

3. ÇUBUK ALÜMİNYUM GIYDIRME CEPHE SİSTEMLERİNİN TASARIM VE UYGULAMA SÜRECİ (DESIGN AND APPLICATION PROCESS OF STICK ALUMINIUM CURTAIN WALL SYSTEMS)

İnşaat sektörü ve endüstriyel üretimde giderek artan küreselleşmenin etkisiyle ülkemizdeki ÇAGC uygulamalarının tasarım ve üretim süreçleri dünyanın geri kalanındaki uygulamalarla büyük benzerlik göstermekle beraber özellikle süreç planlaması ve öngörülebilirlik açısından önemli farklar da mevcuttur. En yaygın ÇAGC tasarım ve uygulama süreci sistem tasarımı aşamasıyla başlayan çizgisel süreçtir (Şekil 1). Bu süreçte sistem evi olarak adlandırılan ürün geliştiricileri inşaat sektöründen gelebilecek talepleri öngörerek bu talepleri karşılayacak ve genellikle modüler yapıya sahip giydirme cephe sistemlerini tasarlar ve piyasaya sunarlar. Belirli bir projenin ihtiyaçlarına en iyi cevap vereceği düşünülen cephe sisteminin proje mimarları tarafından seçilmesiyle beraber seçilen sistemin avan projeye uyumlandırılmasını içeren ön tasarım süreci başlar. Bunu giydirme cephe sisteminin uygulama detaylarının projeye uygun olarak çözüldüğü mimari tasarım süreci izler. Eğer varsa ihale aşamalarını takip eden ve yüklenicilerin belli olduğu aşamada ÇAGC uygulamasının şantiyede nasıl gerçekleştirileceğinin ortaya çıktığı uygulama tasarımı süreci gerçekleşir. Bunu takip eden aşamada genellikle giydirme cephe yüklenicisi ve sistem evinin dahil olduğu bir süreç içerisinde sistem üretimi gerçekleşir ve yüklenici tarafından sistem montajı yapılır. Kullanım aşaması boyunca garanti koşulları ve kullanıcının



Şekil 1. Alüminyum giydirme cephe sistemlerinin tasarım, üretim, uygulama ve kullanım süreci
(Design, production, application and usage processes of aluminium curtain wall systems)

gereksinim ve değişen ihtiyaçlarına göre tamir, bakım ve tadilat işlemleri gerçekleşir. Cephenin kullanım ömrünün sonlanmasıyla sökülme ve eğer mümkünse geri dönüşüm süreci başlar. Cephenin kullanım ömrü yapıyla aynı olabileceği gibi daha kısa da olabilir. Sürdürülebilirlik ve enerji etkinliği kavramlarının önem kazandığı günümüzde yurt dışı ve yurt içi uygulamaları arasındaki en büyük farklılık yurt dışında cephenin kullanım ömrü boyunca gösterdiği performansın ve geri dönüşüm aşamasının tasarım sürecinin başından itibaren dikkate alınmasıdır.

Giydirme cephelerin tasarım ve uygulama süreçleri kavramsal olarak basit gibi görünse de sahadaki işleyiş Klein'in da [1] dikkat çektiği gibi süreçte yer alan paydaşların aralarındaki parçalanmış karakterdeki ve karmaşık ilişkiler açısından etkilenmektedir. Örnek vermek gerekirse mimari tasarım aşaması yüklenici firma tarafından gerçekleştirilen uygulama tasarımı aşamasından önce gelmektedir. Ancak mimarın çok kriterli, geri dönüşlü ve kademeli olarak gelişen tasarım süreci ve imalatının çizgisel çalışma şekliyle uyumsuzluk göstermektedir. Ek olarak cephe sistemlerinin karmaşıklık seviyesi artıkça mimarların cephe imalatı konusundaki bilgi seviyeleri de azalmaktadır.

Chen ve Lu'ya [3] göre ÇAGC uygulamalarında karşılaşılan tasarım ve üretim süreci yalnızca farklı özelliklere sahip pek çok malzemenin bir araya gelmesini gerektirmez aynı zamanda bu malzemelerin uyumlu bir şekilde yan yana çalışabilmesini sağlayacak çok sayıda detayın çözümünü de gerektirir. Enerji etkinliği, yapısal sağlamlık, estetik uyumluluk gibi çok farklı tasarım kriterlerinin de etkisiyle süreç pek çok paydaşın yakın çalışmasını gerektiren karmaşık bir işleyişe dönüşür. Azcarate-Aguerre vd. [2] günümüzde hakim olan ürün merkezli cephe üretim zincirinde paydaşların kendi sorumlulukları altında olan ürün ve hizmetlerin tesliminden sorumlu oldukları ve kısa süreli bir role sahip olduklarını söyler. Paydaşların ilgi alan ve sürelerinin kısıtlı olmasından kaynaklanan bu durum süreçte uyumsuzluklar ve kopukluklar yaratmaktadır.

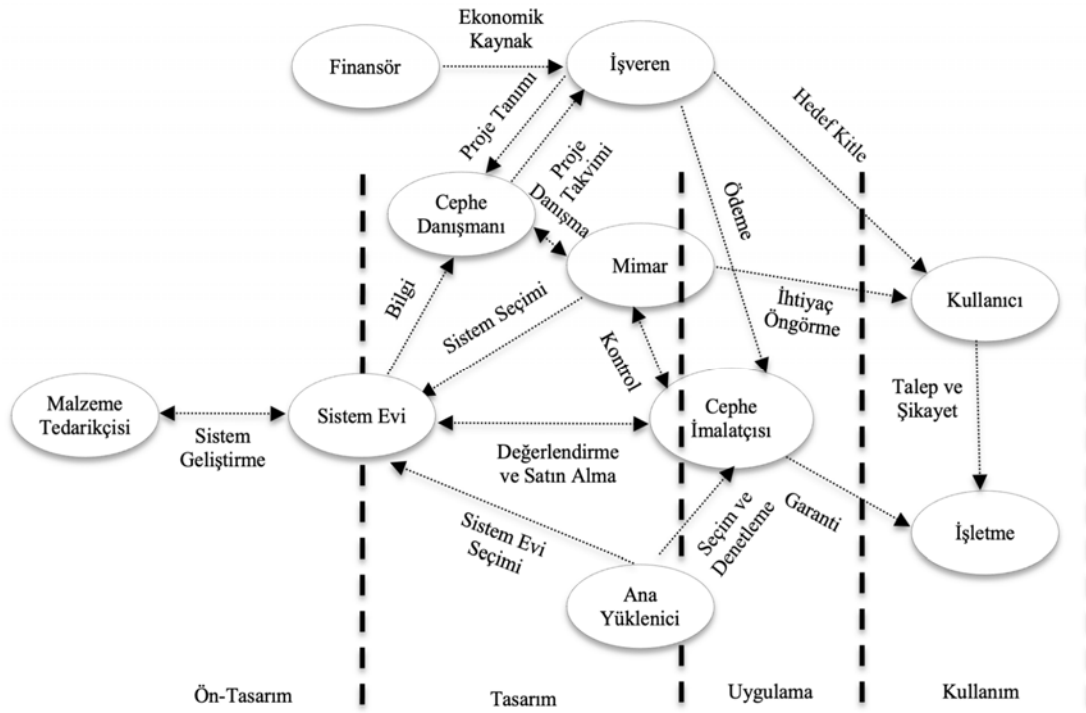
Klein'a [1] göre cephe tasarımı ve imalatı alanında görülen inovasyon otomotiv veya havacılık sektörleri gibi ürün tasarımına dayalı diğer sektörlerde göre daha yavaş ve evrimsel bir karaktere sahiptir. Serbest piyasa ekonomisinin paydaşları yeniliğe ve inovasyona zorlayan yapısı kesinlikle bir kılavuz görevi görmektedir ancak parçalı ve bireysel yapısı nedeniyle devrimsel gelişmeleri engelleyen bir kısıt olarak da çalışmaktadır. ÇAGC paydaşlarının üzerinde uzlaştığı görüş her paydaşın serbest piyasa dinamiklerinin de etkisiyle sürecin kendine ait aşamasını olabildiği kadar etkin hale getirdiğidir. Zaman ve etkinlik kaybına neden olan şey sürecin paydaşlar arasındaki aşamalarında yaşanan uyumsuzluklardır. Ancak bu etkileşimlerin gerektirdiği süreyi kısaltarak süre ve ekonomi tasarrufu yapmaya çalışmak risk faktörlerini hatırı sayılır derecede artırmaktadır. Mimari tasarım hataları da çoğu zaman paydaşlar arası ilişkilerin sağlıklı olarak kurulamamasından kaynaklanmaktadır.

