

TS 3357 STANDARDI'NIN YERİNE GEÇMEK ÜZERE HAZIRLANAN İMO-01/2005 STANDARDI'NIN(*) GEREKLİLİĞİ VE GETİRDİKLERİ

İMO İstanbul Şubesi Çelik Yapılar Komisyonu

1. GİRİŞ

Kaynak, en önemli imalat yöntemidir. Tüm metaller kaynak yöntemlerinden biriyle veya diğeriyle birleştirilebilir. Kaynak, çelik yapıların özellikle deprem etkisi altında sünek davranarak enerji yutması ve bu şekilde depreme dayanıklı bir davranış göstermesi açısından çok önemli bir yere ve öneme sahiptir. Ancak kaynak sırasında etkiyen parametrelerin çokluğu, kaynağın sıkı bir şekilde kontrol edilmesini gerektirir. Dünyada bu amaçla çok sayıda standart ve kod geliştirilmiş ve uygulanmaktadır. Ülkemizde halihazırda yürürlükte olan "Çelik Yapılarda Kaynaklı Birleşimlerin Hesap ve Yapım Kuralları" isimli TS 3357 (Nisan 1979) Standardı, bu ihtiyacı karşılamaktan çok uzaktır.

Bu nedenle, İMO İstanbul Şubesi'nde faaliyette bulunan Çelik Yapılar Komisyonu TS 3357 yerine geçmek üzere İMO-01/2005 Standardı'nı hazırlamış olup, basımı bitmek üzeredir.

Bu standart, çelik yapılardaki kaynaklı birleşimlerin tasarım ve imalatının, dünyada yaygın olan uygulamalara benzer şekilde yapılabilmesi için hazırlanmıştır.

2. KAYNAK TEKNİĞİNİN TEMEL KAVRAMLARI

Kaynak, metalleri kalıcı olarak birleştirmenin en ekonomik ve en etkili yoludur. İki veya daha fazla metalin, monolitik bir yapı olarak tek bir parça gibi davranmasını sağlayacak tek işlemdir. Kaynak, farklı tür ve dayanıma sahip tüm ticari metalleri birleştirmek için kullanılabilir. Kaynak, ekonomi için yaşamsal öneme sahiptir. Sık sık söylendiği gibi, bir ülkenin gayri safi milli hasılasının % 50'sinden fazlası, bir şekilde kaynak teknolojisi ile ilgilidir. Kaynak, en önemli imalat yöntemidir. Ayrıca en önemli inşaat yöntemi de budur.

Kaynak tekniği olmasaydı, günümüzde otomobiller şimdi olduğundan çok daha pahalıya mal olurdu. Bilindiği gibi okyanus aşırı seyredabilen gemiler, günümüzde inşa edilen çelik köprülerin büyük

çoğunluğu, demiryolu vagonları ve uzay mekiğinin dış yakıt tanklarının tümü kaynakla imal edilmektedir. Buldozerler, ekskavatörler, ziraat makinaları ve konstrüksiyon ekipmanları da tamamen kaynaklı yapılardır. Petrol ve doğalgaz nakleden uluslararası boru hatları, denizlerdeki petrol arama platformları, yüksek su depoları ve petrol depolama tankları da tamamen kaynaklı yapılardır.

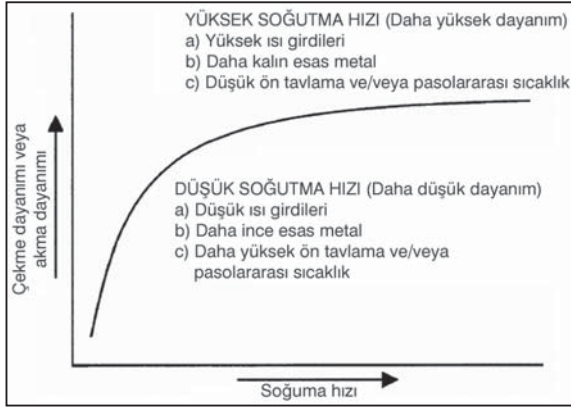
Kaynak tekniği, yüksek uygulama alanlarına sahip talaş kaldırma, dövme, döküm ve benzerleri gibi imal usulleri arasında en yüksek kullanım oranına sahiptir. Kaynak işlemi, diğer herhangi bir endüstriyel prosese kıyasla daha fazla bilimselliğe sahiptir ve daha çok parametre içerir. Kaynak basit gibi görünür, ancak nasıl olup da metalleri birleştirmenin en ekonomik ve en etkili yöntemi haline geldiğini açıklamanın yolu da budur.

Tüm metaller, kaynak yöntemlerinden biriyle veya diğeriyle birleştirilebilir. Yapısal veya dayanım gerektiren parçalarda kullanılan metallerin tümü kaynak edilebilir. Bazı metaller kolay kaynak yapılırken, diğerlerinin kaynağı biraz daha zor olabilir. Kolay kaynak yapılabilen metaller, kalınlık bakımından en inceden en kalına kadar sorunsuz kaynak yapılabilir. Zor kaynak yapılan metaller ise, özel uygulamalar için geliştirilmesi gereken özel prosedürlere ve tekniklere ihtiyaç duyarlar. Örneğin kaynak yapılan metalin kalınlığı arttıkça, kaynak dikişinin soğuma koşulları da değişir. Bilindiği üzere çeliklerde hızlı soğuma, malzemenin mikroyapısında istenmeyen dönüşümlere neden olarak sertleşmelere yol açar. Bunun engellenmesi için ön tavlama uygulaması çok yaygındır. Ön tavlamanın sıcaklığının belirlenmesi, malzemenin kaynak ısısından olumsuz etkilenmemesi için çok kritiktir.

