



TÜRK STANDARDI
TURKISH STANDARD

TS EN 12811-3

Aralık 2005
(EN 12811-3/AC:2004 dâhil)

ICS 91.220

**GEÇİCİ İŞ DONANIMLARI - BÖLÜM 3: YÜKLEME
DENEYLERİ**

Temporary works equipment - Part 3: Load Testing

TÜRK STANDARDLARI ENSTİTÜSÜ
Necatibey Caddesi No.112 Bakanlıklar/ANKARA

- Bugünkü teknik ve uygulamaya dayanılarak hazırlanmış olan bu standardın, zamanla ortaya çıkacak gelişme ve değişikliklere uydurulması mümkün olduğundan ilgililerin yayınları izlemelerini ve standardın uygulanmasında karşılaştıkları aksaklıkları Enstitümüze iletmelerini rica ederiz.
- Bu standardı oluşturan Hazırlık Grubu üyesi değerli uzmanların emeklerini; tasarılar üzerinde görüşlerini bildirmek suretiyle yardımcı olan bilim, kamu ve özel sektör kuruluşları ile kişilerin değerli katkılarını şükranla anarız.



Kalite Sistem Belgesi

İmalât ve hizmet sektörlerinde faaliyet gösteren kuruluşların sistemlerini TS EN ISO 9000 Kalite Standardlarına uygun olarak kurmaları durumunda TSE tarafından verilen belgedir.



Türk Standardlarına Uygunluk Markası (TSE Markası)

TSE Markası, üzerine veya ambalâjına konulduğu malların veya hizmetin ilgili Türk Standardına uygun olduğunu ve mamulle veya hizmetle ilgili bir problem ortaya çıktığında Türk Standardları Enstitüsü'nün garantisi altında olduğunu ifade eder.



Kalite Uygunluk Markası (TSEK Markası)

TSEK Markası, üzerine veya ambalâjına konulduğu malların veya hizmetin henüz Türk Standardı olmadığından ilgili milletlerarası veya diğer ülkelerin standardlarına veya Enstitü tarafından kabul edilen teknik özelliklere uygun olduğunu ve mamulle veya hizmetle ilgili bir problem ortaya çıktığında Türk Standardları Enstitüsü'nün garantisi altında olduğunu ifade eder.

DİKKAT!

TS işareti ve yanında yer alan sayı tek başına iken (TS 4600 gibi), mamulün Türk Standardına uygun üretildiğine dair üreticinin beyanını ifade eder. **Türk Standardları Enstitüsü tarafından herhangi bir garanti söz konusu değildir.**

Standardlar ve standardizasyon konusunda daha geniş bilgi Enstitümüzden sağlanabilir.

TÜRK STANDARDLARININ YAYIN HAKLARI SAKLIDIR.

Ön söz

- Bu standard, CEN tarafından kabul edilen EN 12811-3 (2002)+AC:2004 standardı esas alınarak, TSE İnşaat İhtisas Grubu'nca hazırlanmış ve TSE Teknik Kurulu'nun 22 Aralık 2005 tarihli toplantısında Türk Standardı olarak kabul edilerek yayımına karar verilmiştir.
- Bu standardın kabulü ile TS 8538 (1990) ve TS 8539 (1990) iptal edilmiştir.
- Bu standardda kullanılan bazı kelime ve/veya ifadeler patent haklarına konu olabilir. Böyle bir patent hakkının belirlenmesi durumunda TSE sorumlu tutulamaz.

