itüdergisi/***a***
mimarlık, planlama, tasarım
Cilt: 10, Sayı: 2, 64-70
Eylül 2011

Türkiye' de az katlı konutlar için yarı açık hafif çelik yapım sistemi bileşenleri

Semih Göksel YILDIRIM*, Hasan ŞENER

İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimari Tasarım Programı, 34469, Ayazağa, İstanbul

Özet

Hafif çelik yapım sistemi soğuk bükme yöntemi ile elde edilmiş ince cidarlı galvanize levhalardan üretilmiş yapısal profillerden oluşmaktadır. Endüstrileşmiş bu yapım sistemi Kuzey Amerika' da en gelişmiş durumdadır. Dolayısıyla Türkiye' de hafif çelik yapı üretimi gerçekleştirmekte olan firmalar Kuzey Amerika şartnamelerini esas almaktadırlar. Yapı bileşeni olarak galvanize levhaların kullanımında Kuzey Amerika şartnameleri belirli yapısal sınırlar getirmektedir. Bu sınırlamalar Türkiye' de hafif çelik yapı bileşen üretiminde ve tasarımında kullanılmaktadır. Bu bağlamda, çinko kaplama malzemesi olarak taşıyıcı bileşenlerde G60/Z180 kodu / cinsi tarif edilmektedir. Buna göre levhanın bir tarafındaki kaplama kalınlığı 12.7 mikron olarak tanımlanmaktadır. Galvanize levhaların soğuk bükme ile şekillendirilmesi sonucunda taşıma kapasitesi artırılmakta ve taşıyıcılık özelliği olan yapısal profillere dönüştürülmektedir. Hafif çelik yapı bileşeni olarak kullanılacak yapısal profilin sac levha olarak akma dayanımı ise en az 2320, 23 kgf/cm^2 olarak alınmaktadır. Kuzey Amerika şartnamelerinde İngiliz/Amerikan ölçü sistemi'ne (SI) göre bileşen kodlandırması yapılmaktadır. Bu çalışmada, SI'nin metrik sistemdeki karşılığı ile Türkiye' de kullanılabilirliği ortaya konulmaktadır. Bu kodlandırma sisteminin özellikle tasarım ve üretim aşamalarında bilinmesi gerekmektedir. Türkiye' de hafif çelik üretimi yapan firmaların kullandıkları bileşen kodlandırılmasına, niteliklerine, şekil özelliklerine ve boyutlarına bakıldığında bileşen pazarı oluşumuna yönelik potansiyeli olduğu görülmektedir. Bu çalışma; Kuzey Amerika şartnameleri esas alınarak ve Türkiye'de hafif çelik yapı üreticileri kataloglarından yararlanılarak, Türkiye'de kullanılabilecek yarı açık hafif çelik yapım sistemi bileşenlerinin, metrik sistem özelliklerini de içerecek biçimde niteliklerini tanımlamayı amaçlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: *Hafif çelik yapım sistemi, açık sistemler, bileşen.*

*Yazışmaların yapılacağı yazar: Semih Göksel YILDIRIM.
Bu makale, birinci yazar tarafından İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimari Tasarım Programında tamamlanmış olan "Türkiye' de az katlı konut projeleri için yarı açık hafif çelik yapım sistemi " adlı doktora tezinden hazırlanmıştır. Makale metni 17.05.2010 tarihinde dergiye ulaşmış, 09.06.2010 tarihinde basım kararı alınmıştır. Makale ile ilgili tartışmalar 31.08.2012 tarihine kadar dergiye gönderilmelidir.
Bu makaleye "Yıldırım, S G., Şener, H., (2011) 'Türkiye' de az katlı konutlar için yarı açık hafif çelik yapım sistemi bileşenleri', İTÜ Dergisi/A Mimarlık, 10: 2, 88-94" şeklinde atıf yapabilirsiniz.

