

ÇELİK YAPILARDA BAYRAK LEVHALARININ SİSMİK DAVRANIŞININ ARAŞTIRILMASI

Yavuz Selim TAMA

ÖZET: Bayrak levhaları, çelik yapı elemanlarının birleşimlerinde geçmişte olduğu gibi günümüzde de yaygın olarak kullanılmaktadır. Özellikle kafes (düzlem ve uzay) sistemlerin ve stabilite (dişey, yatay ve yanal) elemanlarının teşkilinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada, sismik yükler altında bayrak levhalarının davranışı ve bu davranışın taşıyıcı sistem üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Ayrıca, uygulamada diğüm noktalarının bayrak levhalı olarak teşkilinde dikkat edilmesi gereken hususlar da kısaca anlatılmıştır.

ANAHTAR KELİMELELER: Çelik Yapı, Bayrak Levhası, Sismik Davranış

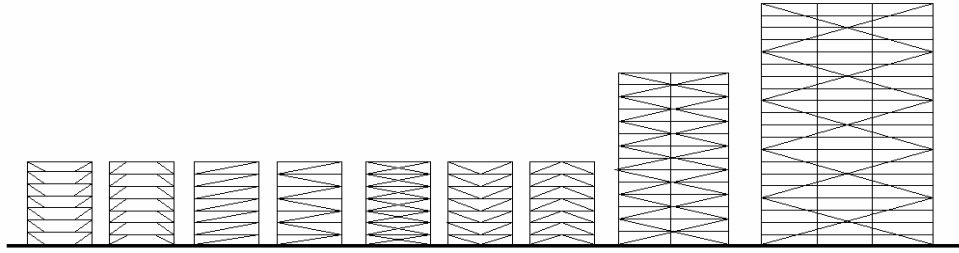
THE INVESTIGATION ON THE SEISMIC BEHAVIOR OF GUSSET PLATES IN STEEL STRUCTURES

ABSTRACT: The gusset plates are commonly used to connect members of steel structures today, as in the past. It is widely used especially in the design of truss (plane and space) systems and stability elements (vertical, horizontal and lateral). In this study, the behavior of gusset plates under seismic loads and the effect of this behavior on the structural system are investigated. Additionally, the matters to be taken into consideration in the design of connection nodes with gusset plates in practice is briefly explained.

KEYWORDS: Steel Structure, Gusset Plate, Seismic Behavior

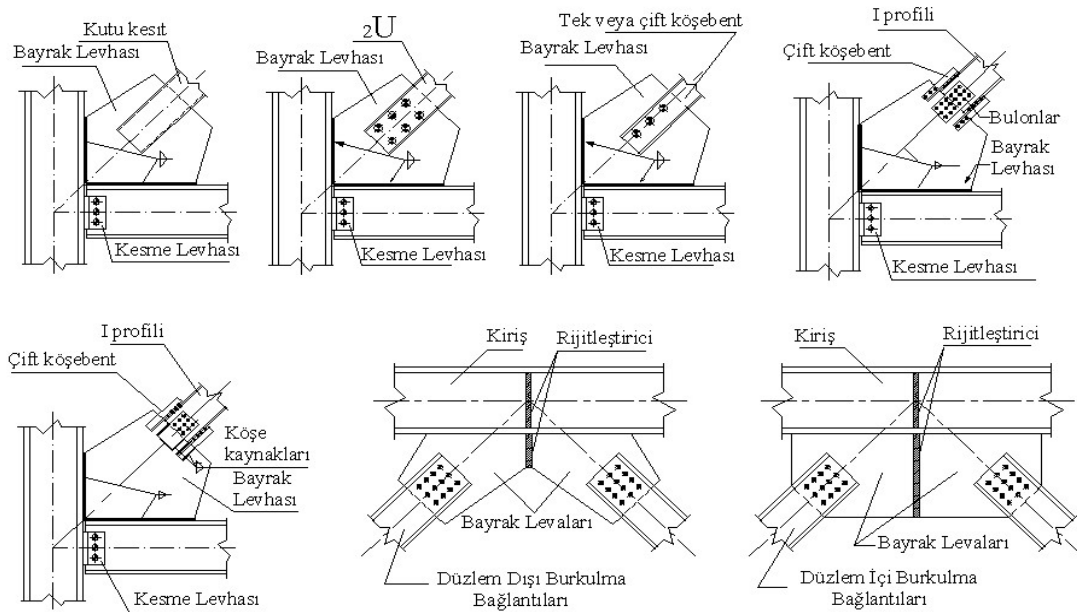
I. GİRİŞ

Bayrak levhaları geçmişte çelik köprü yapılarında, binalarda ve endüstriyel yapılarda düğüm noktası teşkilinde yoğun olarak kullanılmıştır. Günümüzde ise, bunlara ilaveten çelik çaprazlı yapı çerçevelerinde, çelik çapraz elemanlarının Şekil 1’ de görüldüğü gibi kolon ve kirişlere bağlanmasında da yaygın olarak kullanılmaktadır.



Şekil 1. Çelik yapılarda yaygın olarak kullanılan yanıl destekleme biçimleri.