İçindekiler

1	Kapsam	1
2	Atıf yapılan standard ve/veya dokümanlar	1
3	Terimler ve tarifleri	1
3.1	Sistem	1
3.2	Bileşen.....	1
3.3	Eleman	1
3.4	Birleştirme tertibatı	2
3.5	Konfigürasyon	2
3.6	Sistem konfigürasyonu.....	2
3.7	Standard sistem konfigürasyonları takımı	2
3.8	Gevşeme.....	2
3.9	Çevrimli yükleme deneyi	2
3.10	Histeriz ilmikleri.....	2
3.11	Tekrarlı yükleme deneyleri	2
3.12	Değerlendirme	2
4	Tipik deney işlemleri	2
4.1	Genel.....	2
4.2	Deney tipleri	2
5	Yükleme deneyleri için genel gerekler	3
6	Malzemelerin deneye tâbi tutulması	3
6.1	Genel.....	3
6.2	Numune alma.....	4
6.3	Deney yöntemleri	4
7	Konfigürasyon ve bileşenlerin deneye tâbi tutulması	4
7.1	Genel.....	4
7.2	Yük taşıma kapasitesi, rijitlik ve gevşeme tayini için deneyler	5
7.3	Tekrarlı yükleme.....	5
7.4	Titreşim deneyleri.....	6
7.5	Darbe deneyleri.....	6
8	Sistem konfigürasyonlarının deneye tâbi tutulması	6
9	Deney sonuçlarının belgelendirilmesi	7
9.1	Genel.....	7
9.2	Deney raporu ²⁾	7
9.3	Rapor içeriğine ait ayrıntılı talimatlar.....	7
10	Metalik konfigürasyonlar ve bileşenlerin yük taşıma kapasitesi ve rijitliğinin değerlendirilmesi 8	8
10.1	Genel	8
10.2	Yaklaşım fonksiyonları.....	8
10.3	Enerji sönümlenmesi	10
10.4	Nihaî direnç değeri $r_{u,i}^a$	11
10.5	Süneklığe bağlı γ_{R2} kısmî güvenlik katsayısı.....	11
10.6	En kesit boyut ölçülerindeki sapmalara bağlı olarak nihaî değeri $r_{u,i}^a$ 'nın $r_{u,i}^b$ 'ye uyarlanması.....	11
10.7	Malzeme özelliklerine bağlı olarak nihaî değeri $r_{u,i}^b$ 'nin $r_{u,i}^c$ 'ye uyarlanması	12
10.8	Temel karakteristik direnç değeri $R_{k,b}$ 'nin istatistikî olarak tayini	13
10.9	$R_{k,anma}$ anma karakteristik direnç değerinin tayini	13
10.10	Gevşeme, rijitlik değerlendirmesi.....	14
Ek A (Bilgi için)	Yaklaşım fonksiyonu, kısmî güvenlik katsayısı γ_{R2} ve enerji sönüm oranı q_e 'nin tayini için örnek	17
Ek B (Bilgi için)	Deney sonuçlarının istatistiki olarak değerlendirilmesi ve anma karakteristik dayanım değerlerinin tayini için örnek	22
Ek C (Bilgi için)	Rijitliklerin değerlendirilmesi için örnek	24
	Kaynaklar	27

Geçici iş donanımları - Bölüm 3: Yükleme deneyleri

1 Kapsam

Bu standard, mekanik olmayan geçici iş elemanları ile ilgili yükleme deneyleri, belgelendirme ve deney sonuçlarının değerlendirilmesi için özel gerekleri kapsar.

Not 1- Bu standard deney içeren standartlara temel olarak CEN/TC53 no'lu teknik komiteye bağlı tüm çalışma gruplarının kullanımı için hazırlanmıştır. Bu standardda sadece genel kurallar verilmiştir. Deney işlemlerinin detayları gibi özel gereklere ihtiyaç duyulması halinde, bu gerekler özel standartlardan alınmalıdır.

2 Atıf yapılan standard ve/veya dokümanlar

Bu standardda, tarih belirtilerek veya belirtilmeksizin diğer standard ve/veya dokümanlara atıf yapılmaktadır. Bu atıflar metin içerisinde uygun yerlerde belirtilmiş ve aşağıda liste hâlinde verilmiştir. Tarih belirtilen atıflarda daha sonra yapılan tadil veya revizyonlar, atıf yapan bu standardda da tadil veya revizyon yapılması şartıyla uygulanır. Atıf yapılan standard ve/veya dokümanın tarihinin belirtilmemesi hâlinde en son baskısı kullanılır (tadiller dâhil).