Ülkemizdeki ihale süreçleri de paydaşların seçilmesi ve görevlendirmesi üzerinde kritik rol oynayarak tasarımcıların üretim ve uygulama süreçleri üzerinde ne kadar etkili olabileceklerini belirleyen etkenlerden biridir. Giydirme cephe endüstrisinin özellikle ürün geliştirme ve üretim aşamasına dahil olan paydaşlar genellikle küçük ve orta ölçekli işletmelerden oluşmaktadır. Bu tür işletmeler için herhangi bir zamanda yürütülen iş miktarı sınırlı sayıda olduğundan bu projelerin herhangi birinde başarısızlığa uğrama veya yeni iş alamama olasılığı işletmenin geleceği açısından hayati tehdit arz edebilmektedir. Bu nedenle çoğu üretici ve sistem evi tedbirli davranmakta, güvenli ve bildik tasarım ve üretim metodlarını tercih etmektedir. İlerideki bölümlerde görüleceği üzere ülkemizdeki sistem evleri sundukları giydirme cephe sistemlerinin mimari tasarımlarını ve statik hesaplarını yaparken de bildik ve basite indirgenmiş metodları kullanmakta ve projeye özel mimari ve taşıyıcı çözümler oluşturmakta zorlanmaktadırlar. ÇAGC uygulamalarındaki karmaşık ilişkiler ağında iyileştirmeler yapabilmenin tek yolu daha fazla kararın sürecin erken aşamalarında alınarak öngörülebilirliğin artırılmasıdır (Şekil 2).

ÇAGC endüstrisinin çizgisel, tek yönlü ve paydaşlar arasında parçalanmış yapısı aşamalar arasındaki geçişleri zorlaştırmakta ve Chen ve Lu'ya [3] göre "bir şeyleri çitin üzerinden öbür tarafa atma" benzetmesine yol açmaktadır. Bu benzetmede paydaşlar üzerlerine düşen görevi kendi alanlarının dinamiklerine göre en iyi şekilde yapmalarına rağmen ürünü sonraki paydaşa gönderirken bu paydaşın beklentilerinin ne olduğunu çok iyi kestirmemekteyler. Azcarate-Aguerre vd.'ne [2] göre günümüzde hakim olan ÇAGC tasarım, üretim, imalat ve işletme süreçlerinde tedarik zincirinin sundukları ile kullanıcı tarafının beklentileri arasında farklılık oluşmaktadır. Bu da kaynak etkin cephe sistemlerinin oluşmasını engellemekte ve süreç içerisinde beklenmedik şekilde ortaya çıkan mimari hatalara neden olmaktadır. Bu hataların giderilmesi çoğu zaman uygulama aşamasında sürece dahil edilen mimar ve mühendislerin kısa zaman içerisinde ve eldeki olanaklarla geliştirdikleri yerinde çözümlerle sağlanmaktadır.

Yukarıda anlatıldığı üzere oldukça çok yönlü ve karmaşık bir yapıya sahip olan giydirme cephe tasarım ve uygulama süreçleri içerisinde sık yapılan mimari hataları bulmak ve bu hataların nedenlerini anlamak için bazı basitleştirmeler yapılması gerektiği açıktır. Bu amaçla ilk önce paydaşlar arasından tasarım, üretim ve montaj süreçleri üzerinde etkili olanlar seçilmiş ve bunlar arasındaki ürün ve servis akışları basitleştirilerek ortaya konmuştur. Bu paydaşlar mimarlar, mühendisler, sistem evleri/üreticiler ve yüklenicilerdir (Şekil 3).

İkinci olarak alüminyum giydirme cephe sistemleri arasından mercek altına alınacak sistem konusunda bir daraltma yapılmış ve ÇAGC sistemleri çalışmaya konu olarak seçilmiştir. Giydirme cepheler entegre ve modüler olarak iki kategoriye ayrılabilir. Entegre cephe sistemleri belli bir projeye özel olmaları nedeniyle bitmiş yapının



Şekil 2. Alüminyum giydirme cephe sistemlerinin tasarım, üretim, uygulama ve kullanım süreçlerinde yer alan paydaşlar ve aralarındaki ilişkiler ağı

(Stakeholders and their relationships in the design, production, application and usage processes of aluminium curtain wall systems)

performansını artırmak konusunda daha başarılıdır. Modüler giydirme cephe sistemleri ise mevcut bir ürünün seçilen alana uygulanması prensibiyle çalıştığından kendi performans sınırları dahilinde kısıtlı bir etkinlik gösterebilir. Ancak bunun karşılığında halihazırda var olan dolayısıyla da olumlu ve olumsuz yönleri iyi tanınan bir cephe sisteminin seçimi hem risk faktörünü azaltmakta hem de imalat süresi ve ekonomi açısından hatırı sayılır tasarruf sağlamaktadır. ÇAGC sistemleri modüler yapıları, kolay üretilmeleri ve montaj kolaylığı gibi nedenlerle ülkemizde en yaygın kullanılan giydirme cephe sistemleridir. Yaygın kullanılmaları nedeniyle bu sistemlerin tasarım üretim ve montajında deneyimli kalifiye iş gücü de oluşmuştur. Ancak yaygın kullanılmalarının bir yan etkisi olarak bu sistemlerin uygulamalarında mimari hatalar da sıklıkla görülmektedir. Çalışma bu hataların tespiti, nedenleri ve çözümleri üzerine odaklanmıştır.

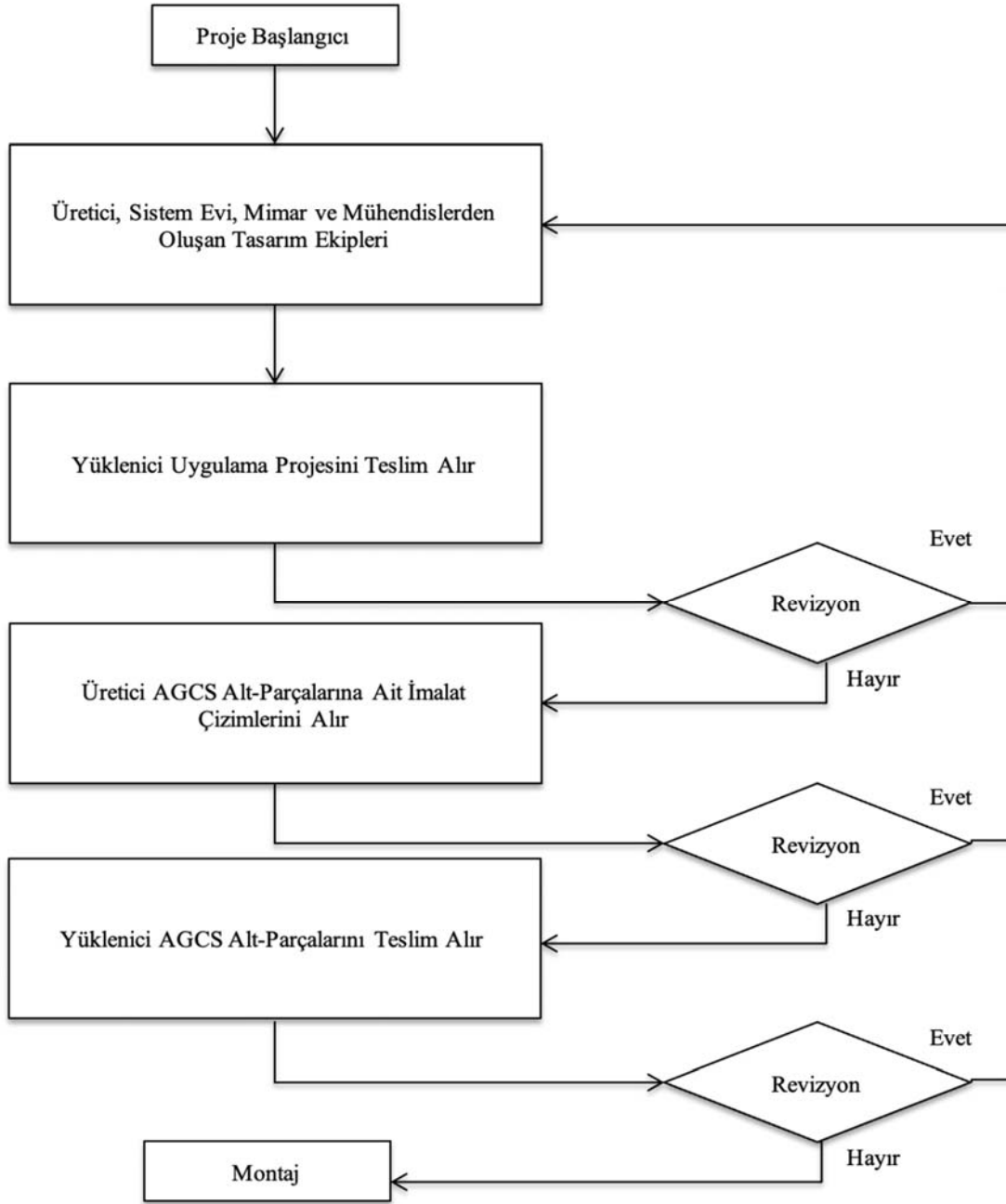
4. ÇUBUK ALÜMİNYUM GİYDİRME CEPHE SİSTEMLERİNİN YAPI TAŞIYICI SİSTEMİ İLE ETKİLEŞİMİ

(THE INTERACTION BETWEEN THE STICK ALUMINIUM CURTAIN WALL SYSTEMS AND BUILDING STRUCTURE)

ÇAGC sistemleri hem ağırlıkları nedeniyle yapı taşıyıcı sistemi üzerinde önemli bir ölü yük kalemi oluştururlar hem de rüzgâr ve deprem etkileri altında oluşan dinamik ve tersinir yükler nedeniyle yapının ana taşıyıcı sistemiyle etkileşime girerler. Ancak bu etkileşim tek yönlü değildir. Deprem, rüzgâr, genleşme veya oturmalar gibi yapının kayda

değer miktarlarda yanal veya düşey ötelenmeler gerçekleştirdiği durumlarda yapı taşıyıcı sistemi de giydirme cephe üzerine yük uygular. Yapı taşıyıcısı ile ÇAGC sistemi arasında bu karşılıklı etkileşimin gerçekleştiği bağlantı noktaları hem konumlanma hem de detaylanma açısından kritik önem taşımaktadır. Ancak ülkemizdeki pek çok uygulamada ÇAGC uygulama detayları proje sürecinin geç evrelerinde belli olduğundan yapının taşıyıcı sistem hesabını yapmakla görevli mühendisler önemli bir yük kalemini oluşturan giydirme cephe sistemi hakkında ancak avan projede verilen kadar bir bilgiye sahip olmaktadır. Bunun sonucu olarak giydirme cephe sisteminden yapıya etki eden yükler genellikle döşeme uçlarında konumlanarak yapıya etki eden noktasal yükler şeklinde varsayılmaktadır. Yapı taşıyıcı sistemi ile cephe arasındaki karşılıklı etkileşim bütünsel olarak modellenmemekte ve hesaplanmamaktadır.