Components of semi open cold formed steel framing system for low rise residential projects in Turkey

Extended abstract

Cold formed steel framing systems consist of galvanized constructional profiles shaped by cold forming process during production phase. This industrialized system developed more in North America. Due to the fact that, firms serving in cold formed steel framing system industry in Turkey use North America' s specifications during design and production phase. Constructional system catalogues published by variety component producers show similar components in terms of material property, shape and dimensions. Because of potential of transition to open building in the field of low-rise residential in Turkey, studies are required through consisting of constructional component market.

Having been evaluated existing housing stock, quantitative and the qualitative housing projection through near future, demand is continuing for low-rise residentials and cold formed steel framing seems as an alternative to meet the trend of industry-specific in Turkey. Having less dead load, perpetual flexibility, ease and rapid of factory production, the property of on-site erection and not limiting system design with existing local codes and standards in Turkey are the main advantages of cold formed steel framing.

Limitations are defined by North America's specifications for galvanized profiles as constructional component. These limitations are used either in design or production phase of cold formed steel framing members in Turkey. Zinc coating thickness is defined as G60/Z180 for constructional component and 12,7 micron zinc coating shall be at one side of galvanized plate and also 180 gr/m2 total zinc coating weight has been defined for both side of the plate.

Load bearing capacity of galvanized plates is increased by cold forming process and converted to constructional members (component). Cold forming process increases yield strength of steel plate. C shape is commonly used as framing member and more durable members C+ (C plus), ∑ (sigma) and ∑+(sigma plus) are started to be used in cold formed steel framing industry. These type of members are being chosen because of higher load bearing capacity according to material weight. Yield strength of a galvanized steel plate used in cold forming process in order to obtain cold formed steel framing member shall be minimum 2320, 23 kgf/cm2 for the plate thickness of between 0,84 and 1,40 mm as specified in North America' s specifications.

Cold formed steel framing members are coded according to British/American measurement system (SI) and equivalent to metric system has been defined so as to be used in Turkey. This code system shall be known during design and production phase. Both North America's specifications with its measurement system and the preferences of Turkey' s cold formed steel framing industry are being evaluated so as to determine local common convention starting with applicable member type. Five main member type are defined in North America's specifications, so called as S,T,U,F,L. T and U members are same members that the only difference is using area. Cold formed steel framing industry in Turkey use four different member types as S,U,F,L. Among these members, load bearing members are S and U members. Since, these members re-defined with their form and category in this study as C, C+, ∑ (sigma or epsilon profile), ∑+ and U profiles. All these members determined after structural calculations can be find from firm's catalogues. This definition will help both designers and producers.

Producer' s of galvanized profiles for cold form steel framings produce similar components as quality and dimensions in Turkey with using North American' s codes and specifications during production phase which is the difficult phase as organizational among the phases of design, factory production and on site erection. This shows that the requirement of a local common convention used by the Turkey's cold formed steel framing industry. The aim of this study is; defining of applicable cold formed steel framing member, which can be used in Turkey, is tried with using North America' s specifications and firm's catalogues published by cold formed steel framing producers in Turkey.

Keywords: *Cold-formed steel framing, open building, component.*

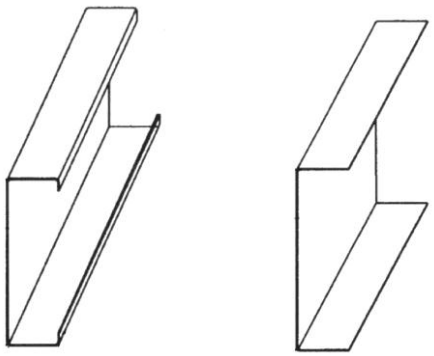
Giriş

Hafif çelik taşıyıcı sistemde duvar, döşeme ve stabilite elemanları malzeme olarak galvanize sac levhadan soğuk büküm yöntemi ile elde edilmektedir. Yapısal çelik profil kesiti olarak soğuk bükme boşluklu kesit (cold-rolled open sections) olarak adlandırılmaktadır. (Ang vd., 2004, s; 18-21).