Bu çalışmada, bayrak levhaları hakkında ifade edilen hususların büyük bir çoğunluğu kafes sistemlerde kullanılan bayrak levhaları ve diğer bayrak levhası uygulamaları için de geçerlidir. Çelik çaprazlı çerçevelerde en yaygın kullanılan bayrak levhası detayları Şekil 2’ de gösterilmiştir. Şekil 2’ de gösterilen bayrak levhalı birleşimlerde, bulonlu olarak teşkil edilen birleşim detayları kaynaklı olarak da teşkil edilebilir.



Şekil 2. Bayrak levhalı birleşim detaylarına örnekler.

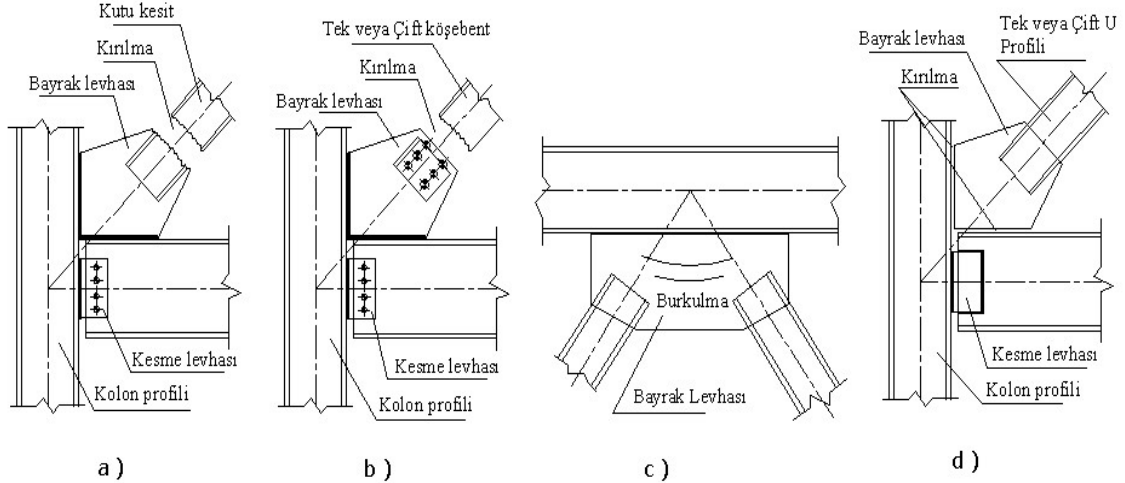
II. BAYRAK LEVHALI BİRLEŞİMLERİN SİSMİK DAVRANIŞI

II.1 Bayrak Levhalarının Geçmiş Depremlerdeki Performansı

Bayrak levhalarının geçmişte yaşanan depremlerde genel olarak tatmin edici bir davranış sergilemiş olduğu ifade edilmektedir. Bununla birlikte, 1985 Mexico [1], 1994 Northridge [2] ve 1995 Kobe [3] gibi büyük depremlerden sonra yapılan incelemelerde, az da olsa bayrak levhalarında bazı hasar oluşumları tespit edilmiştir. Bu incelemeler esnasında, bayrak levhalarında karşılaşılan hasar biçimleri;

1. Bayrak levhalarını ana taşıyıcı (kolon, kiriş vb.) elemanlara bağlayan kaynak dikişlerinin kopması, (Şekil 3.d),
2. Bayrak levhalarının burkulması, (Şekil 3.c),
3. Bayrak levhalarının veya diyagonal elemanların net kesit alanlarının kopması, (Şekil 3.a,b),

şeklinde sıralanabilir.

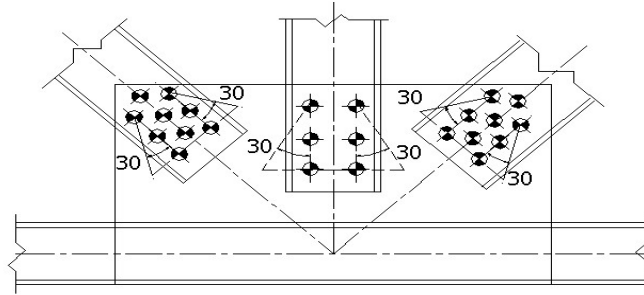


Şekil 3. Geçmiş depremlerde, bayrak levhalarında gözlemlenen hasar biçimleri, [4].

Bu hasar türlerinin büyük bir çoğunluğu, özellikle net alanların gevrek kırılması, bayrak levhası birleşimlerinin sünek olmayan tasarımı ve yetersiz detaylandırılması ile ilişkilendirilmiştir. Bayrak levhalı birleşimler, çelik çaprazlı çerçevelerin en kritik elemanları olduğu için, bu birleşimlerin hasara uğraması, çerçevelerin rijitliğinde ve dayanımında büyük kayıplar meydana getirir.