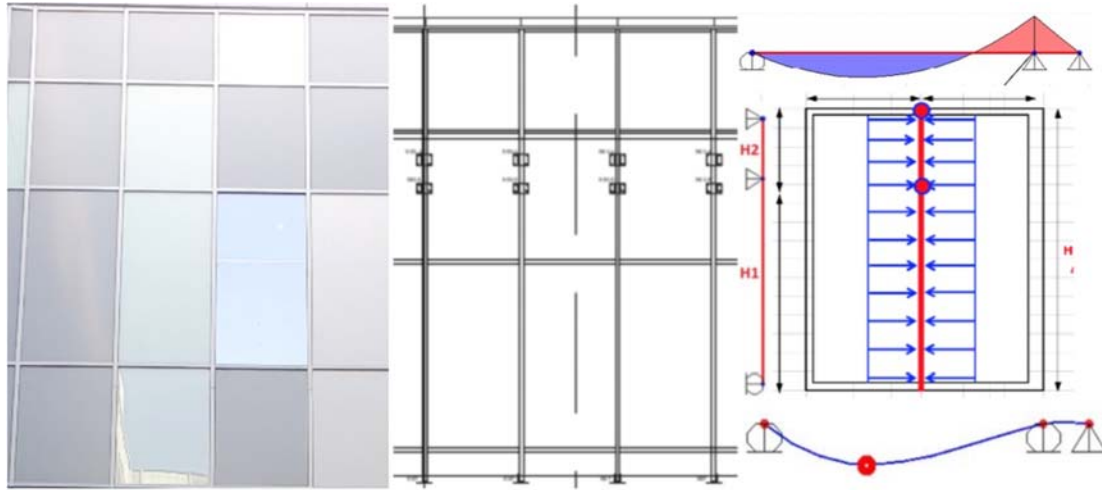
Baniotopoulos vd. [15] yatay ve düşey profiller, vizyon panelleri ve bağlantı detayları gibi ÇAGC parçalarının genellikle eleman düzeyinde modellenerek hesaplandığını belirtmiş, bütün cephe sisteminin yapının geri kalanı ile beraber modellenmesinin hem hesap metotları hem de yapı standartları arası uyumsuzluklar açısından çok karmaşık ve kimi zaman tutarsız sonuçlara yol açabildiğini söylemişlerdir. Gerçekten de giydirme cephelerin çok parçalı yapısı bu sistemlerin statik hesaplarında TS 498, TS 648, TS-EN-1990 (Eurocode 0), TS-EN-1991 (Eurocode 1), TS-EN-1993 (Eurocode 3), TS-EN-1999 (Eurocode 9), ETAG 001, CWCT gibi çok sayıda yapı standardının ve bu standartların getirdiği hesap metotlarının kullanılmasını gerektirmektedir.



Şekil 3. Alüminyum giydirme cephe sistemlerinin tasarım, üretim, uygulama süreçlerinde iş akışı
(Workflow diagram in the design, production and application processes of aluminium curtain wall systems)

Ülkemizdeki ÇAGC uygulamalarında giydirme cephe sisteminin statik hesapları çoğunlukla sistem evleri tarafından gerçekleştirilmektedir. Bu hesaplarda yapının avan projesinde yer alan kat yükseklikleri, döşeme kalınlıkları ve ÇAGC sisteminin modül boyutları dikkate alınır. Sistem evi tarafından yapılan bu hesap giydirme cephe imalatı ile ilgili yapı standartlarına ve teknik şartnamelere uygun olmakla beraber alana özel deprem şartnamesi, rüzgar yükü ve iklimsel koşullar gibi faktörleri dışarıda bırakabilmektedir. Buna ek olarak sistem evleri tarafından yapılan hesaplarda genellikle giydirme cephe taşıyıcı

sistemlerinin yapısal davranışı ile ilgili çok basite indirgenmiş varsayımlar yapılmaktadır. ÇAGC sistemleri modül bazında düşünülmekte ve modülün iç taşıyıcı sistemini oluşturan profiller için basit kiriş benzetmesi yapılarak ölü ve canlı yükler profiller üzerine etki eden düzgün dağılmış yükler olarak modellenmektedir. Giydirme cephenin üç boyutlu bir sistem olarak kendi içindeki bütünsel davranışı ve buna ek olarak giydirme cephe sisteminin binanın taşıyıcı sistemi ile karşılıklı etkileşimini içeren bir taşıyıcı sistem modellemesi yapılmamaktadır (Şekil 4). Giydirme cephe ile taşıyıcı sistem ilişkisi açısından



Şekil 4. Tipik ÇAGC modül uygulaması (solda), modüllere ait taşıyıcı sistem çizimleri (ortada), basit kiriş benzetmesi kullanılarak yapılan giydirme cephe sistemi modellemesi (sağda)
(Typical stick aluminium curtain wall module application (left), the structural system drawings belonging to the same modules (center) rudimentary modeling of curtain wall systems through simple beam analogy (right))

bu aşamada yaşanan mimari sorunların en başında avan projede yer alan ÇAGC sistem tarifinin mimari kütlelerin birleşim yerlerindeki detaylar, taşıyıcı sistemin düzensizleştiği noktalar, bağlantı bölgelerindeki elemanların kalınlık ve en kesitlerinin değiştiği noktalar gibi hassasiyet gerektiren bölgelerde yetersiz kalmasıdır. Bu tür kritik noktalar yapı taşıyıcı sistemin kendi içerisindeki yük aktarımı ve gerilme dağılımı açısından önem taşımaktadır. Deprem ve rüzgâr yükleri gibi dinamik yükler altında olduğu kadar ölü ve canlı yükler altında bile olası hasar noktaları bu bölgelerde oluşmaktadır. Uygulama projesi ve detaylandırmanın ülkemizde ihale süreci sonrasında yüklenicilerin tasarım ekipleri tarafından ve çoğu zaman yapım süreci ile eşzamanlı olarak çözülmeye çalışılması beraberinde oldukça fazla sayıda sorun getirmektedir.

Bağlantı noktaları genellikle yapının kat döşemelerinin cephe ile yakınlaştığı bölgelerde konumlanmaktadır. Döşemelerin bu bölgeleri konsol şeklinde çalışmakta ise cephe sisteminden kaynaklanan statik ve dinamik yükler yapının ana taşıyıcı sistemi üzerinde kritik iç gerilme etkilerine neden olabilmektedir. Bu iç gerilmeler döşemenin konsol özelliği nedeniyle geometrik olarak artan eğilme momentleri şeklinde olabileceği gibi bağlantı elemanlarının döşemelere ankrajlandığı noktalarda yoğunlaşan yerel gerilmeler şeklinde de olabilir. Bu şekildeki yerel gerilme oluşumları döşemelerin ankraj etrafındaki kısımlarının giydirme cepheden aktarılan rüzgâr ve deprem gibi tersinir yük etkileri altında hasar görmesine ve bağlantının döşemeden ayrılarak işlevini yitirmesine neden olabilir.

Yerel gerilme yoğunlaşmalarının ankraj noktalarında döşemeye zarar vermesini önlemek için cephe bağlantı detaylarının tam olarak hangi noktaya konumlanacağı mimari uygulama projesi aşamasında belirlenmelidir. Bu noktalar gerekirse ankraj noktası etrafında donatı sıkılaştırması yapılarak güçlendirilmelidir. Ülkemizde genellikle ankraj noktalarının kesin konumlandırılması,

uygulama tasarımı aşamasında, yüklenici için çalışan harita ekibi tarafından yapılmakta ve yine yüklenicinin tasarım ekipleri tarafından son tasarımı ve statik hesabı gerçekleştirilmektedir. Ankraj boşluklarının açılması işlemi kırıcı delici matkaplar aracılığıyla mevcut döşemenin beton ve donatılarına da zarar vererek yapılmaktadır. Montaj süreçlerinde oluşan işçilik hataları, teknik ekipmanın çalışma alanının bulunmaması gibi nedenlerle cephe uygulama projelerinde öngörülen ankrajların yapılamaması durumu da ortaya çıkabilmektedir. Bu şekilde yapılan bir ÇAGC uygulaması yapı güvenliğini taşıma gücü ve malzeme dayanımı emniyet faktörlerinin insafına bırakılmaktadır.