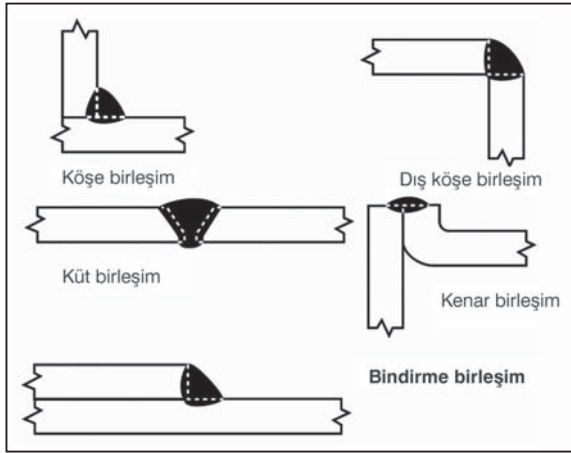
Şekil 1 soğuma hızı ile malzemenin dayanımı arasındaki ilişkiyi göstermektedir.

Bir kaynaklı parça, elemanları kaynakla birleştirilmiş bir parçadır. Kaynaklı parça, iki veya daha fazla metal elemandan oluşabilir. Kaynaklı parça, farklı kimyasal bileşime sahip metallerden de oluşabilir.

(*) İMO İstanbul Şubesi Çelik Yapılar Komisyonu standart çalışmasıdır.



Şekil 1 - Soğuma Hızı ile Dayanım Arasındaki İlişki



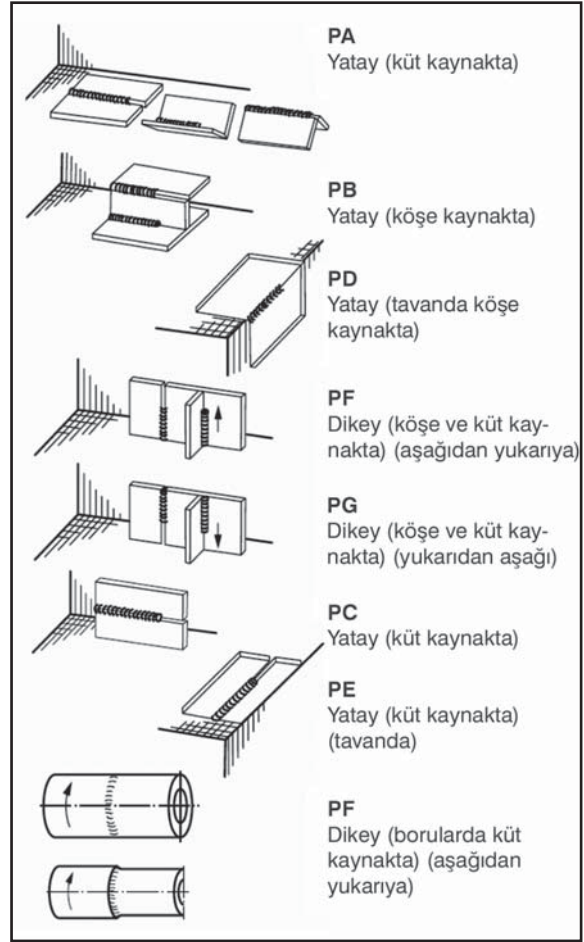
Şekil 2 - Temel Kaynaklı Birleşim Türleri

şabilir ve hadde ürünlerinin, saç, levha, boru, profil, dövme veya döküm parçaların birleştirilmesiyle elde edilebilir. Taşıyıcı veya yük aktaran nitelikte bir yapı veya kaynaklı bir parça oluşturmak için, bu kaynaklı parçayı oluşturan elemanların arasında kaynaklı birleşimin olması gerekir.

Kaynaklı birleşim, "birleştirilecek elemanların uçlarının veya kendilerinin" kaynakla birleştirilmesidir. İki elemanı birleştirmek için beş temel birleşim türü mevcuttur. Bu birleşim türleri Şekil 2'de gösterilmiştir.

Kaynaklı birleşim deyimini kavramak için, "kaynak" ve "birleşim" sözcüklerini birbirinden ayırmak önemlidir. Birbirinden farklı pek çok kaynak türü vardır ve bunları tanımlayabilmek için en etkin yöntem, kesit halindeki şekilleridir. En yaygın kaynak, köşe kaynağı'dır ve bu adı, kesitinden almıştır. İkinci en yaygın kaynak, küt kaynak'tır ve yedi temel küt kaynak türü mevcuttur. Bunların diğer adları, flanş kaynağı, tapa kaynağı, delik kaynağı, dikiş kaynağı, sert dolgu kaynağı ve kök kaynağıdır.

Kaynak, genellikle yapının üzerinde bulunduğu pozisyonda yapılır. Şekil 3, kaynaktaki temel pozisyonları göstermektedir.



Şekil 3 - Temel Kaynak Pozisyonları (PA, PB vs. Harfleri Standartta Belirtilen Harflerdir)

Kaynak yöntemlerini sınıflandırmak veya kategorilere ayırmak için kullanılan diğer bir yöntem, ilave (dolgu) metali kullanılıp kullanılmadığıdır. Eğer ilave metal kullanılmıyorsa, bu yöntem otojen kaynak olarak adlandırılır. İlave metal, "kaynağın yapılması sırasında ilave edilen metal veya alaşım"dır. Bu durumda kaynak, küt veya köşe kaynak halini alır.