II.2 Bayrak Levhalarının Laboratuvar Ortamındaki Sismik Davranışı

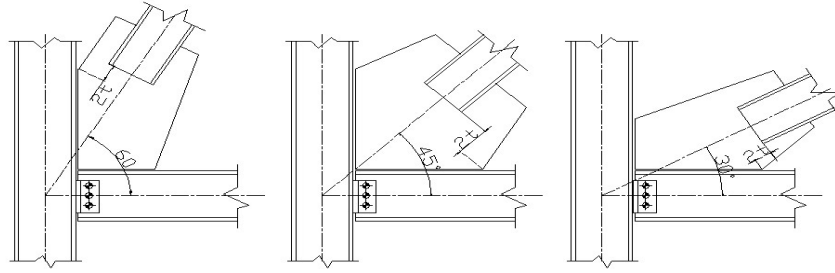
Bayrak levhalarının gerçek davranışının araştırılması için geçmişte çok sayıda deneysel çalışma yapılmıştır. Bu konu üzerine ilk deneysel çalışma Rust-1938' tarafından gerçekleştirilmiştir. Daha sonra, Russell C. Brinker tarafından yapılan deneysel çalışmalar sonucunda bayrak levhalarında gerilme dağılışının 30^0 lik bir açı ile gerçekleştiği belirlenmiştir. 1952' de R. E. Whitmore tarafından gerçekleştirilen deneysel çalışmalar sonucunda ise, bayrak levhası üzerinde gerilmelerin, bayrak levhasına birleşen kafes elemanından itibaren 30^0 lik bir açı ile dağıldığı doğrulanmıştır, (Şekil 4).



Şekil 4. Bayrak levhasında gerilmenin 30^0 ' lik bir açı yaparak yayılması.

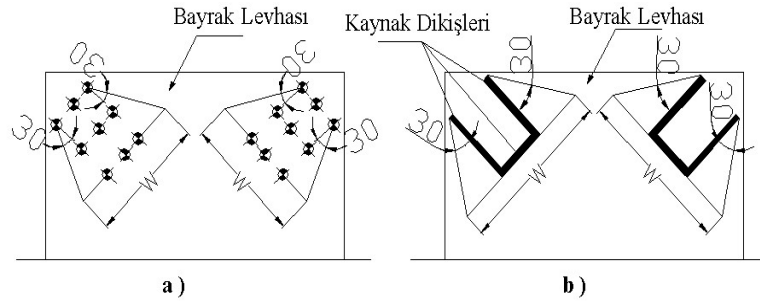
Bayrak levhalarının sismik davranışının araştırılması üzerine ilk deneysel çalışma Astaneh-Asl, Goel and Hanson [5,6] tarafından gerçekleştirilmiştir. Bundan önce yapılan çalışmaların tamamı, bayrak levhalarının tek doğrultuda itilmesi veya çekilmesi şeklinde monotonik olarak gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada ise, ana taşıyıcı elemanlara (kolon-kiriş) bağlantıları bayrak levhaları ile yapılmış 1/1 ölçekli, çift köşebentli 17 adet diyagonal eleman çevrimsel (itme ve çekme) yüklemeye tabi tutulmuştur, [5]. Yapılan bu deneysel çalışmalar sonucunda, çelik çaprazlı çerçevelerde, diyagonal elemanların burkulma doğrultusunun bayrak levhalarının çevrimsel yüklemeler altındaki davranışı üzerinde çok etkili olduğu görülmüştür.

Herhangi bir diyagonal eleman, çerçeve düzlemi dışında burkulursa, plastik mafsallar bayrak levhaları üzerinde meydana gelir. Bu plastik mafsalların dönmeye karşı serbest kalmaya ihtiyacı vardır. Bayrak levhasının serbest olarak dönmesini sağlayabilmek için, Şekil 5' de gösterildiği gibi, diyagonal elemanın ucu, bayrak levhasının kolon-kiriş gibi ana taşıyıcı elemana birleştirildiği uç kısımlarının köşe bölgelerinden en az " $2t$ ", (t =bayrak lev. kalınlığı) kadar uzakta teşkil edilmelidir, [6].



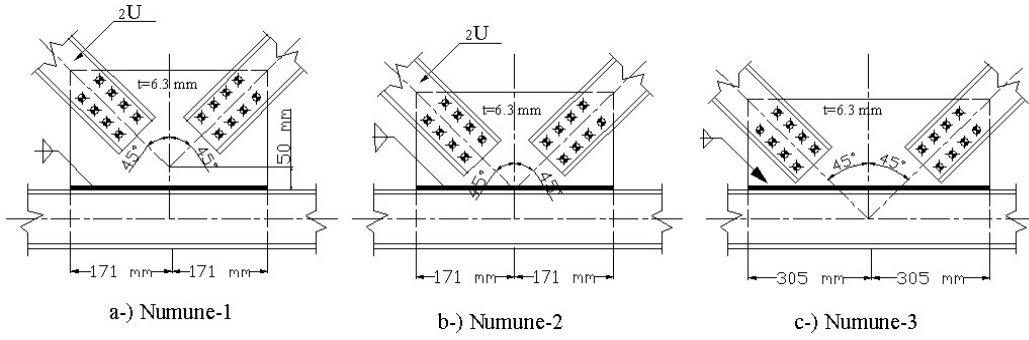
Şekil 5. Düzlem dışı burkulmada, bayrak levhaları için gerekli "2t" mesafeleri, [6].