EN, ISO, IEC vb. No	Adı (İngilizce)	TS No ¹⁾	Adı (Türkçe)
EN 408	Timber structures - Structural timber and glued laminated timber- Determination of some physical and mechanical properties.	TS 5497 EN 408	Yapı Keresteleri-Yapı Kerestesi ve Lamina Ahşap-Fiziki ve Mekanik Özelliklerinin Tayini
EN 789	Timber structures-Test methods- Determination of mechanical properties of wood based panels.	TS EN 789	Yapı keresteleri – Deney metodları - Ahşap esaslı levhaların mekanik özelliklerinin belirlenmesi
EN 10002-1	Materials- Tensile testing- Method of tests (at ambient temperature)	TS 138 EN 10002-1	Metalik malzemeler - Çekme deneyi - Bölüm 1- Ortam sıcaklığında deney metodu
EN ISO 6506-1	Metallic materials- Brinell hardness test- Part 1: Test method (ISO 6506-1:1999)	TS 139-1 EN ISO 6506-1	Metalik Malzemeler- Brinell Sertlik Deneyi- Bölüm 1: Deney Metodu
EN ISO 6507-1	Metallic materials- Vickers hardness test- Part 1: Test method (ISO 6507-1:1997)	TS 207-1 EN ISO 6507-1	Metal Malzemeler - Vickers sertlik deneyi – Bölüm 1:Deney metodu

3 Terimler ve tarifleri

Bu standardın amacı bakımından, aşağıda verilen terim ve tarifler uygulanır.

3.1 Sistem

(Örneğin, iskele sistemi, hendek kaplama sistemi)

- Birbiri ile birleştirilebilir bileşenler takımı, çoğunlukla sistem amacına uygun şekilde tasarlanmış olan,
- Değerlendirilmiş sistem konfigürasyonlar takımı,
- Mamul el kitabı.

3.2 Bileşen

Düşey çerçeve, diyagonal gibi sistemin sökülebilir parçaları.

3.3 Eleman

Bir düşey çerçevenin enine ara bağlantısı gibi bileşenin bütünleşik (örneğin, kaynaklı) parçası.

¹⁾ **TSE Notu:** Atıf yapılan standartların TS numarası ve Türkçe adı 3. ve 4. kolonda verilmiştir. * işaretli olanlar İngilizce metin olarak basılmış Türk Standardlarıdır.

3.4 Birleştirme tertibatı

Bileşenlerin birleştirilmesi için kullanılan tertibat.

3.5 Konfigürasyon

Birleştirme tertibatları vasıtasıyla bir araya getirilmiş bileşenlerin özel düzeni.

3.6 Sistem konfigürasyonu

Yapının tamamından (bir iskele, bir yük taşıma kulesi gibi) veya yapıyı temsil eden bir bölümden oluşan sistem konfigürasyonu.

3.7 Standard sistem konfigürasyonları takımı

Taşıyıcı sistem tasarımı ve değerlendirilmesi amacıyla uygun olarak belirtilmiş olan sistem konfigürasyonları dizisi.

3.8 Gevşeme

İki bileşen arasındaki bağlantının, gerçek (orijinal) veya fiktif (uygunluk değerlendirme işlemi sırasında meydana gelen ilâve gevşeme) oynaması.

3.9 Çevrimli yükleme deneyi

Yükün sıfırdan geçecek şekilde birkaç çevrim uygulanması ile deney numunesinde tersinir yük ve etki oluşturan deneyler.

3.10 Histeriz ilmikleri

Çevrimli yükleme deneylerinden elde edilen nihai moment-dönme veya kuvvet – yer değiştirme eğrileri.

3.11 Tekrarlı yükleme deneyleri

Yükün birkaç kez uygulanması ve kaldırılması yoluyla gerçekleştirilen, ancak yük işaretinin (basınç veya çekme) aynı kaldığı deneyler.

3.12 Değerlendirme

Sistemi oluşturan bütün unsurların belirtilen gereklere uygun olup olmadığını belirlemek üzere gerçekleştirilen kontrol işlemi.

4 Tipik deney işlemleri

4.1 Genel

Geçici iş donanımlarının taşıyıcı sistem tasarımında, taşıyıcı sistem tasarımları ile ilgili gereklerin verildiği EN standartları esas alınmalıdır. Ancak bu standartlarda uygun hesap modellerinin bulunmadığı durumlarda, hesaplama yerine deney kullanılabilir.

Deneylerde, ilgili standartlarda verilen hesaplama modellerindeki güvenli kabuller göz ardı edilecek şekilde basitleştirme yapılamaz.

