

Petek Kirişler ve Kullanım Alanlarına İlişkin Bir İnceleme

Mustafa Halûk Saraçoğlu¹

Özet

Mühendislik ve mimarlık alanında gelişen yeni fikirler ve teknolojiler, yapıların tasarım anlayışını sürekli değiştirmektedir. Ancak bazı yapı elemanlarının yıllar boyunca değişmeden kullanılması, tasarımcılar için güvenilir bir dayanak noktası oluşturmaktadır. Bu bağlamda, petek kirişler uzun süredir kullanılan ve günümüzde de önemini koruyan çelik yapı elemanlarıdır. Bu çalışmada, petek kirişlerin tarihsel gelişimi, üretim yöntemleri, kullanım alanları ve yapısal üstünlükleri literatür ışığında kapsamlı şekilde incelenmiştir. Altıgen ve dairesel açıklıklı tipler en yaygın imalat yöntemleri arasında yer almakta, her biri üretim süresi, maliyet ve tasarım esnekliği bakımından farklı üstünlükler sunmaktadır. Literatürde, petek kirişlerin uzun açıklıkları ekonomik biçimde geçebilme, tesisat sistemleriyle uyum, titreşim direnci ve estetik katkı gibi çok yönlü üstünlüklere sahip olduğu vurgulanmaktadır. Petek kirişlerin statik ve dinamik davranışlarının sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak ayrıntılı biçimde incelendiği çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Daire, kare, beşgen, altıgen, elmas, sekizgen gibi farklı geometrilere sahip gövde boşluk tiplerine sahip petek kirişlerin statik ve dinamik davranışları sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak araştırılmış ve boşluk geometrisinin yer değiştirme, gerilme ve titreşim özellikleri üzerinde belirleyici etkileri olduğu ortaya konmuştur. Ayrıca, gövde birleşim bölgelerinde yapılan yapısal iyileştirmelerin kirişlerin dayanımını artırdığı gösterilmiştir. Çalışmada petek kirişlerin üretim süreci ayrıntılı olarak açıklanmış; altıgen ve dairesel açıklıklı imalat yöntemleri karşılaştırılmıştır. Bunun yanında, otopark yapıları, endüstriyel tesisler, ofis binaları ve enerji yapıları gibi bu kirişlerin modern yapılardaki başlıca kullanım alanları örneklerle ele alınmıştır. Sonuç olarak, petek kirişler modern yapılarda hem mühendislik hem de mimarlık açısından önemli avantajlar sağlayan yenilikçi ve verimli bir tasarım çözümü olarak öne çıkmaktadır.

1 Dr. Öğr. Üyesi, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Müh. Fak., İnşaat Müh. Böl., Yapı ABD, Kütahya, TÜRKİYE, mhaluk.saracoglu@dpu.edu.tr, ORCID: 0000-0003-3842-5699

1. Giriş

Mühendislik ve mimarlık alanında, her yıl yeni fikirler, yenilikler ve teknolojiler ortaya çıkmakta; bu da yarının binalarını şekillendirmektedir. Ancak belirli yapı elemanlarının yıllar boyunca tutarlı kalması, tasarımcılar için güven verici bir dayanak noktasıdır. Petek kirişler uzun süredir mimaride yaygın olarak kullanılmakta ve günümüzde de önemli bir rol oynamaktadır.

Bu tür yapı elemanlarının tasarımı için gerekli hesaplamalar pek çok araştırmacı tarafından yapılarak literatürde yerini almıştır.

Yapılan bir çalışmada, çelik petek kirişlerin minimum ağırlık tasarımında rastgele sayı dizilerinin etkisi İyileştirilmiş Armoni Arama Yöntemi (IHS) tabanlı bir optimizasyon algoritmasıyla incelenmiştir. Armoni arama, müzikal süreçlerden esinlenen sayısal bir optimizasyon tekniğidir. Tasarım kısıtlamaları, Çelik Yapı Enstitüsü Yayın No: 5 ve BS5950 standartlarına dayandırılmış, problem ayırık programlama yapısında formüle edilmiştir. Optimizasyon sürecinde Evrensel Kiriş kesitleri, altıgen delik boyutları ve kiriş boyunca açıklık sayısı tasarım değişkenleri olarak kullanılmıştır [1].