Astaneh-Asl et al.(1981) tarafından yapılan bu deneysel çalışmaların önemli diğer bir sonucu da, daha önce monotonik olarak sadece itme veya çekme şeklindeki tek yönlü yüklemeler için belirlenen 30^0 lik açı ile gerilmelerin dağıldığı ilkesinin çevrimsel yükler altındaki bayrak levhaları için de geçerli olduğunun doğrulanmasıdır, (Şekil 6.a). Ayrıca, perçinli veya bulonlu bayrak levhaları için önerilen bu 30^0 lik gerilme dağılışının kaynaklı teşkil edilen bayrak levhaları için de uygulanması Astaneh-Asl et al.(1982) tarafından önerilmiştir, (Şekil 6.b).



Şekil 6. a-) Bayrak levhası üzerinde Whitmore tarafından kabul edilen gerilme dağılışı
b-) Whitmore' un kabulünün kaynaklı bayrak levhalarına uygulanması, [6].

Astaneh-Asl (1989 and 1991), V çaprazlı birleşimleri temsil eden üç farklı bayrak levhalı birleşim üzerine çevrimsel testler yapmıştır. Bu üç farklı birleşim biçimi Şekil 7' de gösterilmiştir. Yapılan bu çalışmada, diyagonal eleman eksenlerinin kesişme noktalarının yerinin, birleşimin sünekliği üzerindeki etkisini araştırmak amaçlanmıştır. Şekil 7.a' da görüldüğü gibi, numune-1' de diyagonal elemanların kesişim noktası bayrak levhasını yatay kirişe bağlayan köşe kaynak dikişlerinden 2 inc. (50.8 mm) daha yukarıda olacak biçimde düzenlenmiştir. Numune-2' de ise (Şekil 7.b) diyagonal elemanları, bayrak levhalarını yatay kirişe bağlayan kaynak hattı üzerinde kesişecek biçimde düzenlenmiştir. Numune-3' de ise (Şekil 7.c), diyagonal elemanların eksenleri yatay kirişin eksenine ile çıkışacak biçimde düzenlenmiştir. Diyagonal elemanlar hem çekme hem de basınç kuvvetleri altında test edilmiştir.



Şekil 7. Çevrimsel yüklemeye altın da test edilen bayrak levhalı birleşimler, [7].

Diyagonal elemanların kesişim noktası Şekil 7.a' da görüldüğü gibi teşkil edilen numune-1' de bayrak levhası genel olarak çok sünek bir davranış sergilemiştir. Bayrak levhasında, çekme etkisi altında herhangi bir kopma meydana gelmemiştir. Yine, basınç etkisi altında da 6 adetten fazla elastik olmayan büyük çevrimsel yüklemeye sonra bile bayrak levhasında burkulma oluşumu gözlemlenmemiştir. Şekil 7.b' de gösterilen numune-2 de sünek bir davranış sergilemiştir, fakat numune-1 kadar sünek değildir. Çekme etkisinde herhangi bir kopma oluşmamıştır. Basınç etkisi altında ise herhangi bir burkulma oluşmadan numune 5 adet büyük elastik olmayan çevrimsel yüklemeye dayanmıştır. Şekil 7.c' de gösterilen numune-3' de ise arzu edilmeyen ve kısmen gevrek bir davranış meydana gelmiştir. Bu numune, sadece 2 adet büyük elastik olmayan çevrimsel yüklemeye dayanabilmiştir. Basınç etkisinde numunede önemli burkulma hasarı oluşmuştur. Çekme durumunda ise blok kayma hasarı altında kopma meydana gelmiştir.

III. SÜNEK DAVRANIŞ İÇİN BAYRAK LEVHALARININ SİSMİK TASARIMI

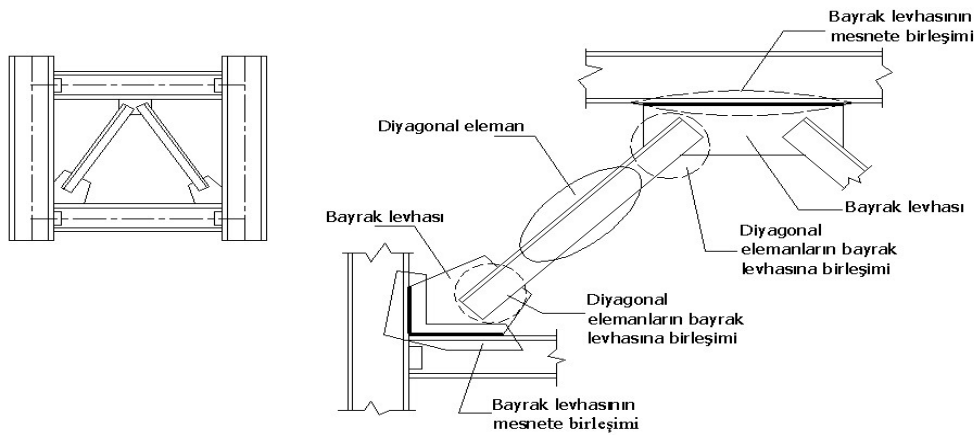
Bir bayrak levhası, üzerine etkiyen kuvvetleri emniyetle aktarabilecek dayanıma sahip olmalıdır. Bayrak levhasına birleştirilmiş olan diyagonal elemanın düzlem dışı burkulması durumunda, bayrak levhası, diyagonal elemanın ihtiyacı olan uç dönmesini sağlayabilecek yeterli süneklığe sahip olmalıdır. Bayrak levhalı olarak teşkil edilmiş bir birleşimde, bayrak levhasının kopması, o bayrak levhasına birleştirilmiş olan diyagonal elemanın ve çelik çaprazlı çerçevenin rijitliğinde ve dayanımında büyük bir azalmaya neden olur. Bu şekildeki rijitlik ve dayanım kayıpları çelik çaprazlı