Galvanizli sac levhalar otomotiv ve beyaz eşya endüstrisinde, tersanelerde, her türlü depo, konteyner yapımında, klima tesisinde, kablo kanalları yapımında, radyatör imalatında elektrik iletim hattı direklerinde, taşıt yolu bariyerlerinde, yönlendirme tabelalarında, soba ve boru imalatında, alçıpan taşıyıcı ve çatı profili yapımında ve çeşitli yardımcı inşaat malzemeleri olarak yaygın olarak kullanılmaktadır.

Türkiye'de Erdemir, Borçelik, Assan Galvaniz, Tezcan Galvaniz ve Marmara Galvaniz firmaları tarafından yurt içi ve yurt dışından temin edilen sac mamül üzerine galvanizleme işlemi yapılarak, hafif çelik taşıyıcılı konut yapım sisteminde taşıyıcı sistemin ana bileşeni olan galvanizli sac levha elde edilmektedir. Galvanizli sac isteğe bağlı olarak ya tam rulo veya dilimlenmiş rulo olarak bu tesislerden temin edilebilmektedir. Çelik levha üreticilerinden veya tedarikçilerden rulo olarak alınan galvanizli levhalar, "roll forming" adı verilen bükerek şekil veren özel makineler ile istenilen ebatta ve kesitte profile (CFS-cold-formed steel profiles / soğukta şekillendirilmiş çelik profiller) dönüştürülmektedir. "Roll forming" cihazı dışında herhangi bu boyutta büyük başka bir makineye ihtiyaç yoktur. Tek seferde 30 m'ye kadar profil çekilmesi teknik olarak mümkün olsa da, talep edilen yapı bileşeni daha küçük boyutlu olmakta ve ayrıca karayolu taşımacılığında boyutsal standartların üzerine çıkılamamaktadır.

Hafif çelik yapım sisteminde taşıyıcı bileşen olarak Şekil 1a'da görülen taşıyıcılık özelliğine sahip galvanize profil kullanılmaktadır. Taşıma kapasitesine göre dikme veya döşeme kirişi olabilmektedir. Taşıma kapasitesini galvanizli sac levha niteliği, profil et kalınlığı, profil tipi ve profil boyutları belirlemektedir. Şekil 1a'da görülen C profil hafif çelik yapıda kullanılan ana taşıyıcı bileşeni sembolize etmektedir. Taşıma kapasitesinin artırılmasına yönelik çalışmalar neticesinde profil tipi geliştirilmiş, sigma (∑) ve zed tipi profiller de kullanılmaya başlanmıştır. Şekil 1b'de görülen başlık profili dikmelerde alt ve üst başlık olarak, döşeme kirişlerinde ise alınları kapatmaya yönelik olarak kullanılmaktadır.



a- Dikme ve kiriş *b- Başlık*

Şekil 1. Galvanize levha hafif çelik yapı profili

Bu çalışmada Kuzey Amerika şartnameleri esas alınarak ve Türkiye' de hafif çelik yapı üreticileri kataloglarından yararlanılarak, Türkiye' de kullanılabilecek yarı açık hafif çelik yapım sistemi bileşenleri tanımlanmaktadır.

Bileşen kaplama özellikleri

Sac levha üzerine çeşitli oranlarda alüminyum alaşım karışımlı çinko koruyucu kaplama uygulanarak, korozyon direnci sağlanmaktadır. TS EN 10327' de galvanize levhaların çelik sınıfı "DX51D+Z" ve iki yüzeyde çinko kaplama ağırlığı 100 ile 600 gr/m2 aralığında tariflenmektedir. Yüzey kalitesi olarak ta "A" sınıfı (kaplandığı durumdaki yüzey) malzeme yapı uygulamalarında kullanılmaktadır. Erdemir, levha üzerine çinko kaplama ağırlığı 100 ile 450 gr/m2 arasında değişen üretim yelpazesine sahiptir. Soğuk şekillendirmeye uygun olanlar "Erdemir 1311" kalite olarak tarif edilmekte olup üretilen soğuk haddelenmiş, çinko kaplı galvanize ruloların (GZR kodlu) kalınlıkları 0,3 mm ile 2.0 mm arasında değişmektedir. (Erdemir, 2007) Amerikan standardı olan ASTM A 653/A 653 M' i (sıcak daldırma çinko kaplama