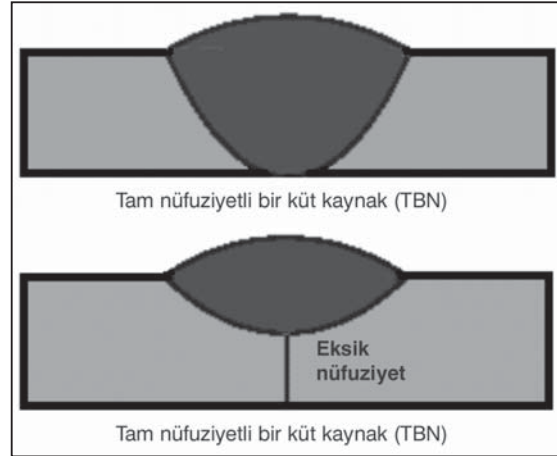
Bazı kaynak yöntemlerinde ilave metal, bir ark içinden beslenir ve birleştirilen parçaların arasına, kaynak banyosu halinde yığılır. Bazılarında ise, ark içinden beslenmeyip dışarıdan beslenir ve ark tarafından eritilerek kaynak banyosu halinde yığılır. Eğer ilave metal, ark içinden geçiyorsa elektrod adını alır (örneğin örtülü elektrodlar). Eğer ark içinden geçmeyip dışarıdan besleniyor ve ark tarafından eritiliyorsa, bu durumda kaynak çubuğu olarak adlandırılır (örneğin TIG kaynak çubuğu). Kaynak elektrodları ve kaynak çubukları, kendilerini tüm detaylarıyla tanımlayacak ayrıntılı şartnameler gerektiren özel bileşimlere sahiptir. İlave metalin seçimi, kaynaklı birleşimin dayanımını doğrudan etkilediğinden, normal olarak çok önemlidir.

Bu nedenle özelliklerinin kaynak yapılan metalle uyumlu olması gerekir. Kaynak yapılan metal esas metal olarak adlandırılır. Tablo 1’de esas metalle uyumlu ilave metal seçimi konusunda bir örnek gösterilmiştir.

Tablo 1’de, ASTM standartlarında verilen A36 (S235) ve A572 (S355) çeliklerinin iki farklı örtülü çubuk elektrodla (E60 ve E70) kaynağında, esas metallerle ilave metallerin uyumları irdelenmiştir. Örneğin A36 çeliğinin E60 elektrodla kaynağında, kaynak metalinin akma dayanımı (σ_y) esas metalinkinden 80 MPa daha büyük, çekme dayanımı (σ_u) ise 135 MPa daha küçük olmaktadır. Aynı çeliğin E70 elektrodla kaynağında ise kaynak metalinin akma dayanımı esas metalinkinden 150 MPa, çekme dayanımı ise esas metalinkinden 70 MPa daha büyük olmaktadır. Buna göre esas metal ile ilave metalin uyumlu olup olmadığına karar verilebilir.

Erimiş kaynak banyosunun, esas metal içinde ulaştığı derinlik “nüfuziyet” (penetrasyon) olarak adlandırılır. Diğer bir ifadeyle nüfuziyet, kaynak dikişinin en küçük kalınlığıdır. Nüfuziyet, bir kaynaklı parçanın dayanımını belirleyen en önemli özelliğidir. Kural olarak levhaların veya boruların küt birleşiminde, kaynak dikişinin kalınlığının esas metalin kalınlığına eşit olması gerekir. Bu koşulun sağlanabilmesi için, kaynaklı birleşimin tam nüfuziyetli olması (TBN: Tam birleşim nüfuziyeti = CJP: Complete Joint Penetration) gerekir. Şekil 4’te, kısmi ve tam nüfuziyetli kaynaklı birleşimler gösterilmiştir. Kısmi nüfuziyetli küt birleşimler ise KBN (Kısmi Birleşim Nüfuziyeti=PJP: Partial Joint Penetration) olarak adlandırılmaktadır.

Bir kaynak işlemini tam olarak tanımlamak için, kaynak yöntemini ve bu yöntemi uygulama şeklini belirtmek gerekir. Ayrıca, kaynaklı parçanın imalatını içeren ayrıntılı yöntemden ve uygulama koşullarından oluşan kaynak prosedürü’nün de tanımlanması gerekir. Kaynak prosedürü, belirli bir kaynağın veya kaynaklı birleşimin nasıl yapılacağını tanımlamak için, esas metalleri, birleşimin tasarım detaylarını



Şekil 4 - Kaynak İşleminde Nüfuziyet Kavramı

ve kaynak yöntemini içermelidir. Tüm kaynak prosedürünü bütün olarak tanımlamak ve belgelemek, gittikçe daha fazla önem kazanmaktadır. Kaynak prosedürleri, kaynaklı imalata başlamadan önce, tüm kaynak değişkenlerinin onaylanması ve bu sayede hatasız kaynaklı birleşimlerin oluşturulması amacına yöneliktir.

Kaynaklı imalat sanayinde Kaynak Prosedür Şartnamesi “KPS” terimi, belirli bir kaynağın yapılmasında kullanılan değişkenlerin kombinasyonunu belirtmekte kullanılır. Bunun yerine Kaynak Prosedürü veya basitçe Prosedür terimi de kullanılmaktadır. İngilizce terminolojide KPS karşılığı Welding Procedure Specification “WPS” kullanılmaktadır. Bir KPS’de bulunması minimum düzeyde gerekli değişkenler Tablo 2’de verilmiştir.

Bir kaynaklı imalatta prosedür oluşturulma aşamaları Şekil 5’te verilmiştir. Şekil 5’te de gösterildiği üzere, bir kaynak prosedürünün oluşturulmasına, prosedür taslağının geliştirilmesiyle başlanır. Geliştirilen prosedür, Geçici (ilk) Kaynak Prosedür Şartnamesi (iKPS) adını alır. iKPS’nin onaylanmasına ihtiyaç vardır. Onaylama için değişik yöntemler kullanılabilir. En yaygın yöntemlerden biri TS EN 288-3’te verilen prosedür testleridir.