5. ÇUBUK ALÜMİNYUM GİYDİRME CEPHE SİSTEMLERİNİN UYGULANMASINDA KARŞILAŞILAN MİMARİ SORUNLAR (ARCHITECTURAL PROBLEMS IN THE APPLICATION OF STICK ALUMINIUM CURTAIN WALL SYSTEMS)

Bu bölüm kapsamında ülkemizde uygulaması yapılan ÇAGC uygulamalarında karşılaşılan sorunlar ve bu sorunların anlatım gücü yüksek örneklerle belgelenmesi yapılmıştır. Bu sorunların söz konusu örnekler bağlamında nasıl çözüldüğü anlatılmış ve bu çözümlerin olumlu ve olumsuz yönleri tartışılmıştır. Burada vurgulanması gereken nokta ÇAGC uygulamalarında karşılaşılan sorunların bu çalışma dahilinde incelenenlerle sınırlı olmadığıdır. Ancak bu çalışma ÇAGC uygulamalarının mimari tasarım boyutu ve bunun yapı taşıyıcı sistemi ile giydirme cephenin etkileşimi arakesitine yoğunlaştığından mimari çözüm gerektiren sorun türlerine odaklanılmıştır.

5.1. Alüminyum Giydirme Cephe Sistemlerinin Detaylandırılmasında Karşılaşılan Mimari Sorunlar (Architectural Problems Encountered in The Detailing of Aluminium Curtain Wall Systems)

Bu bölümde sistem evleri tarafından ÇAGC sistemleri için hazırlanan uygulama projesi ve mühendislik hesaplarının,

uygulama tasarımı aşamasında, mevcut yapının taşıyıcı sistemiyle arasında meydana gelen detay uyumu sorunları ele alınmıştır. İncelenen örnekler üzerinden yapılan tespitlerde bu sorunların giydirme cephe modülleri ile mimari detayların uyuşmaması ve giydirme cephe modülleri ile taşıyıcı sistem detaylarının uyuşmaması alanlarında olduğu değerlendirilmiştir.

5.1.1. Giydirme cephe modülleri ile mimari detayların uyuşmaması durumu (Incompatibility between the curtain wall modules and architectural details)

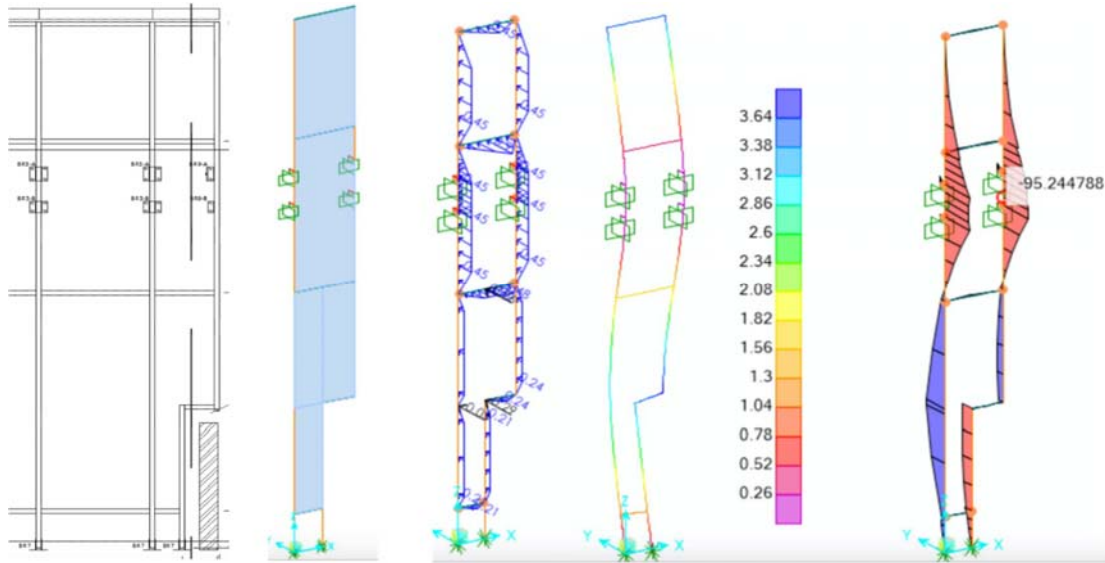
Giydirme cephe sistemleri genelde birbirini tekrar eden benzer modüllerden oluştuğu için ülkemizdeki sistem evleri yaptıkları mimari projelendirme ve hesaplarda bu modüllerin her yönde düzenli olarak devam edeceği varsayımı üzerinden hareket edebilmektedir. Bu örnekte düzenli cephe modülasyonuna uymayan bir mimari detay ile karşılaşıldığında ortaya çıkan sorunların tipik bir örneği verilmiştir. Aşağıdaki şekilde görülen giydirme cephenin sağ bitiş modülünde yer alan son düşey profil, bu bölgede bulunan mimari parapet nedeniyle yapının taşıyıcı sistemi ile döşeme seviyesinden standart bir şekilde bağlanamamaktadır. Hem standart ÇAGC modülünden daha dar hem de farklı geometride bir modül oluşmaktadır. Sistem evi tarafından üretilen cephe projesinde bu tür bir detay düşünülmediğinden mimari çözümün ve hesapların yüklenicinin tasarım ekibi tarafından gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Bulunan mimari çözüm giydirme cephe sisteminin parapet ile çakışan bölgedeki son modülünün kısmen konsol şeklinde çalışması ve parapet ile arasında bir mesafe kalacak şekilde herhangi bir ankraj detayı kullanılmadan çözülmesidir (Şekil 5).

Sağdaki son modülün iç gerilme ve yatay-düşey yer değiştirme hesabı yapılmıştır. Bu sonuçlara göre, tüm cephe

uygulanması göz önünde bulundurulduğunda, bu bölgedeki düzensizlik nedeniyle oluşan iç gerilme değerlerinin cephe taşıyıcı elemanlarının dayanım kapasitesini aşmadığı ayrıca yatay-düşey yer değiştirme miktarlarının ilgili şartnamelerde izin verilen aralıklar içerisinde kaldığı gözlemlenmiştir. Burada dikkat edilmesi gereken husus, giydirme cephe sisteminin bu mimari duruma göre tasarlanmamasından ötürü, yapılan statik hesabın bir tasarım mantığıyla değil var olan durumun mevcut yükleri taşıyıp taşımadığının kontrolünü içeren bir analiz mantığıyla yapılmış olmasıdır. Yani süreçteki belirsizliklerden dolayı uygulama gibi geç bir evrede çözümü yapılmaya çalışılan durum yapı malzemelerinin taşıma gücü fazlalığı sayesinde giydirme cephe sisteminin taşıma kapasitesi içerisinde kalmıştır. Bu sağlıklı bir uygulama değildir.

5.1.2. Giydirme cephe modülleri ile taşıyıcı sistem detaylarının uyuşmaması durumu (Incompatibility between the curtain wall modules and structural system details)

Tekrar eden tek tip modüller üzerinden yapılan ÇAGC projelendirmeleri yapı taşıyıcı sistem detaylarının da değişmediğini varsaymaktadır. Bu örnekte giydirme cephe modüllerinin üst tarafındaki iki sabit mesnetin denk geldiği noktalarda sarkan kiriş nedeniyle yapının ana taşıyıcı sisteminde düzensizlik oluşmaktadır. Standart cephe modülasyonunda aynı seviyede olması gereken sabit mesnetler sarkan döşeme kirişi nedeniyle farklı seviyelerde oluşturulmak durumunda kalmıştır. Bu konfigürasyonun sonucu olarak düzgün dikdörtgenlerden oluşan cephe panellerinin hem açıklıkları değişmiş hem de çokgen geometriler teşkil edilmesi gerekmiştir. Oluşan bu yeni geometriye göre ilgili bölgenin sayısal modellenmesi yapılarak cephe elemanlarının statik ve dinamik yükler



Şekil 5. Bina cephesindeki parapet detayının ÇAGC modül düzenini bozması (solda), söz konusu düzensiz modüle ait sonlu elemanlar modeli (ortada), sonlu elemanlar analizi sonucunda ortaya çıkan iç gerilmelerin dağılımı (sağda)
(The regular modules of the stick aluminium curtain wall system is disturbed by the architectural parapet (left), finite element analysis model for the irregular module (center), internal stress levels obtained as a result of the finite element analysis(right))

altındaki iç gerilme ve yer değiştirme miktarları hesaplanmıştır. Analiz sonucunda elde edilen sonuçların elemanların taşıma kapasitelerini aşmadığı ve yer değiştirmelerin ilgili yapı standartlarında izin verilen ölçüler içinde kaldığı gözlemlenmiştir. Bu örnekte dikkat çeken durumlardan birisi oluşan mimari düzensizlik sonucunda bağlantı noktasının geometrisi nedeniyle standart ankraj tipleri ile bağlantıya izin vermemesidir. Bu yüzden bu bölge için tekrar ankraj hesabı yapılarak, yeni bir tip ankraj tasarımı da gerçekleştirilmiştir (Şekil 6). Geç bir evrede ortaya çıkan bu tasarım sorunu tespit edilip çözüm üretilemediği takdirde imalatı durma noktasına getirebilecek niteliktedir. Buna ek olarak yeni tasarlanan ankraj noktasının bağlı olduğu betonarme kirişin giydirme cephe yüklerini taşıyacak şekilde hesaplanıp hesaplanmadığı belli değildir. Ankraj bağlantısının uygulandığı bölgede donatı detaylandırması ve yerel beton dayanımının yetersiz olması durumunda bu nokta etrafında oluşabilecek yerel gerilme yoğunlaşmaları sonucunda kirişin zarar görme olasılığı mevcuttur. Bu geç evrede hesap yapmak durumunda kalan yüklenicinin tasarım ekibi kendi sorumluluk alanı içerisinde kalan ve çoğunlukla özellikleri önceden belirlenmiş giydirme cephe elemanlarının sınırlamaları içerisinde kalarak analizlerini gerçekleştirmekte mevcut yapının taşıyıcı sistemi konusunda ise varsayımlarda bulunmak zorundadır. Bu da yapı güvenliği açısından olumsuz bir durum oluşturmaktadır.