4.2 Deney tipleri

Tipik deneylerin ayrıntılı olmayan bir listesi Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1 - Tipik deneyler

	Deney tipi	Deneye tâbi tutulan eleman	Örnekler
1	Yük taşıma kapasitesi ve rijitlik	s, a ,c	- Birleştirme tertibatı - Modüler düğüm noktası - Yatay düzlem
2	Statik hesap sonuçlarının doğrulanması	s (bilhassa) a, c	- Sistem konfigürasyonu
3	Karakteristik taşıyıcı sistem davranışı üzerinde çevrimli yükleme etkisinin kontrolü	a, c, e	- Birleştirme tertibatı - Modüler düğüm noktası - Yatay düzlem
4	Tekrarlı yük etkisinin kontrolü	a, c, e	- Merdiven basamakları
5	Bağlantının, - tekrarlı yük etkisi, - titreşim etkisi altında kalması durumunda kullanım yeterliliğinin kontrolü	a, c	- Kama tipi bağlantı - Birleştirme elemanları
6	Darbe yükü etkilerinin kontrolü	a, c	- Tabliye bileşenleri ve bu bileşenlerin mesnetleri - Yan koruma bileşenleri ve bu bileşenlerin mesnetleri
s, sistem konfigürasyonu, a, konfigürasyon, c, bileşen, e, eleman			

5 Yükleme deneyleri için genel gerekler

Yük/yükler ve ilgili yer değiştirmeler veya dönmeler, şekil değiştirme eğrilerini tam olarak belirleyebilmek için, yükleme ve boşaltma sırasında yeterli sayıda yükleme ve boşaltma kademesi ile kaydedilmelidir. Yük-yükleme doğrultusundaki şekil değiştirme eğrisi, deney esnasında otomatik çizici ile alınmalıdır. Deneyler, tercihan deformasyon kontrollü olarak gerçekleştirilmelidir. Yükleme hızı, plâstik şekil değiştirmelerin tamamen gelişimine izin verecek kadar yavaş olmalıdır.

Statik yüklemelerde yükleme hızı, deneye tâbi tutulan bileşen veya konfigürasyonun davranışına göre ayarlanmalı ancak dakikada, tahmin edilen en büyük yükün % 25'inden daha fazla olmamalıdır. Benzer şekilde yük kademelerinin büyüklüğü deneye tâbi tutulan bileşen veya konfigürasyonun davranışına göre ayarlanmalı ancak her bir kademe en büyük yükün % 10'unu aşmamalıdır. Yük, Çizelge 1'de belirtilen yüklemelere ait sınır yükleme hızlarına bağlı olarak kesintisiz şekilde uygulanabilir. Çevrimli yükleme için Madde 7.2 uygulanmalıdır.

6 Malzemelerin deneye tâbi tutulması**6.1 Genel**

Deneye tâbi tutulan bileşenlerin veya elemanların gerçek mekanik özelliklerini tayin etmek amacıyla malzeme deneyleri yapılmalıdır.

Aşağıdaki amaçlarla, malzemelerin deneye tâbi tutulması gerekli olabilir:

- Kullanılan malzemelerin imalâtçı tarafından verilen şartnamelere uygun olup olmadığını kontrol etmek,
- Deney sonuçlarını değerlendirmek için parametreler tayin etmek.

Metalik malzemelerde normal olarak aşağıdaki parametreler belirlenmelidir (Madde 6.3.1):

- Akma gerilmesi veya belirli bir kalıcı şekil değiştirmeye karşılık gelen akma gerilmesi,
- Çekme dayanımı,
- Uzama.

Normal şartlarda ahşap esaslı malzemeler için belirlenecek parametreler aşağıda verilmiştir:

- Eğilme dayanımı,
- Yoğunluk,
- Rutubet içeriği.

6.2 Numune alma

Numuneler, ilgili özellikler bakımından temsil edici olmalı ve mümkün olduğunca deneye tâbi tutulacak elemanlardan kesilerek alınmalıdır.

Benzer elemanların malzeme özelliklerinde önemli değişimlerin olması durumunda, numuneler deneye tâbi tutulacak elemanların her birinden ayrı ayrı alınmalıdır.