Petek kirişlerinin statik ve dinamik davranışları üç boyutlu sonlu elemanlar yöntemi ile ANSYS 22 R1 sonlu elemanlar paket programı kullanarak incelenmiştir. Daire, kare, beşgen ve altıgen gibi farklı gövde açıklığı tiplerinin kirişlerin yer değiştirme, gerilme ve serbest titreşim davranışları üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Analizlerde IPE120, IPE180 ve IPE240 profilleri kullanılmış, malzeme olarak doğrusal izotrop homojen çelik kabul edilmiştir. Sınır koşulları sabit-sabit, sabit-mafsallı ve sabit-serbest olarak tanımlanmıştır. Sonuçlar, gövde açıklığı tipinin kirişlerin yer değiştirmeleri, von-Mises gerilmeleri, kesme gerilmeleri ve doğal frekansları üzerinde belirgin bir etkisi olduğunu göstermektedir [2].

Altıgen, sekizgen ve elmas gövde açıklıklarına sahip çelik petek kirişlerin eksenel yükler altındaki davranışını ABAQUS sonlu elemanlar paket programını kullanarak detaylı bir şekilde incelenmiştir. Hesap sonuçları, gövde birleşim yerlerine eklenen çift plakaların gerilme-şekil değiştirme davranışını iyileştirdiğini, ancak deplasman üzerinde belirgin bir etkisinin olmadığını göstermiştir. 75 kN yük altında en düşük deplasman 12,839 mm ile altıgen profilde elde edilmiş, elmas ve sekizgen açıklıklı profillerde ise daha yüksek deplasman değerleri bulunmuştur. Bu çalışma, gövde birleşim yerlerine plaka eklenmesinin uzun vadeli yapısal dayanımı artırmak için önerildiğini ortaya koymaktadır [3].

Farklı gövde boşluk tiplerine sahip eğri eksenli petek kirişlerin serbest titreşim davranışını sonlu elemanlar yöntemiyle incelenmiştir. Daire, kare,

beşgen ve altıgen boşluklu IPE220, IPE240 ve IPE300 profilleri, çeşitli mesnet koşulları altında modal analize tabi tutulmuş ve çalışma sonucunda boşluk geometrisinin kirişlerin titreşim özellikleri üzerinde belirgin bir etkiye sahip olduğu gösterilmiştir [4].

Eğri eksenli petek kirişlerin statik davranışını üç boyutlu sonlu elemanlar yöntemiyle incelenmiş ve gövde boşluk geometrisinin yer değiştirme ve gerilme değerlerine etkisi araştırılmıştır. Daire, kare, beşgen ve altıgen boşluk tipleri modellenmiş; 10 düğümlü dört köşeli elemanlar ve lineer, izotrop homojen çelik malzemesi kullanılmıştır. Sınır koşullarını ankastre–ankastre, ankastre–basit ve ankastre–serbest olarak uygulanmıştır. Analizler sonucunda boşluk tipinin yer değiştirme, von-Mises ve maksimum asal gerilmeler üzerinde belirgin bir etkisi olduğunu gösterilmiştir [5].

2. Materyal ve Yöntem

Petek kirişler, düzenli ve tekrarlayan delik desenine sahip elemanlardır. Bu desen, iki kiriş yarısının uzunlamasına kesilip kaydırılması ve ardından tek bir genişletilmiş kiriş oluşturmak için kaynaklanmasıyla elde edilir. Bu kirişler, 20. yüzyılın ikinci yarısından bu yana çeşitli inşaat projelerinde kullanılmaktadır ve son yıllarda çok yönlü kullanım alanları nedeniyle adeta bir “rönesans” yaşamaktadır.

Petek kirişler, çelik profil kirişlerin modern bir çeşidi olup üretim süreci çift aşamalı bir işlem içerir. Petek kirişler modern mimaride de geniş bir uygulama yelpazesine sahiptir.

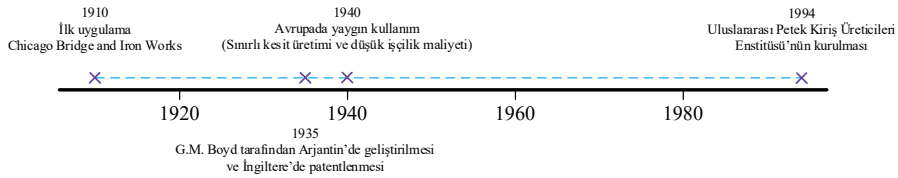
2.1. Petek Kirişlerin Tarihçesi

Geniş başlıklı çelik kirişlerde servis hatlarının geçirilmesine olanak sağlamak amacıyla gövde açıklıkları oluşturulması fikri, çeliğin yapısal bir malzeme olarak kullanımının erken dönemlerine dayanmaktadır. Gövde açıklıklı kirişlerin tasarımı, AISC Tasarım Kılavuzu 2: Gövdeli Açıklıklara Sahip Çelik ve Kompozit Kirişlerin Tasarımında ayrıntılı olarak ele alınmıştır. Bununla birlikte, kılavuzda belirtilen tasarım ilkelerinin, tekrarlayan açıklıklarla oluşturulan genişletilmiş gövde kesitlerine sahip petek kirişler için geçerli olmadığı açıkça ifade edilmiştir [6].