ile galvanize levha standardı) esas alan "Amerikan çelik birliği" nin hafif çelik taşıyıcılı yapıların taşıyıcı bileşenlerinin iki yüzeyindeki çinko kaplama ağırlığını en az 180 gr/m^2, taşıyıcı olmayan bileşenlerin en az 120 gr/m^2 olması gerektiğini belirtmektedir (Tablo 1) (NASFA, 2000).

Tablo 1. Çinko kaplama özellikleri ve kullanım alanları (AISI, 1996)

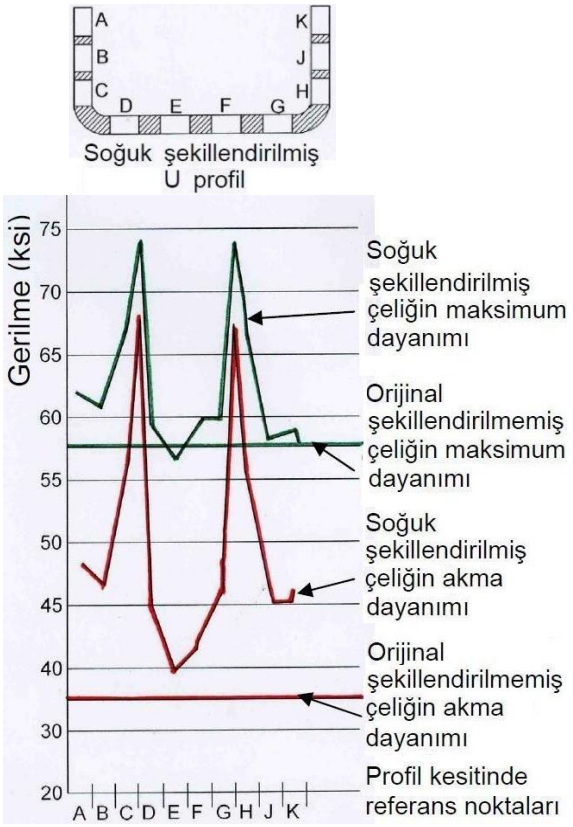
Kaplama Cinsi	İki Yüzeydeki Toplam Ağırlık (oz/ft2)	(gr/m2)	Bir Taraftaki Kaplama Kalınlığı (mikron)	ASTM A 653 / A653M' ye Göre Kullanım Alanları
G40/Z120	40	120	8.5	Bölücü bileşenler
G60/Z180	60	180	12.7	Taşıyıcı bileşenler
G90/Z275	90	275	19.4	

Konutlarda taşıyıcı sistem olarak kullanılan galvanize profil bileşenlerindeki çinko kaplamada korozyon oldukça düşük orandadır. Kırsal, kentsel, kıyı ve endüstriyel bölgelerdeki uygulanmış hafif çelik yapılar üzerinde yapılan araştırma neticesinde çinko kaplamadaki korozyon miktarı 3 yıllık periyot için 0.1 mikrondan daha azdır. Taşıyıcı sistem bileşenlerinde kullanılan G60/Z180 niteliğindeki galvanize levhanın yüzeyindeki çinko kaplamanın tamamı, korozyon ile yaklaşık 381 yılda yok olmaktadır. Dolayısıyla çeliği, korozyona karşı yapı ömrü boyunca yeterince korumaktadır (AISI, 1996).