çerçevenin arzu edilmeyen gevrek bir davranış sergilemesi ile sonuçlanabilir. Bu tarz gevrek davranışlardan sakınmak için, bayrak levhası birleşimlerinde hasar oluşumunun akma davranışı şeklinde gerçekleşmesi sağlanmalıdır. Bayrak levhalı herhangi bir birleşimin sismik tasarımında ilk adım hasar modlarını (veya limit durumları) belirlemektir. Daha sonra, hasar biçimleri istenilen oluşum sırasına göre belirlenmelidir, (kırılma gibi gevrek ve arzu edilmeyen hasar biçimlerinden önce, akma gibi arzu edilen ve sünek olan hasar biçimlerinin oluşumu sağlanacak şekilde).

Depremler sırasında, diyagonal elemanlar, bazen de bayrak levhaları en aktif elemanlardır. Bu elemanlar, bir depremde akma, burkulma ve diğer hasar modlarını tecrübe ederler. Şekil 8' de verilen bir diyagonal eleman üzerinde dört ayrı bölge tanımlanmıştır, [4]. Bunlar;

- Örgü elemanı,
- Örgü elemanının bayrak levhasıyla birleşim bölgesi,
- Bayrak levhası,
- Bayrak levhasının kolon veya kiriş gibi mesnet elemanlarına birleşim bölgesi.

Bu dört farklı bölgenin kendisine özgü hasar oluşum şekilleri vardır. Arzu edilen ve sünek bir sismik davranış sağlamak için yukarıda bahsedilen bu dört bölgenin herbirinde gelişen hasar şekli, akma davranışı şeklinde olmalıdır ve kopma-kırılma gibi gevrek bir hasar şeklinde olmamalıdır. Bu dört bölge bir zincirin halkaları gibi diziler halinde olduğu için, bir deprem sırasında en zayıf olanın daha aktif bir konuma geçmesi ve bu en zayıf bölgenin çekme durumunda akma, basınç durumunda ise burkulma davranışı sergilemesi beklenir.



Şekil 8. Tipik bir X yanal destekleme biçimi ve dört önemli bölge, [4].

Çelik çaprazlı bir çerçevenin global sünekliğini artırmak için yukarıda bahsedilen dört bölgenin hasar oluşum biçimleri Şekil 9’ da gösterildiği gibi hiyerarşik bir düzende olmalıdır. Bu sıralamada, dört bölge için de istenen hasar oluşum şekli akma davranışıdır. Diyagonal elemanın akması, çelik çaprazlı çerçeve için büyük bir süneklik sağlar ve büyük eksenel plastik deformasyonların oluşmasına neden olur. Şayet bir çelik çaprazlama sistemi Şekil 9’ da gösterilen hasar oluşum sırası dikkate alınarak dizayn edilmişse, sistem elemanlarının gevrek kırılması önlenmiş olacak ve arzu edilen sünek bir davranış elde edilecektir.



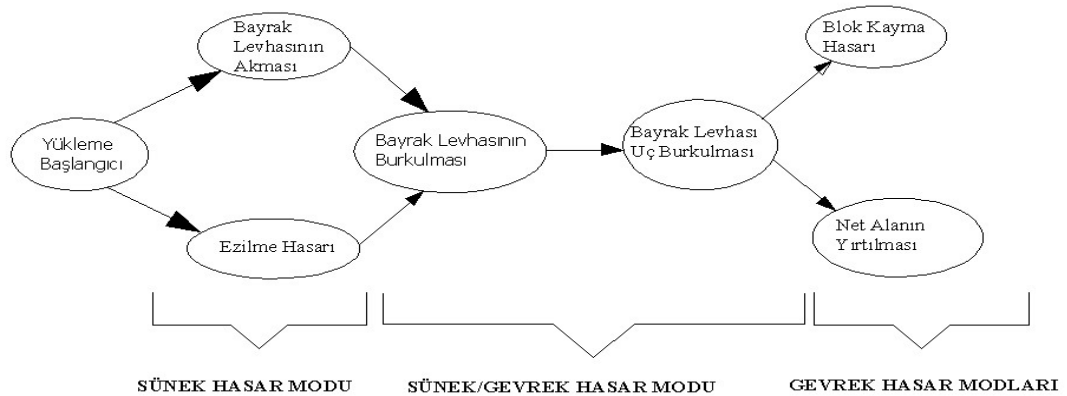
Şekil 9. Çelik çaprazlı çerçeve elemanlarında hasar oluşum sıralaması, [4].