Literatürde, petek kirişler altıgen ve dairesel açıklıklarla genişletilmiş kesitler olarak tanımlanmaktadır. Gövdeli açıklıklara sahip genişletilmiş kesitli kirişlerin ilk uygulaması 1910 yılında Chicago Bridge and Iron Works tarafından gerçekleştirilmiştir [7]. Bu fikir, 1935 yılında G.M. Boyd tarafından Arjantin’de geliştirilmiş ve daha sonra Birleşik Krallık’ta patent altına alınmıştır [8].

Özellikle 1940'lı yıllarda, Avrupa'da çelik fabrikalarının sınırlı kesit üretim kapasiteleri ve düşük işçilik maliyetleri nedeniyle petek kirişlerin kullanımı hızla yaygınlaşmıştır. Manuel genişletme teknikleri sayesinde, daha büyük kesit boyutlarının ekonomik biçimde elde edilmesi mümkün olmuştur. Buna karşın, Amerika Birleşik Devletleri'nde yüksek işçilik maliyetleri ve üretim koşullarının farklılığı sebebiyle söz konusu kirişlerin kullanımı uzun süre sınırlı kalmıştır.

Üretim teknolojilerinde otomasyonun gelişmesi ve mimar ile mühendislerin daha verimli ve ekonomik tasarım yöntemlerine duyduğu ihtiyaç, 20. yüzyılın ikinci yarısından itibaren Amerika'da da petek kirişlerin kullanımını artırmıştır. Bu süreç, genişletilmiş kesitlerin dünya genelinde yaygınlaşmasına zemin hazırlamış; 1994 yılında ise bu kirişlerin tasarımı ve üretimine yönelik standartların geliştirilmesi amacıyla Uluslararası Petek Kiriş Üreticileri Enstitüsü kurulmuştur. Şekil 1'de petek kirişlerin gelişimi ile ilgili zaman çizelgesi gösterilmektedir.



Şekil 1. Petek Kirişlerin Tarihçesi – Zaman Çizelgesi

2.2. Petek Kirişlerin İmalatı

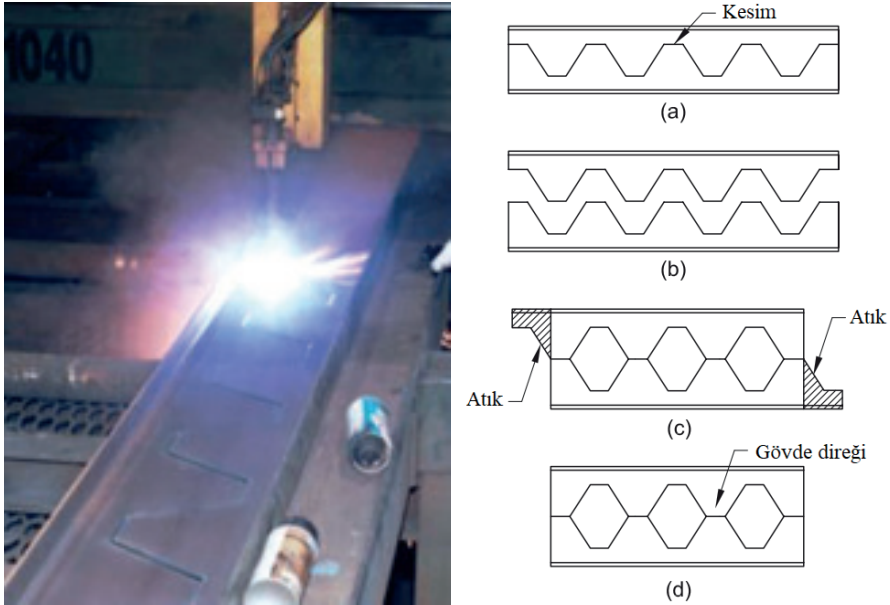
Petek kirişlerde altıgen veya dairesel delikler kullanılabilir. Bu iki tip petek kiriş tasarım açısından benzerlik gösterirken üretim sırasında bazı farklılıkları vardır. Dairesel delikli petek kirişler, delik boyutu ve dağılımını esnek bir şekilde değiştirmeye olanak tanır; bu da dolgu miktarını azaltır ve üretim sürecini değiştirmeden farklı hücre çapları kullanılabilmesine olanak sağlar.