Tablo 1 - Esas Metalle Uyumlu İlave Metal Seçimi

Esas metal			Uyan İlave Metal			
			E 60 $\sigma_y = 330$ MPa $\sigma_u = 415$ MPa		E 70 $\sigma_y = 400$ MPa $\sigma_u = 480$ MPa	
	Akma (MPa)	Çekme (MPa)	Akma	Çekme	Akma	Çekme
A 36	250 min.	400-550	Kaynak 80 MPa daha büyük	Kaynak 15 MPa daha büyük – 135 MPa daha küçük arasında	Kaynak 150 MPa daha büyük	Kaynak 80 MPa daha büyük ile 70 MPa daha küçük arasında
A 572 Gr.50	345 min.	450	Kaynak 15 MPa daha küçük	Kaynak 35 MPa daha küçük	Kaynak 55 MPa daha büyük	Kaynak 30 MPa daha büyük

Test parçalarını oluşturacak kaynakçıların, sertifikalandırılmış kaynakçılar olmaları gerekir. Bu sertifikalandırma işlemi TS 6868-1 EN 287-1'e göre yapılır. TS EN 288-3'e göre oluşturulan test parçalarına uygulanan testlerin sonuçları Kaynak Prosedürü Onay Raporu'na (KPOR) yazılır. İngilizce terminolo-

jide bu rapora WPAR (Welding Procedure Approval Record) veya PQR (Procedure Qualification Record) denilmektedir. Raporda belirtilen test sonuçlarının onaylanması işlemini, tarafsız bir kontrol kuruluşunun (akredite kuruluşların veya üniversitelerin) yapması gerekir. Bu şekilde onaylanan test sonuçlarından sonra, iKPS, KPS'ye dönüşür ve gerçek imalatta kullanılabilir hale gelir. Eğer test sonuçları, tarafsız kontrol kuruluşunca onaylanmazsa, olumlu sonuç elde edilene kadar tekrar başa dönülerek iKPS-KPOR-KPS çevriminin tekrarlanması gerekir.

Tablo 2 - Bir Kaynak Prosedür Şartnamesinde Minimum Düzeyde Bulunması Gereken Bilgiler

Yöntem (Elektrik ark kaynağı, MIG/MAG kaynağı, Özlü telle ark kaynağı vs.)
Elektrod sınıfı (TS 563-EN 499)
Elektrodun gösterimi (Örneğin: E 42 4 B 42 H5)
Elektrod çapı (3,25 mm vs.)
Elektrik karakteristikleri (AC, DC+ veya DC-)
Esas metalin sınıfı (Örneğin: TS EN 10025 S235 JRG2)
Minimum ön tavlama ve pasolararası sıcaklık
Kaynak akımı (amperaj) / tel besleme hızı
Ark gerilimi
Kaynak ilerleme hızı
Kaynak pozisyonu
Kaynaktan sonraki ısı işlem
Koruyucu gaz türü ve besleme debisi
Bağlantı tasarım detayları (kaynak ağızı ve paso düzeni)

Kaynak prosedürleri, kaynakçıların anlayabileceği ve uygulayabileceği şekilde basit belgelerdir.

Kaynakçıların sertifikalandırılması, hatasız kaynak birleşimlerine ulaşmanın ön koşuludur. Sertifikalandırılmış kaynakçıların çalıştırılması sayesinde, kaynak hatalarının, kaynakçının beceri noksanlığından dolayı meydana gelmediği garanti altına alınmış olur. Kaynakçıların yeterlilik sınavlarının yapılmasında, aşağıdaki temel bileşenler göz önünde bulundurulur :

Malzeme türü (alaşimsız çelik, paslanmaz çelik vs.)

Kaynak yöntemi (elektrik ark kaynağı, MIG/MAG kaynağı, TIG kaynağı vs.)

Elektrod türü (rutil, bazik vs.)

Parça formu (boru veya levha)

Birleşim türü (küt veya köşe)

Parça kalınlığı (levha kalınlığı veya boru et kalınlığı)

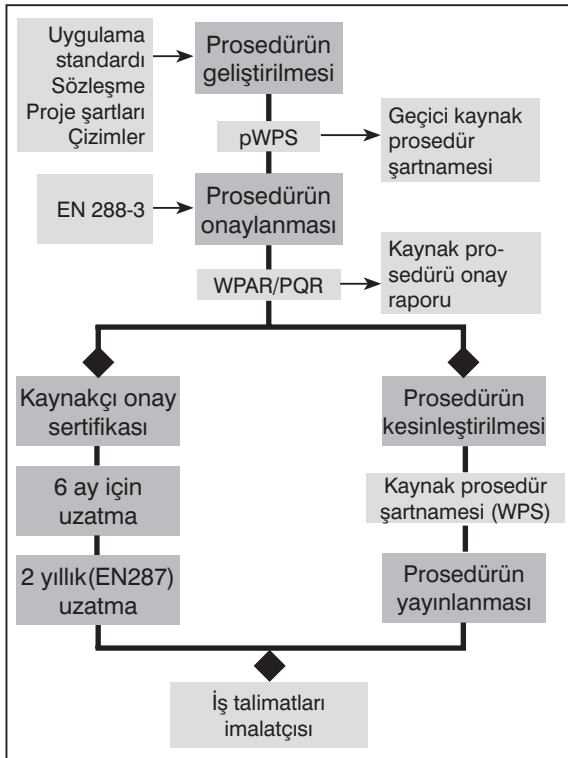
Boru dış çapı (eğer sınavda boru kullanılıyorsa)

Kaynak pozisyonu

Kaynak koşulları (altlık kullanılarak veya kullanılmadan, tek taraflı veya çift taraflı vs.)