III.1. Bayrak Levhalarının Sismik Tasarımı

Herhangi bir bayrak levhasında arzu edilen oluşum sırasına göre hasar şekilleri;

- Bayrak levhasının Whitmore alanının yırtılması,
- Birleşik gerilmeler altında bayrak levhası kritik kesitinin akması,
- Bayrak levhasının burkulması,
- Bayrak levhası uçlarının burkulması,
- Blok kayma,
- Bayrak levhası net alanının yırtılması

şeklinde sıralanabilir. Bu hasar oluşum türleri Şekil 10’ da şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 10. Bir bayrak levhasında karşılaşılan hasar oluşumlarının sıralanması

III.1.a. Bayrak Levhası Whitmore Alanının Akması

Bu hasar oluşum şekli bayrak levhalarında en çok arzu edilen hasar biçimidir. Bayrak levhasının akması, doğrudan çekme, basınç, eğilme momenti, kayma veya bunların birleşik etkilerden dolayı olabilir. Doğrudan çekme veya basınçtan dolayı akma davranışı, Whitmore alanı üzerindeki “direkt” gerilmeden dolayı Whitmore etkili geniş alanı içersinde oluşur. Doğrudan aksenal yükten dolayı bir bayrak levhasının akma kapasitesi denklem (1) kullanılarak belirlenebilir.

$$P_y = A_{gw} \cdot F_y \quad (1)$$

P_y = Nominal aksenal akma yükü

A_{gw} = Whitmore'un 30° lik hattı üzerindeki bayrak levhası brüt alanı

F_y = Çelik için şartnamelerde verilen minimum akma dayanımı

III.1.b. Birleşik Gerilmeler Altında Bayrak Levhasının Akması

Bayrak levhalarının kritik kesitleri, aksenal kuvvet, eğilme ve kesmenin birlikte etkimesi durumunda akma davranışı gösterir. Kombine yüklere maruz bayrak levhası kapasitesini belirlemek için Denk.2 ifadesi kullanılabilir, [4].

$$\left(\frac{N}{\phi \cdot N_y} \right)^2 + \left(\frac{M}{\phi \cdot M_p} \right) + \left(\frac{V}{\phi \cdot V_y} \right)^4 \leq 1,0 \quad (2)$$

M = Eğilme momenti

M_p = Kesitin plastik moment kapasitesi

N = Aksenal kuvvet

N_y = Aksenal yük altında akmada kesit kapasitesi, ($N_y = A \cdot F_y$)

V = Kesme kuvveti

V_y = Kesmede akma durumunda kesit kapasitesi, ($V_y = 0.6 \cdot A \cdot F_y$)

ϕ = Akma hasarı modları için dayanım faktörü, ($\phi = 0.90$)

III.1.c. Bayrak Levhalarının Burkulması

Doğrudan etkiyen basınç kuvvetlerinden dolayı, Şekil 11' de gösterildiği gibi, diyagonal elemanın uç kısmının hemen gerisinde kalan alanlarda bayrak levhası burkulabilir. Bu

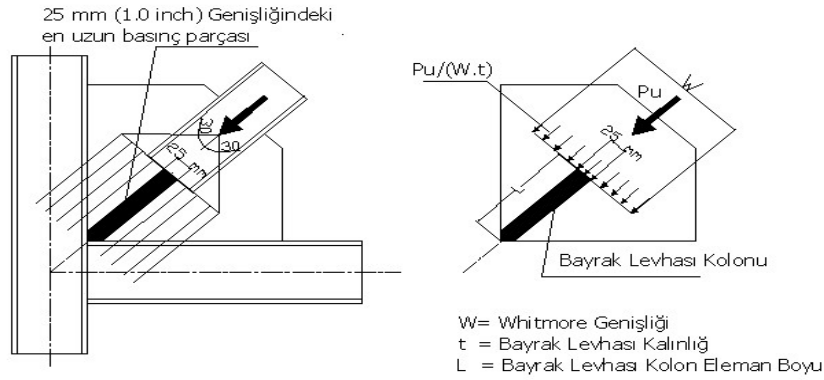
şekilde doğrudan basınç etkilerine maruz kalan bir bayrak levhasının burkulma kapasitesi, Whitmore etkili genişliği dikkate alınarak, (Şekil.11) denklem (3) ile belirlenebilir.

$$P_{cr} = A_{gw} \cdot F_{cr} \quad (3)$$

P_{cr} = Kritik burkulma yükü

F_{cr} = Whitmore etkili genişliği içerisinde kalan 25 mm (1.0 inc.) genişliğindeki bayrak levhası şeridi üzerine etkiyen kritik basınç gerilmesi.

Şekil 11’ de gösterilen bu 25 mm genişliğindeki parça bir kolon gibi davranır ve ilgili kolon denklemleri kullanılarak tasarlanır. Bayrak levhaları için etkili boy faktörü değerinin “K=1,2” olarak alınması tavsiye edilmektedir, [8].



Şekil 11. Bayrak levhalarının burkulması ve burkulma kapasitesinin hesap modeli, [4].