Altıgen ve dairesel delikli petek kirişler, genellikle belirli bir projedeki özel konum ve ihtiyaçlara uygun olarak tasarlanmaktadır. Her iki kiriş tipinin üretim süreçleri benzerlik göstermekte olup, aralarında bazı farklılıklar bulunmaktadır.

Altıgen delikli petek kirişler, geniş başlıklı bir kesitin gövdesi boyunca bilgisayar ile kontrollü olarak iki parçaya ayrılması ile zikzak deseninde yapılan kesimler sonucunda üretilir. Üretim süreci Şekil 2'de adım adım

gösterilmektedir. İlk olarak kesit uygun desende kesilir (Şekil 2a), ardından elde edilen iki yarım parça birleştirilir (Şekil 2b). Daha sonra kiriş uçlarında oluşan atık parçalar temizlenir (Şekil 2c) ve iki bölüm, altıgen delikli petek kirişi oluşturacak şekilde kaynaklanır (Şekil 2d). Bu aşamadan sonra, gövde kalınlığının nispeten küçük olması durumunda kenarların keskinliğinin giderilmesine gerek duyulmadan, gövdenin bir tarafından tam veya kısmi penetrasyonlu alın kaynağı uygulanmaktadır.

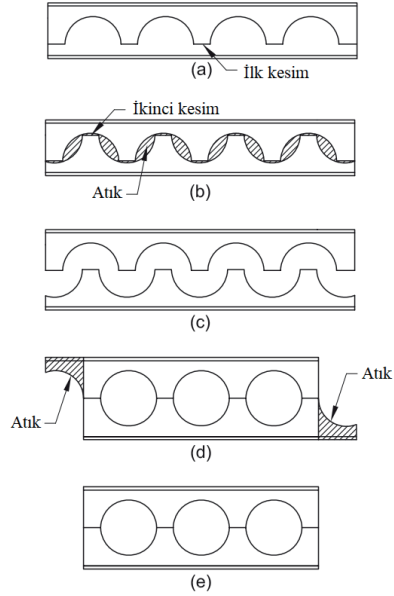
Dairesel delikli petek kirişler ise iç içe geçmiş yarım daire biçimli kesim desenleri ile benzer bir yöntem kullanılarak üretilmektedir. Tekrarlayan dairesel deseni elde edebilmek için iki ayrı kesme geçişi yapılması gerekmektedir (Şekil 3). İki kesme geçişi, üretim sürecinde çeliğin daha fazla işlenmesine yol açtığından, dairesel delikli petek kirişlerin üretim süresi altıgen delikli petek kirişlere göre bir miktar daha uzundur. Ayrıca dairesel kesim işlemi, zikzak desen kesimlerine kıyasla daha fazla atık ortaya çıkarmaktadır (Şekil 3b). İki kesim tamamlandıktan sonra elde edilen yarım parçalar, kaydırılarak yeniden birleştirilir ve kaynak işlemi ile dairesel delikli petek kiriş oluşturulur. Dairesel delikli petek kiriş üretim sürecine ait bir fotoğraf Şekil 3'te gösterilmektedir.



Şekil 2. Altıgen delikli petek kiriş imalatı [9]

Dairesel delikli petek kirişler, özel projeler ve alışılmadık tasarımlar için derinlik ve özelleştirme imkânı sunar. Öte yandan, altıgen delikli petek

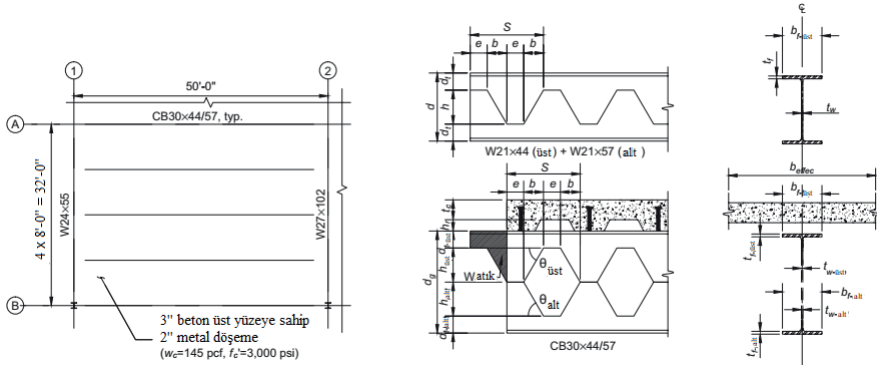
kirişler maliyet etkinliği, yüksek mukavemet/ağırlık oranı ve standart kullanım kolaylığı nedeniyle halen birçok projede tercih edilmektedir.