Üretim tekniğinin bileşene etkisi

Galvanize levhalar soğuk bükme işlemi ile şekillendirilmesi sonucunda taşıma kapasitesi artırılır ve taşıyıcılık özelliği olan yapısal profillere dönüştürülür. Taşıma kapasitesi açısından soğuk şekillendirme işleminin etkisi Şekil 2'de görülmektedir.

Yapılan deneyler sonucunda orjinal şekillendirilmemiş çeliğe göre soğuk şekillendirme sonrasında akma dayanımında artış görülmektedir. Bu farklılık malzemenin soğuk şekillendirilmesi ile ilişkilidir.



Şekil 2. Soğuk şekillendirilmiş profil üzerinde soğuk şekillendirme işleminin etkisi (U profil) (AISI, 2001c, s;33) (Karen ve Winter, 1967)

Dayanımın azaldığı A ve K bölgeleri için C profillere dudak eklenmiştir. D-G aralığı için dayanımın artırılmasına yönelik olarak C profillerin gövdesinde büküm sayısı artırılarak kesitte düz olan kısımların genişliğinin azaltılması ile sigma (∑) kesitlere yönelinmiştir (Şekil 5). Dikme ve döşeme kirişlerinde kullanılan C profil ve sigma profile ilave olarak döşeme kirişlerinde zed (Z) kesitli profiller de kullanılabilmektedir. *(AISI, 2001d) (STAHL, 2002b - s;15)*

Bileşen mekanik mukavemeti

Genel olarak bina taşıyıcı sisteminde kullanılan hafif çelik malzeme olarak akma dayanımı (yield strength) 2200 – 5500 kgf/cm2 aralığında kabul edilmekte olup, profil kalınlığı olarak 0.5 -3.0 mm aralığında üretim gerçekleştirilmektedir. (Hara vd., 2000, s;10; Larson, 2007, s;2)

Amerikan standartları olan ASTM A653, A792 ve A875' e göre ise hafif çelik yapıda kullanılacak galvanizli sac levhaların minimum akma dayanımı 33 ksi (2320.23 kgf/cm2) olmalıdır. Tablo 2'de hafif çelik yapıda kullanılacak galvanize levhaların, levha kalınlığına bağlı olması gereken minimum akma dayanımı gösterilmektedir.

Hafif çelik yapıda kullanılan tüm çelik malzemeler benzer mekanik özellikte olmalıdır. Normal şartlarda ki statik hesaplamalar -34°C ile +93°C aralığında geçerlidir. (Yu, 2000, s;39) Çelik malzeme yangın durumunda sıcaklığa bağlı taşıyıcılık kapasitesini 400°C'den sonra önemli ölçüde kaybetmektedir (Kaitila, 2000).

Tablo 2. Levha kalınlığına bağlı minimum çelik akma dayanımı (AISI, 2001a)

Levha Kalınlığı		**Çelik Akma Dayanımı**	
Imperial	SI	Imperial	SI
43 - 54 mil	0.84-1.4 mm	33 KSI	2320.23 kgf/cm2
54 mil ve >	1.4 mm ve >	50 KSI	3515.50 kgf/cm2

Amerikan Demir ve Çelik Enstitüsü'nün (AISI) hazırlamış olduğu "Soğuk Şekillendirilmiş Çelik Strüktürel Elemanlar İçin Kuzey Amerika Şartnamesi" minimum 0.84 mm kalınlığında çelik kullanılmasına izin verirken, Alman DASt-Richtlinie 016 ve Avrupa Eurocode 3 standartları strüktürel elemanlarda minimum 1.0 mm olması koşulunu getirmektedir.

Bileşen kodlandırılması

Hafif çelik taşıyıcı galvanize profil ürünün tanımlanması Kuzey Amerika şartnamelerinde İngiliz-Amerikan (Imperial) ölçü sistemine göre mil cinsinden tarif edilmekte olup Tablo 3'de metrik (Metric-SI) ölçü sistemdeki karşılığı ve bileşenlere ilişkin kodlandırmanın nasıl yapıldığı belirtilmektedir.