Temel bileşenlerdeki bir değişiklik (örneğin kaynak yönteminin, parça formunun değişmesi vs.), yeni bir kaynakçı yeterlilik sınavının yapılmasını gerektirir. Kaynakçı sertifikaları, her 6 ayda bir sorumlu mühendisin kontrolüne ve vizesine bağlı olarak 2 yıllık bir dönem için geçerlidir. 2 yılın sonunda yenileme sınavı yapılmak zorundadır.

Kaynak dikişlerinin, kendilerinden beklenen koşullara uyumlu olduğunu ispat etmek için, özel muayene teknikleri kullanılmaktadır. Bu teknikler, tahribatlı veya tahribatsız muayene yöntemleri olabilir. Tahribatsız muayene yöntemleri, gözle muayene, manyetik parçacık muayenesi, radyografik muayene, sıvı penetran testi ve ultrasonik muayene neden oluşmaktadır. Kaynak kalite kontrolü, çoğu standart ve koda gereklidir ve çoğu mamul için bir zorunluluktur.



Şekil 5 - Kaynak Prosedüründeki ve Kaynakçı Onayındaki Aşamalar

3. İMO-01/2005 - “ÇELİK YAPILARDA KAYNAKLI BİRLEŞİMLERİN HESAP VE YAPIM KURALLARI” STANDARTININ AMACI VE İÇERİĞİ

Ülkemizde son 15 yılda meydana gelen büyük depremler (Erzincan 1992, Doğanbey 1992, Dinar 1995, Ceyhan 1998, özellikle Kocaeli ve Düzce 1999, Çankırı 2000, Afyon 2002, Pülümür ve Bingöl 2003) sonrasında gerek yapı stoğumuzun mevcut durumuna ilişkin, gerekse yapıların tasarım ve imalatına, imar mevzuatına yönelik yoğun tartışmalar ve eleştiriler başlamış, buna paralel olarak tüm bu konulara ilişkin gerekli düzeltme, düzenleme ve değişiklik çalışmaları ön plana çıkmıştır.

Ülkemizde yaşanan bu yıkıcı depremlerin yanı sıra 1994'te Northridge (ABD)'de ve 1995'te Kobe (Japonya)'de de benzer büyük depremler meydana gelmiştir. Bu depremlerde süneklik kapasitelerinin yüksek olduğu bilinen çelik çerçeve sistemlerinin deprem yükleri altındaki performanslarında beklenmeyen sonuçlar ortaya çıkmış, kolon-kiriş birleşimlerinde gevrek kırılmaların olduğu gözlenmiştir. Bunu izleyen yıllarda yapılan bilimsel araştırmalardan ve laboratuvar testlerinden elde edilen sonuçlar doğrultusunda sünek ve hatta süneklik düzeyi yüksek çelik yapıların yapım ve boyutlandırılmasına ilişkin bilgiler üretilmiş ve önerilen yöntemler bu ülkelerin yapım ve tasarım standartlarına yansıtılarak yürürlüğe konmuştur.

Aktif deprem kuşağında yer alan ülkemizde de yapılacak yapılarda tasarım, hesaplama, imalata hazırlık, imalat ve kontrol aşamalarında bilimsel ve teknik kuralların sıkı şekilde uygulanmasına duyulan ihtiyaç, ek bir açıklamaya gerek duyurmayacak kadar açıktır.

Bu gereksinim nedeniyle ülkemizde de zorunlu bir yönetmelik olan “Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (1997)” de gerekli değişiklikleri yapma, yeni elde edilen bulgulara göre gerekli değişiklikleri yapma ve özellikle yetersiz olan çelik yapılarla ilgili 8. Bölüm'ü yenileme çalışmaları başlatılmış ve hazırlanan ön taslak, Mayıs 2005 içinde yayınlanarak mühendislerin görüşlerine ve eleştirilerine sunulmuştur.

Bu yeni deprem yönetmeliği ön taslağının çelik yapılarla ilgili 8. Bölüm'ünde “kaynaklı birleşimlerde çelik malzemesine ve kaynaklama yöntemine uygun elektrodun kullanılması ve elektrodun akma dayanımının, birleştirilen malzemelerin akma dayanımından daha az olmaması gerekir” ifadesi yer almaktadır. Kaynaklı çelik yapılarda gevrek kırılmadan kaçınmak, tüm yapının taşıma gücü kapasitesini azaltabilecek özellikteki hataların veya çatlakların kaynak dikişinde bulunmaması gerek-

mektedir. Bu bağlamda “kaynaklanabilirlik”, diğer bir deyimle “kaynağa uygunluk” kavramı ön plana çıkmaktadır.

Bu taslakta ayrıca, moment aktaran çerçevelerin kaynaklı kolon-kiriş birleşimlerinde tam penetras-yonlu (nüfuziyetli) küt kaynak veya köşe kaynağının kullanılması gerektiğinin altı çizilmektedir (bkz. Madde 8.2.3.3). Bu hususlara yönelik olarak da kullanılması zorunlu olmayan mevcut yürürlükteki çelik standartlarımıza (TS 3357 ve TS 648) referans verilmektedir (bkz. Madde 8.2.2). Öte yandan, Deprem Yönetmeliğimizin zorunlu bir yönetmelik olması ve kaynaklı çelik yapılarla ilgili olarak da kullanımı zorunlu olmayan TS 3357'i refere etmesi, dolaylı olarak bu standardı da zorunlu hale getirmektedir.

Buradan da açıkça görüldüğü gibi, halen yürürlükte olan TS 3357 yukarıda belirtilenleri karşılamaktan ve deprem yönetmeliğine bu bağlamda gerekli desteği vermekten uzaktır. Bunun yanı sıra imalata hazırlık, imalat ve kontrol aşamalarında gereksinim duyulan bilimsel ve teknik kuralları ise hiç içermemektedir. Bu nedenle mutlaka güncellenmesi ve gerekli değişikliklerin yapılması gerekliliği açıktır.