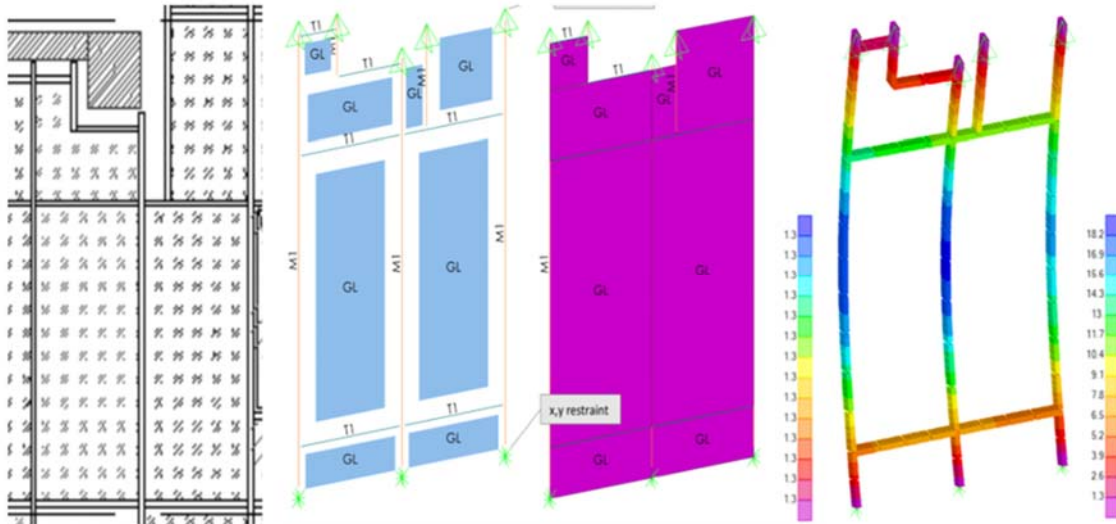
5.2. Alüminyum Giydirme Cephe ile Yapının Taşıyıcı Sisteminin Uyumsuzluğu Nedeniyle Karşılaşılan Sorunlar (Problems Encountered Due to Structural System Incompatibility Between the Building and The Aluminium Curtain Wall)

Bu bölümde hâlihazırda üretilmiş durumdaki yapının taşıyıcı sistemiyle ÇAGC sisteminin arasında meydana gelen

nispeten büyük ölçekli mimari uyumu sorunları ele alınmıştır. İncelenen örnekler üzerinden yapılan tespitlerde bu sorunların yapı taşıyıcı sistem akslarındaki düzensizlik nedeniyle oluşan giydirme cephe bağlantı sorunları ve giydirme cephe sisteminin yanında betonarme döşemelerin bulunmaması durumları alanlarında olduğu değerlendirilmiştir yapılmıştır.

5.2.1. Yapı taşıyıcı sistem akslarındaki düzensizlik nedeniyle oluşan giydirme cephe bağlantı sorunu (Connection incompatibility of the curtain wall due to the irregularity in the structural system axis of the building)

Giydirme cephe sistemleri genellikle hemen yanlarında konumlanan betonarme döşemeler tarafından taşınırlar. ÇAGC projelerinde bu döşemelerin bitiş noktalarını belirleyen taşıyıcı sistem akslarının hep aynı hizada olduğunun varsayılması yaygın olarak karşılaşılan bir durumdur. Sistem evi tarafından hazırlanan giydirme cephe projesinde döşeme kalınlıkları, kat yükseklikleri, döşeme bitiş hizası gibi yapının mimarisine ait özellikler standart olarak kabul edilmiş ve cephe sisteminin tasarımı bu parametrelere göre gerçekleştirilmiştir. Giydirme cephe bağlantı noktalarında kullanılan mimari detaylar genel olarak belli sınırlar içerisinde ayarlanabilir olma özellikleri sayesinde döşeme imalatındaki küçük düzensizliklerden oluşan etkileri karşılayabilmektedir. Ancak bu örnekte yapının taşıyıcı sistem elemanları olan döşemeler varsayılan standart döşeme hizasından oldukça geridedir. Bu mesafe giydirme cephe projesindeki mimari bağlantı detaylarının ayarlanabilme paylarının çok üzerindedir. Halihazırda imalatı bitmiş olan döşemenin giydirme cephe imalatı için gereken hizanın belirgin şekilde gerisinde kalması nedeniyle döşemenin bir uzantısı olacak şekilde çelik profillerden bir tamamlama parçası tasarımı gerekmiştir. Bir başka deyimle



Şekil 6. Bina cephesindeki taşıyıcı sistem elemanının ÇAGC modül düzenini bozması (solda), söz konusu düzensiz modüle ait sonlu elemanlar modeli (ortada), sonlu elemanlar analizi sonucunda ortaya çıkan iç gerilmelerin dağılımı (sağda)

(The regular modules of the stick aluminium curtain wall system is disturbed by the structural system member (left), finite element analysis model for the irregular module (center), internal stress levels obtained as a result of the finite element analysis(right))

döşeme çelik profiller aracılığıyla uzatılmıştır. Bu şekildeki bir uzatmanın betonarme döşemenin içerisinde oluşan yük ve gerilme dağılımına olan etkisi sorunu çözmekle görevli tasarım ekipleri tarafından ancak varsayımlara dayalı olarak tahmin edilebilir. Eklenen konsol bölümünün görece kısa oluşu ve yapının betonarme taşıyıcı sisteminin yük ve malzeme güvenlik katsayılarının yüksekliği sayesinde bu bağlantı şeklinin yapı güvenliğini tehlikeye atmadığı düşünülmüştür (Şekil 7).

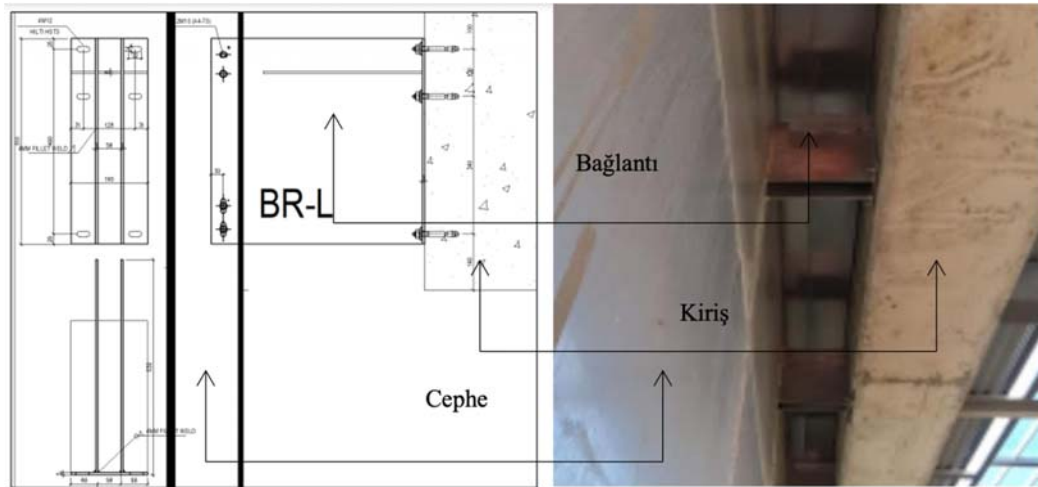
5.2.2. Giydirme cephe sisteminin yanında betonarme döşemelerin bulunmaması durumu (Missing reinforced concrete slabs near the curtain wall system)