Fabrika ortamında üretim aşamasında galvanize çelik profillerin üzerinde minimum 120 cm'de bir aks aralığında etiketleme yapılmalıdır. (NASFA, 2000, s;29) Şekil 3b'de görülen yöntem kullanılmalıdır.

Tablo 3. Galvanize profil kalınlığı tanımlaması

Etiketlemede Kullanılan Profil Kalınlığı (mil)	**Levha Kalınlığı** (inch)	(mm)	**Hesap Kalınlığı** (inch)	(mm)	**Ref. Gauge Numarası**	**ASTM C 955 Renk Kodu**
18	0.0179	0.455	0.0188	0.478	25	
30	0.0296	0.752	0.0312	0.792	22	
33	0.0329	0.836	0.0346	0.879	20	beyaz
43	0.0428	1.087	0.0451	1.146	18	sarı
54	0.0538	1.367	0.0566	1.438	16	yeşil
68	0.0677	1.720	0.0713	1.811	14	turuncu
97	0.0966	2.454	0.1017	2.583	12	kırmızı
118	0.1180	2.997	0.1242	3.155		



a. Eski yöntem b. Yeni yöntem

Şekil 3. Üretim aşamasında etiketleme yöntemi

Kuzey Amerika şartnamelerine göre tasarım ve üretim aşamalarında bileşen kodlandırılması Tablo 4'deki gibi yapılmaktadır. Taşıyıcı galvanize profil bileşen özelliklerinin etiketlenmesinde dört kısımdan (profil derinliği, bileşen tipi, flanş genişliği ve profil kalınlığı) oluşan bir kodlama sistemi kullanılmaktadır. Türkiye' de kullanılan ölçü sistemi olan metrik sisteme (SI) göre bileşen kodlandırılması kabul edilmektedir.

Bileşen tipleri

Taşıyıcı sistem bileşenleri seçiminde, Kuzey Amerika şartnamelerinden yararlanılmaktadır. (NASFA, 2000, s;11,12,14) (Larson, J, W., 2007, s;5, 6) (CSSBI, 2005) Türkiye' de üretimde yaygın olarak kullanılan bileşen isimleri

ve kodları da incelenerek hafif çelik yapım sistemi bileşenleri yeniden tanımlanmaktadır;

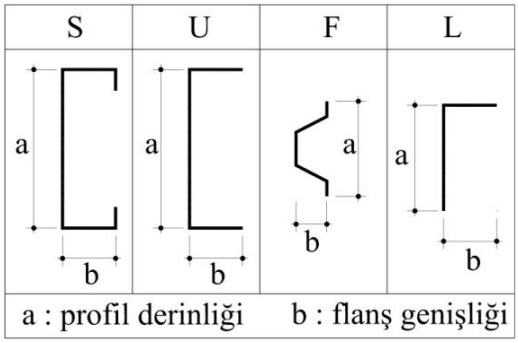
- S tipi bileşen: Üretici kataloglarında alt başlıklar olarak C, C+, ∑, ∑+ (epsilon veya sigma olarak anılmaktadır), Z profil olarak tanımlanmaktadır.
- U tipi bileşen: Kuzey Amerika şartnamelerindeki T ve U tipi bileşen aynı niteliklere sahip olup, ülkemizdeki üretici kataloglarında tek bir kod (U profil) olarak tariflenmektedir.
- F tipi bileşen: Kuzey Amerika şartnameleri ile aynı kodlandırma kullanılmaktadır. (ülkemizdeki üretici kataloglarında omega profil olarak adlandırılmaktadır)
- L tipi bileşen: Kuzey Amerika şartnameleri ile aynı kodlandırma kullanılmaktadır.