Şekil 3. Dairesel delikli petek kiriş imalatı [9]

Petek kirişlerin üretim süreci, I profilden imal edilmiş çelik kirişin iki ayrı parçaya ayrılmasını içerir. Açıklık aralıkları eşit olduğu sürece, bu iki kiriş yarısı birbirine kaynaklanarak asimetrik bir kesit oluşturabilir. Bu yaklaşım, özellikle üst T-parçasının beton döşeme ile çalıştığı kompozit uygulamalarda üstünlük sağlayacaktır.

Kompozit tasarımlarda, üst T-parçası için daha küçük bir çelik profil ve alt T-parçası için daha büyük bir çelik profil kullanılarak asimetrik kesitler elde etmek genellikle maliyet açısından daha etkin bir çözüm olmaktadır. Petek kirişlerin de kullanıldığı bir döşeme örneği Şekil 4'te gösterilmektedir.



Şekil 4. Petek kirişlerin kullanıldığı bir döşeme örneği [9]

2.3. Petek Kirişlerin Kullanım Alanları

Petek kirişlerin çelik profillerden imal edilmiş kirişlere göre çeşitli yapısal üstünlükleri bulunmaktadır. Bu tip kirişlerde gövde yüksekliğinin artması sonucunda daha büyük mukavemet momenti, güçlü eksenine göre daha büyük atalet momenti ve daha yüksek derinlik/ağırlık oranı oluşmaktadır. Bu artışlar sonucunda daha uzun açıklıklar geçilirken aynı zamanda maliyet etkin çözümler oluşturarak önemli ekonomik tasarruflar sağlamaktadır. Bununla birlikte, bu üstünlükler daha karmaşık analiz gereksinimlerini de beraberinde getirmektedir. Bu nedenle, petek kirişlerin tasarımında hem yapısal verimlilik hem de ekonomik uygulanabilirlik açısından dikkatli değerlendirmeler gerekir.

Petek kirişlerin temel kullanım amacı, daha hafif kesitler ile uzun açıklıkların geçilebilmesidir. Genel olarak 10 metre üzerindeki açıklıklarda pratik çözümler sunarken, 12 metre üzerindeki açıklıklarda ise oldukça ekonomik bir alternatif oldukları gösterilmiştir [10]. Bu kirişler kullanılarak daha büyük alanlara sahip döşemeler tasarlanmasına olanak tanımaktadır. Böylece tasarımcıya planlamada daha fazla esneklik sağlamaktadır. Bu durum da tasarımda önemli bir üstünlük oluşturmaktadır.

Petek kirişlerin başlıca üstünlükleri arasında, daha uzun açıklıkların daha az kolon ile geçilebilmesi yer almaktadır. Bu özellik, hem fazladan kolonsuz alanların elde edilmesini hem de kat alanı kullanımında esneklik oluşturulmasına imkân sağlamaktadır. Daha uzun kirişlerle açıklıkların geçilmesi daha az yapısal eleman gereksinimine yol açmaktadır. Böylece montaj süresi kısalmak ve maliyetler de düşecektir.

Bu özellikleri nedeniyle petek kirişler, uzun açıklık gereksinimi bulunan eğitim yapıları, ofis binaları, otopark yapıları, depolar, endüstriyel tesisler ve hastaneler gibi yapılarda yaygın olarak tercih edilmektedirler.

2.3.1 Otopark Yapıları

Son yıllarda petek kirişlerin otopark yapılarında kullanımı önemli ölçüde artmıştır. Otopark yapılarında açıklıklar genellikle yaklaşık 18 metre civarındadır ve bu yapılarda kullanım kolaylığı, çoğu zaman taşıma kapasitesinden daha kritik bir tasarım kriteri olarak öne çıkmaktadır. Otopark yapılarının zemin sistemlerinin, açık ağılı çelik kirişler veya çelik kirişler yerine, geniş başlıklı profil kirişleri ve çelik kirişler veya petek kirişleri kullanılarak tasarlanması önerilir [11].



Şekil 5. Otopark yapılarında petek kirişler [9, 12-14]

Mevcut en hafif 76 cm derinliğe sahip geniş başlıklı kesit olan W30×90 ile karşılaştırıldığında, petek kirişlerin kullanımı yaklaşık %33 oranında ağırlık tasarrufu sunmaktadır. Bu durum yalnızca doğrudan malzeme maliyetlerinde tasarruf sağlamamakta, aynı zamanda yapının genel kütlelerini azaltarak yanıl yükler ile temel tasarımındaki yükleri de düşürmektedir.