Konfigürasyonlar veya bileşenler deneye tâbi tutulurken, numuneler göçmeye neden olabilecek veya göçmeye katkıda bulunabilecek malzemelerin hepsinden alınmalıdır.

Not 1 - Malzeme özelliklerindeki farklılıklar nedeniyle, bir dizi konfigürasyon deneyi sonucunda herhangi bir elemanın yetersizliği görülebileceği gibi, başka bir partiden alınan elemanlar üzerinde yapılan konfigürasyon deneylerinde ise diğer bir elemanın yetersizliği görülebilir.

Deneye tâbi tutulmuş elemanlardan numune alınırken, numuneler, önceki deneylerin malzeme deney sonuçları üzerine etkisinin olmayacağı kısımlardan kesilerek alınmalıdır. Bu şekilde;

- Numune, plâstik şekil değiştirmelere maruz kalmamış ve deney esnasındaki sürekli elâstik şekil değiştirmeler düşük kalmış,
- Numune ısıdan etkilenmemiş bir bölgeden kesilerek alınmıştır.

Deneye tâbi tutulmamış elemanlardan numune alınırken, alınacak numunelerin, daha önceden üzerinde deney yapılmış numuneler ile aynı partiden alınmış ve aynı tipte olması sağlanmalıdır.

Malzeme özelliklerinin en kesit dâhilinde önemli değişiklikler göstermesi durumunda, tam en kesitli numune alınması tavsiye edilir.

Not 2 - Soğuk şekillendirilmiş kısımlarda veya ekstrüde malzemelerde, malzeme özellikleri en kesit dâhilinde değişiklik gösterebilir.

Deneye tâbi tutulmamış her konfigürasyondan veya her bileşenden numune alınırken, yapılması gereken en az deney sayısı aşağıda verilmiştir:

- Metalik malzemelerde : Her bir malzemedan 3 adet,
- Ahşap esaslı malzemelerde: Her bir sınıftan 5 adet.

6.3 Deney yöntemleri

6.3.1 Metalik malzemeler

Mekanik özelliklerin tayin edilmesi için, çekme deneyleri EN 10002-1'e uygun olarak yapılmalıdır.

Numunelerin standardda belirtilen ölçülerde alınamadığı veya tam kesitin deneye tâbi tutulması durumlarında, numune uzunluğu en büyük en kesit ölçüsünün 3 ilâ 5 katı olmalıdır.

Not - Bu gerek, uç kısımların deney sonucu üzerindeki etkisini azaltır.

Çekme deneylerinin yapılmasının mümkün olmadığı durumlarda (dökme demirden yapılan küçük elemanlar örneğinde olduğu gibi), sertlik deneyleri, tercihan EN ISO 6506-1'e veya EN ISO 6507-1'e uygun olarak yapılmalıdır.

Tam kesitte numunelerin deneye tâbi tutulmasına ilâveten, ENV 1993-1-3 Madde A.3.2'de verilen tavsiyelere uygun olarak taban sütunları (stub columns) üzerinde de deneyler yapılmalıdır.

6.3.2 Ahşap esaslı malzemeler

Mekanik özelliklerin tayini için yapılan deneyler, EN 408 veya EN 789'a uygun olmalıdır.

7 Konfigürasyon ve bileşenlerin deneye tâbi tutulması

7.1 Genel

Kamalar veya civata kullanılarak yapılan bağlantılar, herhangi bir deneyden önce üç kez sökülüp takılmalıdır.

7.2 Yük taşıma kapasitesi, rijitlik ve gevşeme tayini için deneyler

7.2.1 Genel

Çevrimli yükleme, göçme oluşturacak yük uygulanmadan önce aşağıda verilen durumlar için yapılmalıdır:

- Tam çevrimli yükleme (C_{full}), karakteristik taşıyıcı sistem davranışını ölçmek için tersinir gerilmelere maruz kalması tasarlanan konfigürasyonlar ve bileşenler için yapılmalıdır (Madde 7.2.2.1).
- Sınırlı çevrimli yükleme (C_{lim}) a maddesinde verilen şartın uygulanmasının gerekli olmadığı durumlarda, gevşeme gösterebilecek konfigürasyon ve bileşenler için yapılmalıdır.