Giydirme cephe sistemini taşıyacak döşemelerin yapının her yerinde var olacağı varsayımı çoğu zaman yapının genel mimari özellikleri ile uyuşmayabilir. Sistem evi tarafından hazırlanan giydirme cephe projesinde giydirme cephe bağlantı noktalarının her yerde hemen cephe gerisinde konumlanan betonarme döşemelere ankraj yapılarak bağlanması öngörülmüştür. Ancak yapının bu bölümünde giydirme cephenin iç tarafında giydirme cephe elemanlarının bağlantı noktalarının ankrajlanacağı bir betonarme eleman bulunmamaktadır. Süreç içerisinde giydirme cephe uygulamasının başladığı evreye kadar bu bölge için mimari bir çözüm üretilmemiş ve hesap gerçekleştirilmemiştir. Yüklenici için çalışan tasarım ekibi bu bölgede giydirme cephe sistemini taşıyacak bir çelik çerçeve sistemini de tasarlamak ve statik hesabını yapmak durumunda kalmıştır. Bu örnekte görüldüğü üzere ülkemizde yalnızca öngörülemeyen bağlantı biçimleri ve tamamlayıcı mimari detaylar değil yapının bütünsel mimari özelliklerinin bir kısmının bile uygulama aşamasında gerçekleştirildiği durumlar görülmektedir. Bu aşamada mimari kararlar yapının ana mimari değil yüklenicinin mimarları tarafından verilmektedir. Giydirme cephe ve taşıyıcı sistem etkileşimi açısından incelendiğinde bu örnekte giydirme cephenin taşınabilmesi için çelik taşıyıcılardan oluşan bir çerçeve sistemi yapının ana taşıyıcı sistemine eklenmiştir. Böyle bir eklemenin yapının tamamının statik hesabı yapılırken

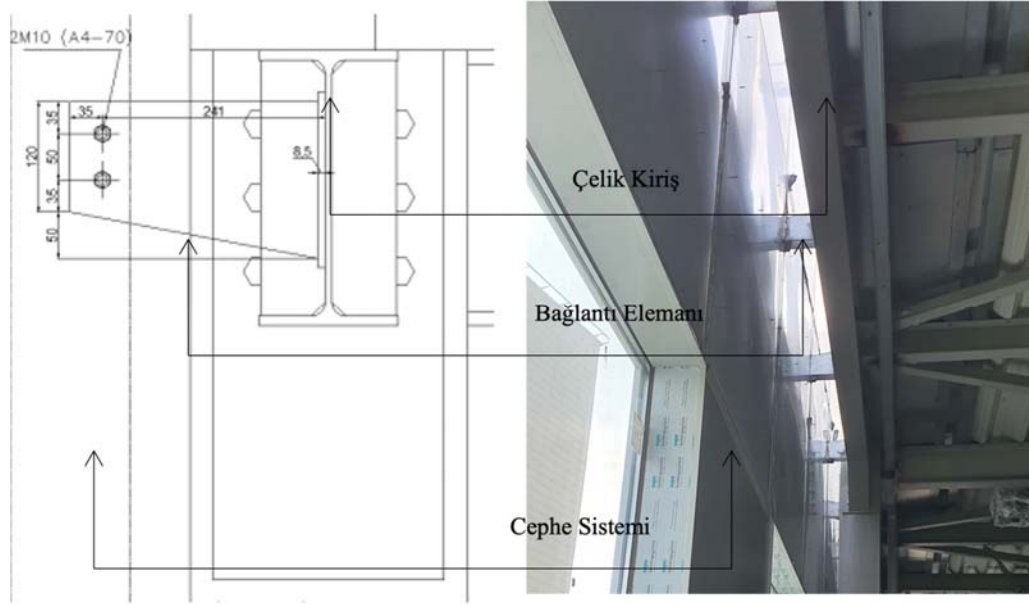
dikkate alınmadığını varsaymak yanlış olmayacaktır. Giydirme cephenin bu yeni eklenen çelik çerçeve ile statik ve dinamik yük etkileri açısından etkileşimi varsayımlar üzerinden kurgulanmış, ana taşıyıcı sistemin tasarımında dikkate alınan yük ve malzeme güvenlik katsayılarının bu eklentiden doğan etkilerin güvenle taşınmasında yeterli olacağı düşünülmüştür (Şekil 8).

5.2.3. Giydirme cephe sisteminin yakınında geniş galeri boşlukları bulunması durumu (The existence of large gallery openings near the curtain wall system)

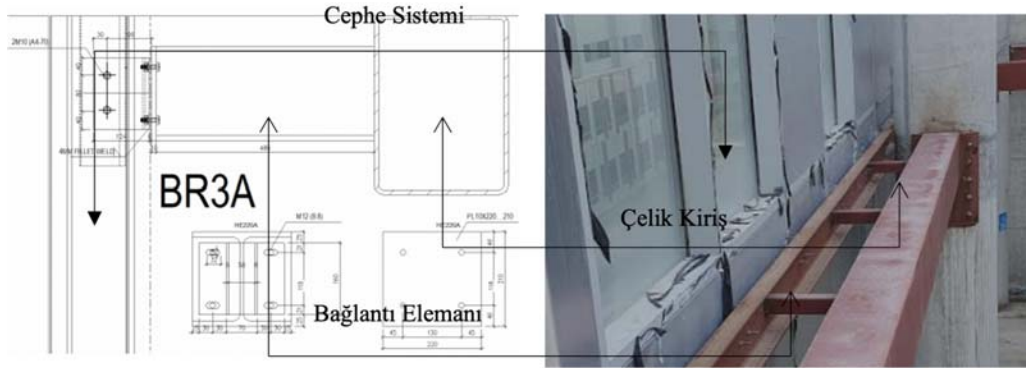
Galeri boşluğu bulunan bölgelerde döşeme veya betonarme bağ kirişleri bulunmamasından dolayı cephe düşey modüllerinin yapı taşıyıcı sistemine bağlanabileceği bağlantı yerleri bulunmamaktadır. Yüklenicinin tasarım ekibi bu sorunu gidermek için yapı taşıyıcı sisteminin kolonları arasında normalde döşemelerin sağladığı bağlantı noktası oluşturma görevini yerine getirebilecek çelik kirişler tasarlamak zorunda kalmıştır. Daha önceki örneklerde gözlemlenen mimari tasarım ve taşıyıcı sistem davranışı sorunlarına ek olarak bu örnek kapsamında iki noktaya dikkat çekilebilir. Bu noktalardan ilki giydirme cephe bağlantı noktalarını oluşturabilmek için yapının hâlihazırda imal edilmiş durumda bulunan betonarme kolonları arasına çelik profillerden oluşan bağ kirişleri atılmış olmasıdır. Bu bağ kirişleri betonarme yapının statik ve dinamik yükler altındaki yük aktarım şemalarında değişimlere neden olabilir. Özellikle giydirme cephe üzerinde etkili olacak yatay yöndeki rüzgâr yükleri ve yapının tamamı üzerinde oluşacak tersinir deprem yükleri altında kolonların yüksekliklerinin orta noktalarında yapının statik hesabında öngörülmeleyen önemli miktarda noktasal yük oluşabilir. Bu mimari çözümün uygulandığı bölgenin görece dar bir alan olması nedeniyle bu yüklerin yapı güvenliği açısından kritik bir durum yaratmayacağı varsayılmakla beraber betonarme kolonlar üzerinde sonradan eklenen çelik bağ kirişlerinin ankraj noktalarında önemli yerel gerilme yoğunlaşmaları yaşanabilir (Şekil 9).



Şekil 7. ÇAGC sisteminin konumuna göre içeride kalan kiriş nedeniyle tasarlanan çelik bağlantı elemanı
(Steel connection detail designed due to the irregular structural axis with respect to the stick aluminium curtain wall system)



Şekil 8. ÇAGC sisteminin yanında bulunmayan betonarme kiriş nedeniyle tasarlanan çelik kiriş ve bağlantı elemanı
(Steel beam and connection detail designed due to the lack of a reinforced concrete beam near the stick aluminium curtain wall system)



Şekil 9. ÇAGC sisteminin yanında bulunan galeri boşlukları nedeniyle tasarlanan çelik kiriş ve bağlantı elemanı
(Steel beam and connection detail designed due to gallery openings located near the stick aluminium curtain wall system)

5.3. Alüminyum Giydirme Cephe Montaj Hataları Nedeniyle Oluşan Mimari Sorunlar (Architectural Problems Encountered Due to The Incorrect Assembly of Aluminium Curtain Walls)

Bu bölümde ÇAGC sisteminin montajı sırasında meydana gelen detay ölçeğindeki sorunlar ele alınmıştır. İncelenen örnekler üzerinden yapılan tespitlerde bu sorunların işçilik hataları nedeniyle giydirme cephe montajının doğru yapılmaması ve yeterli çalışma alanı bulunmaması nedeniyle giydirme cephe montajının doğru yapılamaması alanlarında olduğu değerlendirilmiştir.

5.3.1. İşçilik hataları nedeniyle giydirme cephe montajının doğru yapılmaması durumu (Incorrect assembly of the curtain wall system due to faulty workmanship)

Her ne kadar ÇAGC kullanımının yaygınlaşması nitelikli iş gücünün oluşmasını sağladya da işçilik hataları nedeniyle gerçekleşen sorunlarla sıkça karşılaşılmaktadır. Bu örnekte

giydirme cephenin ankraj bağlantısı döşemelerin bulunmaması nedeniyle yüklenici tarafından sonradan tasarlanan çelik kirişe bağlanmak zorundadır. Ancak ankrajların yapılacağı bölgenin karşısına dik yönde profiller denk geldiği için, dört civata ile monte edilmek üzere tasarlanmış ankraj üç civata ile monte edilmiştir. Bu durum hatalı işçilik sonucu olduğu kadar tasarım yetersizliği nedeniyle de meydana gelmiştir. Giydirme cephe tasarım, imalat ve montajının çeşitli aşamalarında, öncelikleri farklı paydaşlar tarafından alınan ve anlık bir sorunu çözmeye yönelik bireysel kararlar sonucu bu tür olumsuz durumlar oluşabilmektedir.