Açık ağılı çelik kiriş geometrisi, yalnızca yapısal fayda sağlamakla kalmayıp, aynı zamanda mimari ve fonksiyonel avantajlar da sunmaktadır. Gövde açıklıklarından geçen ışık, otoparkın iç mekânını doğal olarak aydınlatmakta; bu özellik özellikle kat yüksekliğinin sınırlı olduğu otoparklarda, masif kirişli sistemlere kıyasla daha aydınlık ve ferah bir ortam oluşturmaktadır. Şekil 5'te petek kirişlerin kullanıldığı otopark yapılarından örnekler gösterilmektedir.

2.3.2. Endüstriyel Tesisler

Endüstriyel tesislerde, asma katlar, havai konveyör sistemleri, hava işleme üniteleri, proses ekipmanları ve ofis alanları gibi yapılar için ek kullanım alanı sağlamak kritik bir tasarım gereksinimidir. Uzun açıklıklı petek kirişler, bu tür uygulamalarda yapısal performans açısından üstünlük sağlar. Bu kirişler, asma katları ve ekipman yüklerini taşıyabilmek için gereken kolon sayısını azaltarak mekânsal verimliliği artırır. Şekil 6'da çeşitli endüstriyel yapılarını genel olarak göstermektedir.



Şekil 6. Endüstri yapılarında petek kirişler

2.4. Petek Kirişlerin Üstünlükleri

Petek kirişler modern projelerde hâlen geniş bir kullanım alanına sahiptir. Büyük şhirlerdeki otoparklar, geniş açıklıklı ofis binaları ve enerji tesisleri gibi yapılar, bu kirişlerle ekonomik, dayanıklı ve esnek şekilde inşa

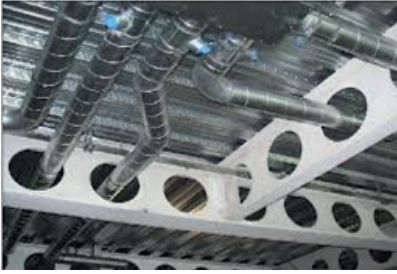
edilebilmektedir. Kirişlerin hafifliği, yüksek mukavemeti ve maliyet etkinliği, yoğun yapılaşmanın yaşandığı şehirlerde önemli avantajlar sağlar.

Günümüzde, artan şehir nüfusu ile ek alan ihtiyacı da hızla artmaktadır. Özellikle otopark gibi yapılar, büyük şehirlerde araç sahiplerinin ihtiyaçlarını karşılamak açısından kritik bir rol oynamaktadır. Petek kirişler, beton gibi geleneksel malzemelere kıyasla önemli maliyet ve malzeme tasarrufu sağlayarak bu tür uygulamalarda ideal bir çözüm sunmaktadır.

Aynı zamanda, modern iş dünyasında yeni girişimler ve yaratıcı fikirler sürekli olarak ortaya çıkmaktadır. Bu durum, açık ofis yapıları ve esnek kullanım alanları gerektirmektedir. Petek kirişler, mimarların çelik eklemelerine gerek kalmadan gereken yapısal dayanımı sağlamalarına olanak tanır. Kirişlerin esnek tasarımı, düşük maliyetle güçlü ve uyarlanabilir alanlar oluşturmayı mümkün kılar; böylece ihtiyaca göre büyük veya küçük alanlar tasarlanabilir.

2.4.1. Servis, Isıtma, Havalandırma ve İklimlendirme ile Uyum

Petek kirişlerin en önemli üstünlüklerinden birisi, tesisat sistemlerinin doğrudan kiriş açıklıklarından geçirilebilmesidir. Şekil 7, açık ağ kesitleri kullanılarak her kat için birkaç santimetre yükseklik tasarrufu sağlanabileceğini göstermektedir.



Şekil 7. Petek kirişlerde havalandırma ve iklimlendirme tesisatları

Petek kirişlerdeki boşluklar, Şekil 8’de gösterildiği üzere boru, ısıtma, havalandırma ve iklimlendirme ve yangın söndürme sistemleri ile diğer mekanik ve elektrik tesisatlarının montajı için doğrudan kullanılabilir.



Şekil 8. Petek kirişlerde tesisat montajı

Ofis binalarında petek kirişlerin kullanımı, mal sahiplerine ve gelecekteki kiracılara ek kablolama ve altyapı yerleşimi için yüksek esneklik sağlar. Boruların ve kabloların kiriş derinliği içerisinde geçmesi, özellikle tıbbi tesislerde, gaz, veri ve diğer kritik tesisatların bina inşaatı tamamlandıktan sonra da taşınabilmesini veya eklenmesini kolaylaştırır.

Ayrıca, tüm tesisatlar kiriş derinliği içinde konumlandırıldığında, tavan doğrudan yapıya sabitlenebilir (Şekil 9). Enerji üretim tesisleri ve yoğun boru altyapısına sahip diğer endüstriyel yapılarda petek kirişler önemli fayda sağlanabilir.