İMO İstanbul Şubesi'nde faaliyetlerini sürdüren Çelik Yapılar Komisyonu yukarıda belirtilenler nedeniyle mevcut TS 3357 (Nisan 1979)'nin yerini almak üzere İMO-01/2005 “Çelik Yapılarda Kaynaklı Birleşimlerin Hesap ve Yapım Kuralları” isimli bir standart hazırlamış olup, basımı bitmek üzeredir.

Bu standardının içeriği, dünyada benzerleri olarak sayılabilecek ANSI / AWS D1.1, Eurocode 3'e göre, ülkemizin aktif deprem kuşağında yer aldığı temel gerçeğine uygun olacak şekilde biçimlendirilmiştir. Temel amacı, çelik yapılarda kaynaklı birleşimlerin oluşturulmasında kalite kontrolünün sağlanmasıdır. İMO-01/2005 Standardı bir kaynaklı imalatta tasarım, imalat ve kontrol aşamalarının tümü için bir kılavuz oluşturarak, kaynaklı imalatı başından sonuna denetim altına alan ve hem yapının sahibi, hem müteahhit ve hem de kontrolörler için tüm detayları belirleyen ve anlaşmazlıkları en aza indirecek bir kılavuz niteliğindedir. Öte yandan tasarım, imalat ve kontrol aşamalarında, dünyada mevcut bilimsel ve teknolojik seviyeyi yansıttığından, uygulanması durumunda teknik ve ekonomik hataları da ortadan kaldıracaktır. Ayrıca deprem standardının tanımlamalarına da cevap verebilecek içeriğe sahip olduğundan, deprem standardının da bütünlüğü bir parçası olacaktır.

Hazırlanan İMO-01/2005 Standardı 8 bölümden ve bilgilendirmeye yönelik eklerden oluşmaktadır.

Birinci bölümde, kaynaklı imalat ve kaynaklı birleşim için temel kavramlar tanımlanmıştır. Standardın

Tablo 3 - Kaynak Emniyet Gerilmeleri

Etkiyen Kuvvet	Kaynak Emniyet Gerilmeleri	Gereken İlave Metal (Elektrod) Mukavemet Seviyesi
TBN (Tam Birleşim Nüfuziyetli) Kaynak Ağız Açılmış Küt Kaynak Dikişleri		
Küt kaynak dikişi hesap alanına dik etkiyen çekme ¹⁾	Esas metalle aynı ²⁾	Uygun ilave metal ²⁾ kullanılmalıdır.
Küt kaynak dikişi hesap alanına dik etkiyen basınç	Esas metalle aynı ²⁾	Uygun ilave metalle ²⁾ aynı veya daha düşük mukavemet seviyesinde olan ilave metal (elektrod malzemesi) kullanılabilir.
Küt kaynak dikişi eksenine paralel etkiyen çekme veya basınç	Esas metalle aynı ²⁾	
Küt kaynak dikişi hesap alanı üzerinde kayma	{İlave metalin (elektrod malzemesi) sınıflandırma çekme mukavemeti x 0,30} <i>Ek Koşul:</i> Esas metal üzerindeki kayma gerilmesi, aşağıdaki ifadeden elde edilen değeri aşmamalıdır. {esas metalin akma mukavemeti x 0,40}	
KBN (Kısmi Birleşim Nüfuziyetli) Kaynak Ağız Açılmış Küt Kaynaklar		
Küt kaynak dikişi hesap alanına dik çekme	{İlave metalin (elektrod malzemesi) sınıflandırma çekme mukavemeti x 0,30}	Uygun ilave metalle ²⁾ (elektrod malzemesiyle) aynı veya daha düşük mukavemet seviyesinde olan ilave metal kullanılabilir.
Temasla yük aktaracak şekilde tasarlanan birleşimlerdeki küt kaynak dikişi hesap alanına dik basınç	{İlave metalin (elektrod malzemesi) sınıflandırma çekme mukavemeti x 0,90} <i>Ek Koşul:</i> Aşağıdaki ifadeden elde edilen değer aşmamalıdır {Birleştirilen esas metalin akma mukavemeti x 0,90}	
Temasla yük aktaracak şekilde tasarlanmayan birleşimlerdeki küt kaynak dikişi hesap alanına dik basınç	{İlave metalin (elektrod malzemesi) sınıflandırma çekme mukavemeti x 0,75}	
Küt kaynak dikişi eksenine paralel çekme veya basınç	Birleştirilen esas metal ile aynı ²⁾	
Küt kaynak dikişi hesap alanının eksenine paralel kayma	{İlave metalin (elektrod malzemesi) sınıflandırma çekme mukavemeti x 0,30} <i>Ek Koşul:</i> Esas metal üzerindeki kayma gerilmesi, {esas metalin akma mukavemeti x 0,40} değerini aşmamalıdır.	
Köşe Kaynak Dikişleri		
Kaynak dikişi hesap alanı üzerinde kayma , doğrultusu ne olursa olsun çekme ve basınç *) ve kıyaslama gerilmesi σ_v *) bkz. Madde 2.5.4.1	{İlave metalin (elektrod malzemesi) sınıflandırma çekme mukavemeti x 0,30} <i>Ek Koşul:</i> Esas metal net kesit alanına etkiyen kayma gerilmesi, aşağıdaki değeri aşmamalıdır : {esas metalin akma mukavemeti x 0,40}	Uygun ilave metalle ²⁾ aynı veya daha düşük mukavemet seviyesinde olan ilave metal (elektrod malzemesi) kullanılabilir.
Kaynak eksenine paralel çekme ve basınç	Birleştirilen esas metalle aynı ²⁾	

diğer bölümlerde kullanılan terminoloji bu bölümde tanıtıldığından, standardın uygulanmasına bu bölümden başlanması gerekir.