III.1.d. Bayrak Levhası Uçlarının Burkulması

Serbest uçlu bayrak levhalarında uzun olan serbest uçlar burkulur. Bu serbest uçların burkulması istenmeyen bir hasar şeklidir. Özellikle çevrimsel yükler altında, uç burkulması bayrak levhasının sünekliğini azaltır. Uç burkulması oluşumunu önlemek için Astaneh-Asl,(1998) tarafından denklem (4) önerilmiştir.

$$\frac{L_{fg}}{t} \leq 0,75 \cdot \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad (4)$$

E = Malzeme elastisite modülü

L_{fg} = Bayrak levhasının serbest uç boyu

t = Bayrak levhası kalınlığı

III.1.e. Blok Kayma Hasarı

Blok kayma hasarı nispeten gevrek bir davranıştır ve bu nedenle arzu edilmeyen bir hasar biçimidir. Sünek bir bayrak levhası tasarımı yapmak için, blok kayma hasarının akma hasarından önce oluşmasına müsaade edilmemelidir. Blok kayma hasarında bayrak levhası kapasitesinin akma durumundaki kapasitesinden daha büyük olmasını sağlamak için (yani akma hasarının daha önce oluşması için) denklem (5) kullanılmalıdır.

$$\phi \cdot P_{bs} \geq \phi \cdot (1,1 \cdot R_y \cdot P_y) \quad (5)$$

ϕ = Akma hasarı modları için dayanım faktörü, ($\phi = 0.90$)

P_{bs} = Blok kayma hasarında bayrak levhasının nominal kapasitesi.

P_n = Bir elemanın nominal eksenel dayanımı

R_y = Beklenen akma dayanımının minimum akma dayanımına oranı, $[R_y = (F_{ye} / F_y)]$

Günümüzde üretilen çelik türlerinin gerçek akma noktası standartlarca verilen değerlerden daha yüksektir. Bu nedenle AISC (1997)¹⁹¹ şartnamesinde levhalar için $R_y=1,1$ olarak verilmektedir.

$$F_u \cdot A_{nt} \geq 0.6 \cdot F_u \cdot A_{nv} \Rightarrow P_{bs} = 0.6 \cdot R_y \cdot F_y \cdot A_{gv} + F_u \cdot A_{nt} \quad (6)$$

$$F_u \cdot A_{nt} < 0.6 \cdot F_u \cdot A_{nv} \Rightarrow P_{bs} = 0.6 \cdot F_u \cdot A_{nv} + R_y \cdot F_y \cdot A_{gt} \quad (7)$$

A_{gv} = Kaymaya maruz kalan brüt alan

A_{gt} = Çekmeye maruz brüt alan

A_{nt} = Net alan

A_{nv} = Kaymaya maruz net alan

F_u = Standartlarca belirlenen minimum çekme dayanımı

III.1.f. Bayrak Levhası Net Alanının Yırtılması

Bayrak levhası net alanının yırtılması en son arzu edilen bir hasar şeklidir. Diğer hasar oluşum şekillerine göre daha gevrek olan bu hasar biçiminin bayrak levhasının akma davranışı göstermeden önce oluşmamasını sağlamak için denklem (8) ifadesinin kontrolü önerilmiştir. Bayrak levhaları üzerine yapılan testler, bayrak levhalarındaki net kesit yırtılmasının Whitmore etkili alanı içinde oluştuğunu göstermiştir.

$$\phi_n \cdot P_n \geq \phi \cdot (1,1 \cdot R_y \cdot P_y) \quad (8)$$

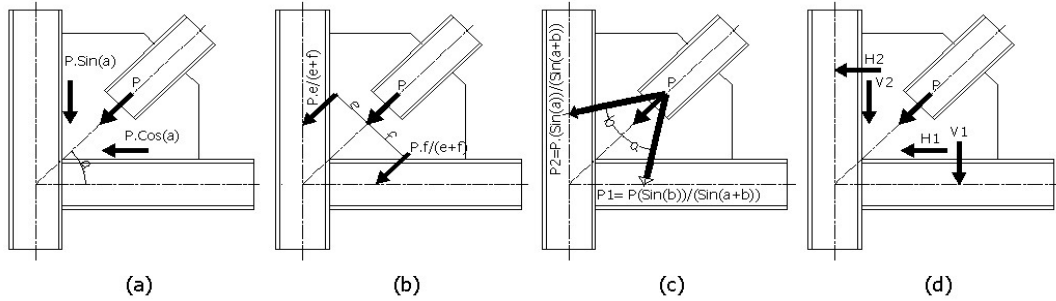
$$P_n = F_u \cdot A_{nw} \quad (9)$$

A_{nw} = Whitmore kesiti boyunca bayrak levhası net alanı

ϕ_n = Yırtılma için dayanım faktörü, [$\phi_n=0,75$, AISC (1997)]

IV. BAYRAK LEVHASI-MESNET BİRLEŞİMİNİN SİSMİK TASARIMI

Şekil 12’ de tasarımcılar tarafından kullanılan, bayrak levhalarından mesnetlendikleri elemanlara yük aktarım biçimlerini ifade eden 4 ayrı yöntem gösterilmiştir. Bu 4 yöntemden herhangi birisi kullanılarak reaksiyon kuvvetleri belirlenir. Daha sonra belirlenen bu reaksiyon kuvvetleri kullanılarak bayrak levhalarının alttaki elemanlara birleşimi gerçekleştirilir. Arzu edilen sismik davranış ve sünek bir birleşim elde etmek için, birleşim bölgesinin tasarımında, akma davranışının gevrek hasar biçimlerinden önce oluşmasına imkan verilmelidir.