Şekil 9. Petek kirişlerde tavan yapısı [9]

2.4.2. İnşaat Verimliliği

Yapılarda petek kirişlerin kullanımı doğrudan veya dolaylı olarak verimlilik sağlar. Uzun açıklıklı kirişler, gerekli kolon sayısını azaltarak daha az temel inşaatı gerektirir ve bu durum doğrudan maliyet tasarrufu oluşturur. Yapıdaki eleman sayısının azalması, imalat ve montaj süreçlerinde de ek tasarruf sağlayacaktır.

Çelik montaj, inşaat programında kritik bir konumda ise daha kısa inşaat süresi dolaylı olarak finansman ve genel proje koşullarında ek üstünlük sağlayacaktır. Ayrıca, inşaatın erken tamamlanması, mal sahibinin projeden daha erken gelir elde etmesine olanak tanır.

Bu özellikler, petek kirişlerin özellikle büyük ölçekli endüstriyel ve ticari projelerde tercih edilmesinde önemli bir rol oynar.

2.4.3. Titreşim Direnci

Petek kirişler, eşdeğer ağırlıktaki geniş başlıklı profillerden imal edilmiş kirişlere kıyasla yaklaşık 1,5 kat daha derin bir kesite sahiptir. Bu derinlik artışı, kirişlere yüksek rijitlik kazandırır ve çelik profil kirişlerine kıyasla daha fazla titreşim direnci sağlayacaktır. Artan rijitlik, döşeme veya çatı sistemleri üzerindeki titreşim etkilerini de önemli ölçüde azaltır.

AISC Tasarım Kılavuzu 11, çelik çerçeve yapısal sistemlerde insan aktivitelerinden kaynaklanan titreşimleri kapsamaktadır [15]. Tam ölçekli testler, kompozit petek kirişler üzerinde gerçekleştirilmiş ve döşeme sistemleri için uygulanabilir olduğunu doğrulamıştır. Bu sonuç hem kompozit hem de kompozit olmayan petek kirişler için benzer bir uygulamanın uygun olduğunu göstermektedir.

2.4.4. Estetik

Petek kirişler tasarımcılara mimari açıdan önemli yapısal elemanlar oluşturma konusunda yüksek esneklik sağlamaktadır. Bu kirişler üretim sırasında kolayca eğri eksenli duruma getirilebilir (Şekil 10). Geleneksel geniş başlıklı kirişlerin aksine, mekanik yöntemler veya ısı uygulanarak yapılan sonradan eğri eksenli duruma getirilmek yerine, petek kirişlere üretim sürecinde doğrudan uygun eğrilik kazandırılır. Ayrıca, kirişin üst ve alt yarıları kaynaklanmadan önce T bağlantıları bükülerek, kirişlerin kavislendirilmesi mümkün olur.



Şekil 10. Eğri eksenli petek kiriş [9]

Şekil 11’de gösterildiği gibi, açıkta kalan konik elemanlar da estetik ve yapısal amaçlarla kullanılabilir. Konik kirişler, kesme desenlerinin kirişin uzunluğu boyunca eğilmesi ve kiriş yarısının, kiriş direklerinin kaynakları tamamlanmadan önce 180° döndürülmesi ile elde edilir.



Şekil 11. Estetik petek kirişler ve konik çatı kiriş elemanları [9]

Petek kirişler, genellikle estetik açıdan hoş yapısal elemanlar olarak değerlendirilir ve kirişlerin görünür olduğu yapılarda mimari avantaj sağlar. Petek kirişler estetik açıdan da mimari projelere değer katar. Açıkta kalan kirişler, şık ve zarif bir görünüm sağlar, bu da yapıların hem fonksiyonel hem de görsel açıdan etkileyici olmasına katkıda bulunur. Bu duruma örnek olarak Şekil 12’de Hollanda’da her 10 yılda bir düzenlenen uluslararası bir sergi ve bahçe festivali olan Amsterdam Floriade’nin giriş kapıları gösterilmektedir.



Şekil 12. Amsterdam Floriade'nin giriş kapıları [16].