İkinci bölümde, çelik yapılarıdaki sıcak hadde ürünlerinin (borular hariç) kaynaklı birleşimlerin tasarım koşulları verilmiştir. Hem statik hem de dinamik etkilere maruz yapılar için tasarım kriterleri, şekil ve

grafiklerle destekli olarak açıklanmıştır.

Bu bölümde ayrıca kaynak emniyet gerilmeleri TS 3357'den farklı olarak, hazırlanan Deprem Yönetmeliği Taslağı'nın önerdiği şekilde "ilave metalin veya esas metalin mukavemet özelliklerine bağlı" olarak tanımlanmıştır (bkz. Tablo 3 ve 4).

Tablo 4 - Uyumlu Mukavemet İçin Esas Metal-İlave Metal Kombinasyonları

Çelik sınıfının özellikleri						İlave metalin koşulları				
ASTM'ye göre gösterim				TS2162'ye göre gösterim (DIN 17100)	EN'e göre gösterim	Yöntem	AWS'ye göre gösterim		EN'e göre gösterim	
Çelik türü	Sınıfı	min. akma mukavemeti MPa	Çekme Mukavemeti	Çelik Türü	Çelik Türü		Standart	Gösterim örnekleri	Standart	Gösterim örnekleri
ASTM A36	≤ 20 mm	250	400-550	St 37-2	EN 10025 S235JR	111 (elektrik ark kaynağı)	A5.1	E60XX E70XX	EN 499	E 38 AR 1 1 E 42 2 RR 1 2 E 42 3 C 21 E 42 3 B 32 H10
ASTM A53	Grade B	240	415	Dikişsiz: St 45 Dikişli: St 37-2	S235JRG2 S235JR					
ASTM A106	Grade B	240	415	St 45.8	S275JR		A5.5	E70XX-X		
ASTM A131	Grade A,B,CS, D, DS,E	235	400-490	St 37-3	S235J2G3					
ASTM A139	Grade B	241	414			12 (toz-altı ark kaynağı)	A5.17	F6XX-EXXX F6XX-ECXXX, F7XX-EXXX, F7XX-ECXXX	EN 756	S1 S2 S2Mo
ASTM A381	Grade Y35	240	415	St 37-2	S235JR					
ASTM A500	Grade A Grade B	228 290	310 400	St 35 veya St 37-2 St 45 veya St52	S235JR S275J2G3 S355J2G3					
ASTM A501	Grade A Grade B	228 290	310 400	St 37-2 St 44-3N	S235JR S275J2G3		A5.23	F7XX-EXXX-XX, F7XX-ECXXX-XX		
ASTM A516	Grade 55	205	380-515	St 52	S355J2G3					
ASTM A524	Grade I Grade II	240 205	415-586 380-550	St 45 veya St 52 St 35 veya St 45	E295	135 (MAG kaynağı)	A5.18	ER70S-XXX, E70C-XC, E70C-XM (GS sonekli elektrodlar hariç)	EN 440	G 42 3CM G3Si1 G 42 3CM G4Si1
ASTM A570	Grade30 Grade33 Grade36	205 230 250	340 360 365			135 (özlü telle MAG kaynağı)	A5.20	E6XG-X E6XT-XM, E7XT-X, E7XT-XM		
	Grade40 Grade45	275 310	380 415							
ASTM A573	Grade65 Grade58	240 220	450-530 400-490							
ASTM A709	Grade36 (≤ 20 mm)	250	400-550							
API 5L	Grade B Grade X42	240 290	415 415							
ABS	Grade A, B, D, CS, DS		400-490			A5.29	E6XTX-X E6XT-XM E7XTX-X E7XTX-XM			
	Grade E		400-490							

Bunun yanısıra tekrarlı yüklemelere maruz sıcak hadde ürünlerinin (borular hariç) kaynaklı birleşimlerine yönelik koşullar ve izin verilen gerilme aralıkları, yük tekrar sayısı ve çeşitli detay kategorilerine

bağlı olarak da ayrı ayrı tanımlanmıştır.

Standardın 3. Bölümü'nde Kaynaklı Birleşimlerin Mukavemet Hesabı yer almaktadır. Bu bölümde kaynak dikişlerinin hesap kalınlıkları ve hesap uzun-

luklarının belirlenme esasları ve boyutlandırılmaya yönelik gerilme formülleri, malzeme ve birleşim türüne göre verilmiştir. Çelik yapılarda kullanılan çelik türleri için uygun ilave metallerin (elektrod) seçiminde kullanılmak üzere tablolar düzenlenmiştir (Tablo 4). Kaynak emniyet gerilmeleri (Tablo 3) ve seçimini kontrol eden faktörler ve seçim yöntemi de bu bölümde yer almaktadır.

Dördüncü bölüm, İmalata Hazırlık başlığını taşımaktadır. Çelik yapılarda kaynaklı birleşimlerin tasarımının tamamlanmasından sonra, imalat aşamasına geçilmeden önce, yukarıda söz edilen prosedürlerin hazırlanması gerekir. Bunlar arasında en önemlisi, Kaynak Prosedürleridir.

Onaylanmış kaynak prosedürlerinin kullanımı, kaynaklı imalatta kalitenin sağlanması için en önemli kriterlerdendir. İMO-01/2005 Standardı'nın en önemli özelliklerinden biri, kaynak işleminin prosedür dahilinde yapılmasını zorunlu hale getirmektedir.