Şekil 12. Bayrak levhası mesnet kuvvetlerinin belirlenmesinde kullanılan yöntemler, [4].

V. SONUÇLAR

Bayrak levhalarının sismik tasarımı üzerine yapılan bu araştırmada aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

1. Bayrak levhaları geçmişte yaşanan depremlerde genel olarak arzu edilen bir davranış sergilemiştir. Bununla birlikte, 1985 Meksika, 1994 Northridge ve 1995 Kobe gibi büyük depremlerden sonra bayrak levhalarında bazı hasar oluşumları gözlemlenmiştir.

2. Bayrak levhalarında gerilme dağılışı, bayrak levhasına birleştirilen diyagonal elemandan itibaren 30^0 'lık bir açı ile dağıtılır, (Şekil.4). Civatalı birleşimler için belirlenen bu gerilme dağılışı kaynaklı bayrak levhası birleşimleri için de geçerlidir, (Şekil.6).
3. Çelik çaprazlı çerçevelerde, diyagonal elemanların burkulma yönü bayrak levhalarının sismik davranışı üzerinde büyük etki yapar. Diyagonal elemanların düzlem dışı burkulmasında plastik mafsallar bayrak levhaları üzerinde oluşur. Bu durumda, bayrak levhalarının serbest olarak dönmesini sağlayabilmek için, diyagonal elemanın bayrak levhasına birleştiği uç kısmı ile bayrak levhasının esas taşıyıcı (kolon-kiriş) elemanlara birleştirildiği uç kısımlarının köşe noktaları arasında en az $2t$ “ t =bayrak levhası kalınlığı” kadar bir mesafe sağlanmalıdır, (Şekil.5).
4. Daha iyi bir sismik davranış, daha yüksek süneklik ve daha kısa bayrak levhası kullanımını sağlamak için Şekil 7.a ve b’ de gösterilen dışmerkez bayrak levhalı birleşimlerin kullanımı tercih edilmelidir.
5. Bayrak levhalı olarak teşkil edilmiş olan bir birleşimde, bayrak levhalarının kopması, o bayrak levhasına birleştirilmiş olan diyagonal elemanın ve çerçevenin rijitliğinde ve dayanımında önemli bir azalmaya neden olur. Bu şekildeki rijitlik ve dayanım kayıpları çelik çaprazlı çerçevenin arzu edilmeyen gevrek bir davranış sergilemesi ile sonuçlanır. Bu tarz gevrek davranışlardan sakınmak için, bayrak levhası birleşimlerinde hasar oluşumunun akma davranışı şeklinde gerçekleşmesi sağlanmalıdır..

KAYNAKLAR

- [1] Astaneh-Asl, A., “*A report on the behavior of steel structures during September 19, 1985 earthquake of Mexico*”, Proceeding, Annual Technical Session, Structural Stability research Council, Lehigh University, April, 1986.
- [2] Astaneh-Asl, A., Bolt, B., McMullin, K., Donikian, r. R., Modjtahedi, D. and Cho, S.W., “*Seismic performance of steel bridges during the 1994 Northridge earthquake.*”, Reprot No. UCB/CEE-Steel-)4/01, Department of Civil Engineering, University of California, Berkeley, April, 1994.

- [3] Astaneh-Asl, A., Kanada, M., "*Performance of steel bridges during the 1995 Hanshin Earthquake.*", Proceeding, Struc. Steel Design Seminar-2, University of California, Berkeley, 1995
- [4] Astaneh-Asl, A., "*Seismic Behavior and Design of Gusset Plates*", Steel Tips, Structural Steel Educational Council Technical Information and Product Service, December, 1998.
- [5] Astaneh-Asl, A., Goel, S. C., and Hanson, R. D., "*Behavior of steel diagonal bracing.*", Proceeding, ASCE Conference, St Luis, Preprint 81-522, 1981.
- [6] Astaneh-Asl, A., Goel, S. C., and Hanson, R. D., "*Cyclic behavior of double angle bracing members with end gusset plates*", Report no. UMEE 82R7, University of Michigan, Ann Arbor, 1982.
- [7] Astaneh-Asl, A., "*Simple Methods for Design of Steel Gusset Plates.*", Proceedings, session Related to Steel Structures, Structures Congress. Published by ASCE, New York, NY, USA, p345-354, 1989.
- [8] Brown, V.L.S., "*Stability of Gusset Connections in Steel Structures*", Doctoral Dissertation, Depart. Of Civil Engrg., Univ. of Delaware.
- [9] AISC (1997), "*Seismic Provision of Structural Steel Buildings*", American Institute of Steel Construction, Chicago.