Tablo 4. Kodlama örneği; 400S162-54

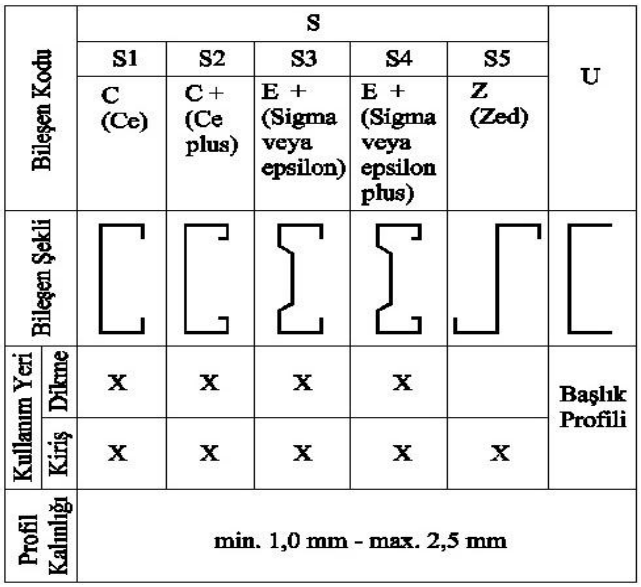
	Profil Derinliği	Bileşen Tipi	Flanş Genişliği	Profil Kalınlığı
Imperal	inch/1000		inch/1000	mil
	400	S	162	54
SI	mm		mm	mm
	100	S	41	1.4

Şekil 4'de tanımlanan bileşen tipleri içerisinde taşıyıcılık özelliği açısından ana bileşen S tipi bileşendir. U bileşen başlık profili olarak S bileşene bağlı olmakta ve çelik akma dayanımı ve profil et kalınlığı olarak her zaman S bileşen ile aynı özelliklerde olmalıdır. F bileşen asma tavan montaj profili amacıyla kullanılmakta olup, taşıyıcılık açısından yalnızca döşeme alt stabilitesine yardımcı olur. L bileşen ise lento oluşturulmasında birleşik kesit oluşturulurken kullanılır. Dikme veya döşeme kirişi olarak kullanılan S tipi bileşen büküm sayısı artırılarak ve şekli değiştirilerek taşıyıcılık kapasitesi artırılmaktadır.

Türkiye'deki hafif çelik yapım sistemi uygulamalarına bakıldığında, hafif çelik yapım sisteminde kullanılan S ve U tipi bileşen çelik levha kalınlığı en az 1 mm, en fazla 2.5 mm alınmaktadır. F ve L tipi bileşen çelik levha kalınlığı ise 1 mm olarak alınmaktadır. Taşıyıcılık özelliği olması bakımından ana bileşenler S ve U tipi bileşenler Şekil 6'daki gibi tanımlanmaktadır.



Şekil 4. Bileşen tipleri



Şekil 5. S ve U tipi sistem bileşenleri

S tipi bileşen yaygın olarak uygulamada C profil olarak adlandırılan bileşendir. Taşıyıcılık kapasitesinin artırılması amacıyla soğuk bükme aşamasında büküm sayısı artırılarak C+, ∑, ∑+ (epsilon veya sigma olarak anılmaktadır) profil tipleri de elde edilmektedir. Tip sayısının artması, üretici çeşitliliğinin azlığı, serbest piyasa rekabetinin düşük olması bakımından Türkiye hafif çelik yapı sektöründe bu tip bileşenler tercih edilmemektedir. Dolayısıyla Şekil 5'te görülen S1 tipi bileşen dikme, döşeme kirişi ve çatı merteği olarak hafif çelik yapım sistemi ana bileşeni olarak Tablo 5'te tanımlanmaktadır.