Kaynakçıların sertifikalandırılması da İMO-01/2005 Standardı'nda zorunludur, zira kaynaklı imalatta sertifikalı kaynakçı kullanımı ile, kaynak hatalarının kaynakçının beceri noksanlığından ileri gelmediği garanti edilmiş olmaktadır. İMO-01/2005 Standardı'na göre çelik kaynakçıların sertifikalandırılması, uluslararası akredite edilmiş kuruluşlarca veya üniversitelerin kaynak teknolojisi birimlerince yapılabilir. İMO-01/2005 Standardı'nda, "TS 6868-1 EN 287-1" standardı esas alınmıştır. Bu standarda göre kaynakçı sertifikaları 2 yıl geçerlidir. 2 yılın sonunda, yenileme sınavına girilmesi gereklidir. Bu bakımdan, meslek liseleri veya teknik eğitim veren kuruluşlarca düzenlenen ve ömür boyu geçerli olan Kaynakçı Ustalık Belgeleri, kaynakçı sertifikası yerine geçmez. Kaynakçı yeterlilik sınavlarını kaynaklı imalatta tecrübeli ve en az Mühendis seviyesinde kişiler yapabilir.

İMO-01/2005 Standardı'nın **5. Bölüm**'ü İMALAT başlığını taşımaktadır. Bu bölümde, TS EN 1011-2 standardında ferritik çeliklerin ark kaynağı için verilen tavsiyeler yer almıştır. Öncelikle imalat sırasında dikkat edilmesi gereken hususlar (elektrodların saklanma ve kullanma koşulları, kaynak ağızlarının hazırlanması, vs.) verilmiştir. Standartta, çeliklerin kaynak sırasındaki sertleşme ve çatlama tehlikesine göre karbon eşdeğeri ifadesinin hesaplanması ve uygun ön tavlama sıcaklığının belirlenmesi için iki değişik yöntem önerilmiştir. Ayrıca kalın çeliklerin kaynağında görülen lameler yırtılma için gerekli bilgiler de bu bölümde yer almaktadır. Yine kaynaklı imalatta distorsiyon ve artık gerilmelerin en aza indirilmesi için zorunlu olan kaynak planlarının hazırlanması da bu bölümde verilmiş ve bir örnek kaynak planı tanıtılmıştır.

Standardın **6. Bölüm**'ünde, MUAYENE konuları yer almaktadır. Bir kaynaklı imalatın sonunda muayene yapılmazsa, hatasız bir yapıdan söz edilemez ve dolayısıyla kalite güvencesi verilemez. Bu nedenle tamamlanmış kaynaklı birleşimlerin uygun tahribatsız muayene yöntemleriyle (NDT) muayene edilmesi ve bulunan sonuçların TS 7830 - EN 25817 Standardı'nda belirtilen B kalite seviyesine göre kontrol edilmesi şarttır. Bu bölümde, kaynak dikişlerinde görülebilecek hatalar tanımlanmış ve hataların sınır değerleri verilmiştir.

Standardın **7. Bölüm**'ünde, mevcut yapıların tamiri ve güçlendirilmesi için esaslar verilmiştir.

Standartta ayrıca temel kaynak bilgilerini içeren 3 bölüm eklenmiştir. Bu eklerin verilme amacı, temel kaynak bilgileri için başka kitap veya dokümanların aranmasına olan ihtiyacı ortadan kaldırmak ve standardı tek başına ilgili tüm bilgilere sahip kılmaktır.

1. Ekte, kaynaklı birleşimlerin tasarım prensipleri verilmiştir. Standardın ana metnindeki Tasarım bölümünde verilen bilgilere ek olarak, sadece kaynaklı imalatın uygulanabilirliğini kolaylaştıracak tasarım kriterleri açıklanmıştır.

2. Ekte, kaynaklı imalatta çok önemli bir sorun olan ve kaynak planlarının hazırlanmasına gerekçe oluşturan kaynak distorsiyonlarının oluşum mekanizmaları ve önlenme yöntemleri açıklanmıştır.

3. Ekte, İMO-01/2005 Standardı kapsamında uygulanabilen kaynak yöntemleri, ekipmanları ve temel değişkenleriyle tanımlanmış; her bir kaynak yöntemi için temel ayarlamalar için kılavuz değerler verilmiştir. Böylece KPŞ'lerin hazırlanmasında kullanılacak kaynak değişkenleri için de yardımcı olunmuştur.

KAYNAKLAR

- [1] Anık, S., Anık, E.S., Vural, M., 1993, "1000 Soruda Kaynak Teknolojisi El Kitabı", Birsen Yayınevi, İstanbul
- [2] Vural, M., 2005, "Kaynaklı Tasarım ve İmalat Ders Notları", İTÜ Makina Fakültesi, İstanbul
- [3] Miller, D.K., 1997, "What Every Engineer Should Know About Welding Procedures", The National Steel Construction Conference, Proceedings, Chicago, AISC.
- [4] Blodgett, O.W., Funderburk, R.S., Miller, D.K., Quintana, M., 1999, "Fabricators' and Erectors' Guide to Welded Steel Construction", James F. Lincoln Arc Welding Foundation.
- [5] TS 3357:79 "Çelik Yapılarda Kaynaklı Birleşimlerin Tasarım ve İmalat Kuralları", TSE, 1979
- [6] "İMO-01/2005 - "Çelik Yapılarda Kaynaklı Birleşimlerin Hesap ve Yapım Koşulları", 2005, İnşaat Mühendisleri Odası, İstanbul Şubesi, (basım aşamasında).
- [7] Deren, H., Uzgider, E. ve Piroğlu, F., 2005 (2.Baskı), "Çelik Yapılar - Emniyet Gerilmesi Esasına Göre Hesap", Çağlayan Kitabevi, İstanbul.