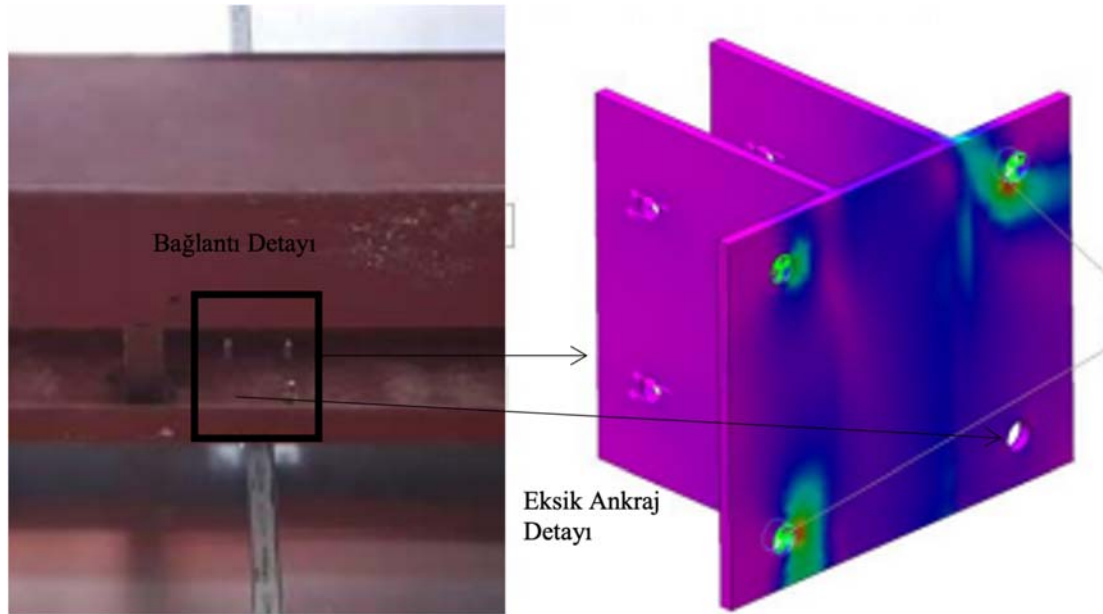
Telafisi güç bu durumun hem giydirme cephenin hem de yapının ana taşıyıcı sisteminin davranışı açısından etkisi yüklenicinin tasarım ekipleri tarafından gerçekleştirilen modelleme ve analizlerle kontrol edilmiştir. Tasarımcılar analizler sonucunda giydirme cephe ve taşıyıcı sistem arasındaki yük aktarım şemasında kritik elemanın cephenin

ana profillerini C profile bağlayan bağlantı parçaları ve cıvata detayları olduğunu değerlendirmiş ve analizlerini bu noktada yoğunlaştırmıştır. Yapılan hesaplamalar bağlantı parçasındaki yerel gerilme yoğunlaşmalarının cıvata delikleri çerçevesinde yoğunlaştığını göstermektedir. Normalde dört adet olması gereken cıvata bağlantıları üç adet olarak gerçekleştirildiği için gerilme yoğunlaşmaları da bu üç cıvata deliği etrafında oluşmuştur. Analizlere göre gerilme diyagramında çıkan maksimum değerler yönetmeliklerde öngörülen sınır değerlerin altında kaldığından yapı güvenliğini tehlikeye atan bir durum oluşmamaktadır. Benzer şekilde cıvata elemanları için de yapılan analizler söz konusu elemanların kendileri için standartlarda öngörülen değerleri aşmadığını göstermektedir. Her ne kadar analizi yapılan elemanlar üzerlerine gelen yükleri güvenle taşıyor gibi görünse de bağlantı elemanının C profil ile bağlantı şekli bir tarafta iki diğer tarafta bir cıvata olması nedeniyle simetrisini kaybetmiştir. Bu bağlantı noktasının yapı ömrü boyunca karşılaşılabilecek rüzgâr, deprem, titreşim gibi tekrarlayan ve tersinir yükler altında uzun vadeli davranışı ayrıca malzeme bozulması ve yorulma etkileri altında göstereceği performans belirsizdir (Şekil 10).

5.3.2. Yeterli çalışma alanı bulunmaması nedeniyle giydirme cephe montajının doğru yapılamaması durumu
(*Incorrect assembly of the curtain wall system due to insufficient working space*)

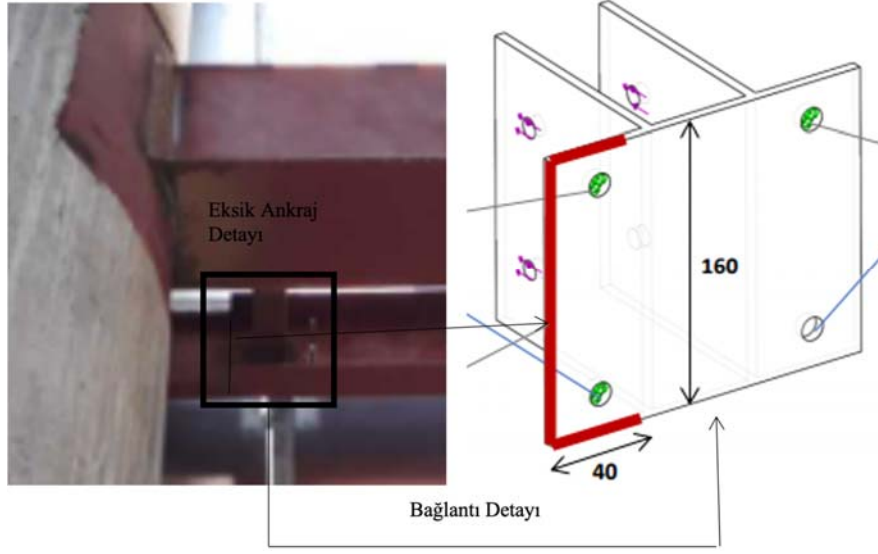
Giydirme cephe uygulamasının yapı ile uyumunu sağlamak için uygulama aşamasında mimari çözümler üretilmesi öngörülmeyen imalat sorunlarını da beraberinde getirmektedir. ÇAGC sistemlerinin montaj süreci teknik ekipman ve bu ekipmanı kullanacak işçilerin çalışabileceği

yeteri kadar alanı da gerektirmektedir. Bu örnekte yapı taşıyıcı sistemine ait betonarme kolon giydirme cephe bağlantı noktasının oldukça yakınında olduğundan imalat sırasında cıvata bağlantılarının yapılmasını sağlayan teknik ekipman ve işçi çalışma alanı oluşmamıştır. Bu nedenle giydirme cephe taşıyıcı profilinin montajı dört cıvata yerine iki cıvata ile yapılmıştır. Yüklenicinin tasarım ekibi modelleme sonucunda giydirme cephe ve taşıyıcı sistem arasındaki yük aktarım şemasında kritik elemanın cephenin ana profillerini C profile bağlayan bağlantı parçaları ve cıvata detayları olduğunu değerlendirmiş ve analizlerini bu noktada yoğunlaştırmıştır. Ancak bu örnekte normalde dört adet olması gereken cıvata bağlantıları iki adet olarak gerçekleştirildiği için gerilme yoğunlaşmalarının maksimum değerlerinin yönetmeliklerde öngörülen sınır değerlerin üzerine çıktığı görülmüş bu da yapı güvenliğini tehlikeye atan bir durum oluşturmuştur. Bu aşamada elde bulunan çok sınırlı çözüm imkanları arasında cıvata olmayan bölgeye kaynak uygulaması yapılarak ankraj montajının güçlendirilmesi uygun görülmüştür. Bu çözüm hatalı imalat nedeniyle oluşan yük aktarım sorunlarına çözüm üretmek amaçlı olduğu kadar söz konusu bölgede oluşmuş yer darlığına bağlı teknik ekipman kullanım sınırlamalarının da bir sonucudur. Giydirme cephe tasarımının ilk aşamalarından itibaren cıvatalar aracılığıyla bağlantısı yapılmak üzere tasarlanan bir mimari detayın imalatı hatalı şekilde tamamlandıktan sonra kısmen cıvata kısmen de kaynak uygulanarak uygulanması güvenli yapı pratiğinde karşılaşılmaması gereken bir durumdur. Her ne kadar bir çözüm üretilmiş olsa da bu durumun tasarım sürecinin daha erken aşamalarında fark edilmiş olması halinde teknik imalat usullerine ve giydirme cephenin mimari özelliklerine daha uygun bir çözüm üretilbileceği şüphesizdir (Şekil 11).