Tablo 5. Bileşen Tipi

	S1	U
1	150S1/40-1.0	152U/40-1.0
2	150S1/40-1.5	153U/40-1.5
3	150S1/40-2.0	154U/40-2.0
4	150S1/40-2.5	155U/40-2.5
5	200S1/60-1.5	203U/60-1.5
6	200S1/60-2.0	204U/60-2.0
7	200S1/60-2.5	205U/60-2.5
8	250S1/60-1.5	253U/60-1.5
9	250S1/60-2.0	254U/60-2.0
10	250S1/60-2.5	255U/60-2.5
11	300S1/60-1.5	303U/60-1.5
12	300S1/60-2.0	304U/60-2.0
13	300S1/60-2.5	305U/60-2.5

Sonuçlar

- Kuzey Amerika şartnameleri İngiliz /Amerikan ölçü sistemini (SI) kullanmaktadır. Türkiye' de ise metrik ölçü sistemi kullanımı geçerlidir. Bu bakımdan hafif çelik sistem bileşenlerinin ölçüsel değerlendirmesinin Türkiye koşullarında yapılması gerekmektedir.

- Türkiye' de hafif çelik yapı üretimi gerçekleştirmekte olan üretici firmalar Kuzey Amerika şartnamelerini kullanmakta olup benzer nitelik, şekil ve boyutlarda inşaat piyasasına ürün sunmaktadırlar. Dolayısıyla bileşen pazarı oluşumuna yönelik potansiyelleri vardır. Bu bağlamda Türkiye' de kullanılabilecek hafif çelik yapım sistem bileşen tiplerinin biçim ve boyut olarak tanımlanması yapılmıştır.

- Önerilen bileşenler ile yarı açık hafif çelik yapım sistemi tasarlanabilecek olup, tasarlanacak bu sisteme, Türkiye' de hafif çelik yapı sektöründe faaliyet gösteren üretici firmalar birbirlerinden bağımsız olarak bileşen üreterek katkı yapabileceklerdir.

Kaynaklar

AISI, (1996). *Durability of Cold-Formed Steel Framing Members*, American Iron and Steel Institute, Washington.

AISI, (2001a). Standard for Cold-Formed Steel Framing – General Provisions, AISI/COFS/GP 2001, American Iron and Steel Institute, Washington.

AISI, (2001c). North American Specification for Design of Cold-Formed Steel Structural Members, AISI Teknik Şartnamesi, Washington DC.

AISI, (2001d). Commentary on The North American Specification for Design of Cold Formed Steel Structural Members, AISI, Teknik Şartnamesi Açıklama Raporu, Washington.

Ang, T. C., Chiew, S. P., Lam, D., (2004). Structural steelwork; design to limit state theory, Elsevier Butterworth-Heinemann, Oxford.

CSSBI, (2005). *The lightweight steel frame house construction handbook*, Canadian Sheet Steel Building Institute, Canada.

Hara, R., Kaitila, O., Kupari, K., Outinen, J., Perttola, H., (2000). Design of cold formed steel structures, Seminar on steel structures, Helsinki University of Technology Department of Civil and Environmental Engineering Laboratory of Steel Structures, Helsinki.

Kaitila, O., (2000). Cold formed steel structures in fire conditions, Helsinki University of Technology Department of Civil and Environmental Engineering Laboratory of Steel Structures, Helsinki.

Karen, K.W. ve Winter, G., (1967). Effects of Cold-Work on Light Gauge Steel Members, *Journal of the Structural Division, ASCE*, **93**, ST1

Larson, J, W., (2007). AISI Standards for Cold-Formed Steel Framing, Construction Standards Development, American Iron and Steel Institute, Washington.

NASFA, (2000). Prescriptive Method for Residential Cold Formed Steel Framing, North American Steel Framing Alliance (NASFA), www.steelframingalliance.com.

STAHL, (2002b). Wohnungsbau mit Stahl - Profilhandbuch, Stahl Informations Zentrum, Yayın Referans no: Markblatt 480, Dusseldorf.

Yu, W. W., (2000). Cold formed steel design, John Wiley & Sons, Canada.