3. Sonuç

Petek kirişler, 20. yüzyılın ikinci yarısından bu yana mimari tasarımda önemli bir yapı elemanı olmuştur ve 21. yüzyılda da bu rolünü sürdürmesi beklenmektedir. Hafiflik, yüksek dayanım, maliyet etkinliği ve kullanım esnekliği gibi özellikleri, mühendisler ve mimarlar için önemli üstünlükler sunar. Literatürdeki bulgular petek kirişlerin hem mühendislik hem de mimarlık açısından çok yönlü üstünlüklerinin olduğunu ortaya koymaktadır. Bu nedenle de modern yapı tasarımında kritik bir rol üstlendiğini göstermektedir. Petek kirişlerin uzun açıklıkların ekonomik şekilde geçilmesine, servis tesisatlarıyla uyum sağlamasına, titreşim direnci kazandırmasına ve mimari estetik sunmasına olanak verdiği sonucuna ulaşılmıştır. Bu bağlamda, geleceğin yapılarında sağlam, esnek ve ekonomik çözümler arayan tasarımcılar için petek kirişler, vazgeçilmez bir yapı elemanı olmaya devam edecektir.

Kaynaklar

- [1] Erdal, F., Taş, S., Tunca, O., & Çarbaş, S. (2016). Effect of Random Number Sequences On The Optimum Design of Castellated Beams With Improved Harmony Search Method. *International Journal of Engineering & Applied Sciences*, 8(3), 39.
- [2] Mezher, N. A., Noori, A. R., & Ertürkmen, D. (2023). Influence of the Web Opening Shapes on the Bending and Free Vibration Responses of Castellated Steel Beams. *International Journal of Engineering Technologies*, 8(2), 83–100.
- [3] Yustisia, V. W., Suswanto, B., Irawan, D., & Iranata, D. (2020). The Structural Behavior Of Castellated Beam With Shape Variation Using Finite Element Methods. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*, 930. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/930/1/012051>
- [4] Ertürkmen, D., & Noori, A. R. (2023a). Farklı Geometrik Boşluklu Eğri Eksenli Petek Kirişlerin Sonlu Elemanlar Yöntemi İle Serbest Titreşim Analizi. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 13, 1019–1032. <https://doi.org/10.17714/gumusfenbil.1262258>
- [5] Ertürkmen, D., & Noori, A. R. (2023b). Sonlu Elemanlar Yöntemi ile Eğri Eksenli Petek Kirişlerin Eğilme Analizi. *Cukurova University Journal of the Faculty of Engineering*, 38(1), 73–83.
- [6] Darwin, D., & Lucas, W. K. (1990). LRFD for Steel and Composite Beams with Web Openings. *Journal of Structural Engineering*, 116(6), 1579–1593. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9445\(1990\)116:6\(1579\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9445(1990)116:6(1579))
- [7] Srimani, S. S. L., & Das, P. K. (1978). Finite Element Analysis Of Castellated Beams. *Computers & Structures*, 9(2), 169–174. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0045-7949\(78\)90135-9](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0045-7949(78)90135-9)
- [8] Knowles, P. (1977). *Design of structural steelwork*. Surrey University Press.
- [9] Fares, S. S., Eng, P., Coulson, J., & Dinchart, D. W. (2016). *Castellated and Cellular Beam Design 31 Steel Design Guide*.
- [10] Estrada, H., Jimenez, J. J., & Aguiniga, F. (2006). Cost Analysis in the Design of Open-Web Castellated Beams. *Building Integration Solutions*, 1–10. [https://doi.org/10.1061/40798\(190\)53](https://doi.org/10.1061/40798(190)53)
- [11] Churches, C. H., Troup, E. W. J., & Angeloff, C. (2003). *8 Steel Design Guide Steel-Framed Open-Deck Parking Structures*.
- [12] S, A., & A, C. (2018). *ACB® and Angelina® beams - A new generation of castellated beams*. https://constructalia.arcelormittal.com/files/5_4_1_Beams%20with%20large%20web%20openings--3ff8cc6da29648acc-48b7c44d0cfd07f.pdf

- [13] *Saint Anne's Square Car Park*. (2012). Web Page. [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Saint_Anne%27s_Square_Car_Park,_Belfast,_April_2012_\(02\).JPG](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Saint_Anne%27s_Square_Car_Park,_Belfast,_April_2012_(02).JPG)
- [14] Silva, J. A. da, Dalcantal, P. R., & Mesquita, L. M. R. de. (2019, July 15). Numerical Analysis of Cellular Steel Beams Failure Modes in Fire Conditions. *5º CILASCI – Congresso Ibero-Latino-Americano Sobre Segurança Contra Incêndio*.
- [15] Murray, T. M., Allen, D. E., Ungar, E. E., & Davis, D. B. (2016). *Vibrations of Steel-Framed Structural Systems Due to Human Activity Second Edition*. https://pardis-clm.ir/wp-content/uploads/2022/05/AISC_Design_Guide_11_Vibrations_of_Steel_Framed_Structural_Systems.pdf
- [16] *Entrance gates of the Amsterdam Floriade*. (1981). Web Page. <https://www.grunbauer.nl/eng/projecten02.htm>