Şekil 10. İşçilik hataları nedeniyle eksik ankraj ile imal edilen bağlantı detayını (solda), bu detaya ait sonlu elemanlar modeli ve iç gerilme dağılımları (sağda)

(Aluminium curtain wall detail with missing anchorage due to faulty workmanship (left), the finite element model and the internal stress distribution of this detail (right))



Şekil 11. Yeterli işçilik alanı bulunmaması nedeniyle eksik ankraj ile imal edilen bağlantı detayı (solda), bu detaya ait sonlu elemanlar modeli ve kaynak önerisi (sağda)

(Aluminium curtain wall detail with missing anchorage due to insufficient working space (left), the finite element model and the welding detail (right))

6. SONUÇLAR VE TARTIŞMALAR (RESULTS AND DISCUSSIONS)

Bu çalışmada Türkiye bağlamında, ulaşılabilen literatür, elde edilen belgeler ve yapılan alan çalışmasında tespit edilen durumlar üzerinden ÇAGC sistemlerinin tasarım ve uygulama sürecinde karşılaşılan giydirme cephe ile taşıyıcı sistem ilişkisinde karşılaşılan mimari sorunlara yer verilmiştir. Araştırma bağlamında ÇAGC tasarım ve uygulama süreçlerinin birbirleri ile yakın bağlantılı olarak ilerlediği ve oluşan sorunları doğrudan etkilediği görülmüştür. Mimari tasarım sürecinde, giydirme cephe çözümlerinin yapının mimarisine uygun olarak doğru bir şekilde detaylandırılması, uygulama sürecinde çıkabilecek birçok sorunu ortadan kaldırmaktadır. Bu yüzden giydirme cephe sisteminin seçimi sürecin mümkün olduğu kadar erken aşamalarında yapılmalı, sorunların tespiti ve çözümü uygulama tasarımı ve montaj gibi geç aşamalara bırakılmamalıdır. Aksi takdirde giydirme cephe sisteminin uygulama sorunlarının yerinde çözümü için bulunan bireysel mimari kararlar, yapının tamamının mimari tasarımı ve yapısal davranışına etki eder hale gelebilir.

ÇAGC uygulama aşamasında, daha önceden öngörülmeden ve hem giydirme cephenin kendi taşıyıcı sistemini hem de yapının ana taşıyıcı sistemini etkileyen sorunların ortaya çıktığı görülmüştür. Uygulama sırasında ortaya çıkan bu sorunlar çoğu zaman yapının esas tasarımcıları tarafından değil yüklenici adına görev yapan ve genellikle mimar ve inşaat mühendislerinden oluşan tasarım ekipleri tarafından şantiyede verilen kararlarla çözülmeye çalışılmaktadır. Bu çalışma kapsamında incelenen örnekler bağlamında giydirme cephe ve taşıyıcı sistem etkileşiminde ortaya çıkan mimari sorunları şu kategorilerde toplamak mümkündür: giydirme cephe sistemine ait projelendirme ve hesapların, sistem evi tarafından, cephenin uygulanacağı yapının bütün

mimari özellikleri dikkate alınmadan yapılması, bu şekilde yapılan uygulama projelerinin yapının mimari detaylarındaki düzensizliklere ve yapının taşıyıcı sistemindeki noktasal değişimlere cevap verememesi; yapının taşıyıcı sistem akslarının düzensizlikler içermesi, döşeme konumlarının değişiklik göstermesi, ve cepheye komşu geniş galeri boşluklarının bulunması nedeniyle süreç geç aşamalarında yüklenicilerin tasarım ekiplerinin çözüm üretmek zorunda kalması. Bu çözümlerin yapının mimarisini ve taşıyıcı sistem davranışını önemli ölçüde etkilemesi; uygulama süreçlerindeki öngörülemezlik ve belirsizlikler nedeniyle işçilik ve uygulama hatalarının oluşması. Bu hataların yapı üzerindeki etkilerinin imalat tamamlandıktan sonra yapılan analizlerle ölçülmeye ve olumsuzlukların giderilmeye çalışılması.

ÇAGC uygulamalarının geneli ile yaygın Gelişmiş inşaat standartlarına sahip ülkelerde, ön tasarım sürecinden itibaren giydirme cephe tasarım sürecine bu konu üzerinde uzmanlaşmış birçok paydaş dahil olmaktadır. Bu paydaşlar mimarlık ve ilgili mühendislik dallarından uzmanları kapsadığı gibi cephe danışmanı, sistem evleri ve yükleniciler gibi giydirme cephe tasarım ve uygulama süreçlerinde derinlemesine uzmanlaşmış kişi ve kurumları da içermektedir. ÇAGC uygulamalarının sağlıklı bir şekilde yürütülebilmesi için paydaşların bina yapım sürecinin erken aşamalarından itibaren belli olması gerekmektedir. Yapının tasarım ve imalatında yer alacak paydaşların sürecin erken aşamalarından itibaren rollerinin belli olması, öngörülebilir, zamanında ve yerine göre üretilmiş mimari çözümlerin oluşmasında ve doğru imal edilmesinde kritik bir rol oynamaktadır. Gerçekleştirilen çalışma üzerine kurgulandığı veriler bağlamında çeşitli sonuçlara ulaşılmış olmakla beraber incelenen örnekler süreç, yapım sistemleri ve süreç yönetimi açısından ülkemizde gerçekleştirilen uygulamaların geneli ile benzerlik gösterdiğinden ileride

yapılacak daha kapsamlı alan araştırmaları için bir başlangıç teşkil edebileceği değerlendirilmektedir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Klein T., Integral facade construction: Towards a new product architecture for curtain walls (doktora), Delft University of Technology, Faculty of Architecture, Architectural Engineering + Technology Department, Rotterdam, 2013.
2. Azcarate-Aguerre, J.F., Den Heijer, A., Klein, T., Integrated facades as a product-service system-business process innovation to accelerate integral product implementation, *Journal of Facade Design and Engineering*, 6 (1), 41-56, 2018
3. Chen, K., Lu, Weisheng., Design for manufacture and assembly oriented design approach to a curtain wall system: A case study of a commercial building in Wuhan China, *Sustainability*, 10 (7), 1-16, 2018
4. Güzel, O. N., Sönmez, A., Giydirme cephelerin performans özellikleri, *Ege Mimarlık*, 2002/4 (44), 12-17, 2002.
5. Köse Kır, T., Giydirme cephe tasarım sürecinin mimari tasarım süreci ile ilişkisi üzerine bir inceleme (yüksek lisans), T.C. İstanbul Aydın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2019.
6. Bertan, S., Giydirme cephelerin tasarım ve yapım sürecinin analizi ve Türkiye'deki durumun değerlendirilmesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2016.
7. Köksoy, E., Yüksek binalarda taşıyıcı iskelet-cephe ilişkisi ve giydirme cephe düzenleri (yüksek lisans), İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2001.
8. Atalay, B., Alüminyum giydirme cephe sistem seçiminde uygulama öncesi süreç analizi (yüksek lisans), İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2006.
9. Gülbağ, A.B., İnşaat projelerinde giydirme cephe uygulamaları ve maliyet analizi (yüksek lisans), Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2012.
10. Güvenli, Ö., Tarihsel süreç içinde malzeme cephe ilişkisi ve giydirme cepheler (yüksek lisans), Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2006.
11. Koçak, G., İnşaat sektöründe alüminyum giydirme cephe sistemlerinde karşılaştırmalı maliyet analizi (yüksek lisans), İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2019.
12. Baniotopoulos, C., Nikolaidis, T., Moutsanidis, G., Optimal structural design of glass curtain-wall systems, *Proceedings of the Institution of Civil Engineers: Structures and Buildings*, 169 (6), 450-457, 2016.
13. Marchand, K., Davis, C., Sammarco, E., Bui, J., Casper, J., Coupled glass and structure response of conventional curtain walls subjected to blast loads: validation tests and analysis, *Glass Structures & Engineering*, 2, 17-43, 2017.
14. Naqash, M.T., Formisano, A., De Matteis, G., Aluminium framing members in facades, *Key Engineering Materials*, 710, 327-332, 2016.
15. Barnaure, M., Voiculescu, M., The seismic behavior of curtain walls: an analysis based on numerical modelling, *Mathematical Modelling in Civil Engineering*, 9 (4), 1-8, 2013.
16. Wan Wong, S., Analysis and design of curtain wall systems for high rise buildings (yüksek lisans), University of Southern Queensland, Faculty of Engineering and Surveying, Toowoomba, 2007.
17. Tığ, G., Deprem ve rüzgar etkisi altında giydirme cephe sistemlerinin incelenmesi ve optimum profil kesitlerinin geliştirilmesi (yüksek lisans), Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir, 2005.
18. Kızıllarslan, O., Giydirme cephe sistemlerinde kullanılan alüminyum profillerin tasarlanması, termal ve statik açıdan incelenmesi (yüksek lisans), Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne, 2016.
19. Sarar, Y., Alüminyum giydirme cephelerde çok kriterli karar verme yöntemleri ile taşıyıcı sistem seçimi (yüksek lisans), Düzce Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Düzce, 2018.
20. Sözüer, N., Cam giydirme cephenin binanın dinamik özellikleri üzerindeki etkileri (yüksek lisans), Boğaziçi Üniversitesi, Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, İstanbul, 2017.
21. Terzioğlu, B., Giydirme cepheler için uzman görüşü değerlendirme yöntemi ile bütünleşmiş bir analiz aracı önerisi (yüksek lisans), İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2020.
22. Flyvbjerg, B., Five misunderstandings about case-study research, *Qualitative Inquiry*, 12 (2), 219-245, 2006.