7.2.2 Çevrimli yükleme

7.2.2.1 Tam çevrimli yükleme (C_{full}) deneyleri, aşağıda verilen yük aralığında yapılmalıdır.

$$+1,0 \times \frac{R_k^+}{\gamma_M \times \gamma_F}; -1,0 \times \frac{R_k^-}{\gamma_M \times \gamma_F}$$

Burada;

R_k^+ Pozitif yük doğrultusundaki karakteristik direnç değeri,

R_k^- Negatif yük doğrultusundaki karakteristik direnç değeri,

γ_M Direnç için kısmî güvenlik katsayısı,

γ_F Etki için kısmî güvenlik katsayısı

dir.

Yukarıda belirtilen yük aralığında en az üç çevrim yapılmalıdır. Bu yüklemenin tamamlanmasını takiben, yük, sıfır seviyesine doğru bazı geri boşaltmalar yapılarak, göçme durumuna erişilinceye kadar, tek yük doğrultusunda artırılmalıdır.

Karakteristik direnç değerlerinin (R_k), deneylerin başlangıcında bilinmediği durumlarda, örneğin, pilot deneylerden tahmin edilen değerler kabul edilebilir.

Belirlenen her bir parametre için en az 5 eşdeğer deney yapılmalıdır.

Etkileşim davranışının tayin edilmesi için, tek başına yük (veya moment) veya yük kombinasyonları ile deney yapılabilir.

7.2.2.2 Sınırlı çevrimli yükleme (C_{lim}) için, aşağıda verilen yük aralığında başlangıçta üç çevrim yapılmalıdır.

$$+0,1 \times \frac{R_k^+}{\gamma_M \times \gamma_F}; -0,1 \times \frac{R_k^-}{\gamma_M \times \gamma_F}$$

Daha sonra yük, bazı yük boşaltmaları yapılarak göçme durumuna erişilinceye kadar artırılmalıdır. Belirlenen her parametre için en az 5 deney yapılmalıdır.

7.3 Tekrarlı yükleme

Tekrarlı yükleme deneyleri, yük tekrarı ile karşılaşılma olasılığının yüksek olduğu ve yükün esasen tek doğrultuda etkidiği durumlardaki konfigürasyonlar ve bileşenler için gereklidir.

Tekrarlı yükleme deneyinin amacı, bileşenin ve konfigürasyonun hizmet verebilme yeterliliğinin, numunenin tekrarlı bir şekilde temsil edici sayıda yüklenip boşaltılması suretiyle, olumsuz etkilenip etkilenmediğinin kontrol edilmesidir.

Tekrarlı yükleme deneyleri için yük uygulama sayısı, öngörülen kullanım ömrü ve beklenen kullanım sıklığı dikkate alınarak makul şekilde tayin edilmelidir.

Örneğin, merdiven basamakları için, yük uygulama sayısı 300 000 olabilir.

Yük şiddeti, hizmet yüküne veya hizmet yükü ile aynı etkileri oluşturan bir yüke eşit olmalıdır.

Not - Normal şartlarda, bu tip deneyler geçici iş donanımları için gerekli değildir.

7.4 Titreşim deneyleri

Titreşim deneyleri, kamalı bağlantı tertibatları içeren konfigürasyonlar örneğinde olduğu gibi, sıklıkla tersinir yüklere maruz kaldığında gevşemeye uğrayabilecek konfigürasyonlar üzerinde yapılır.

Normal olarak bu deneyler;

- Aşağıda verilen sabit yük şiddetinde:

$$\pm 0,1 \times \frac{R_k}{\gamma_M \times \gamma_F}$$

Burada;

R_k Karakteristik direnç değeri,

γ_M Direnç için kısmî güvenlik katsayısı,

γ_F Etki için kısmî güvenlik katsayısı

dır.

- Saniyede 5 çevrimlik bir frekansta,
- En az 3000 çevrimlik bir deney süresi boyunca uygulanmalıdır.

Birbirine eşdeğer en az 3 deney yapılmalıdır.

Her titreşim deneyinden sonra, bileşenler ve bağlantı tertibatı kısımlarının konumu kontrol edilmelidir. Herhangi bir bileşen veya kısmın (kama gibi) hareketine izin verilmez.

7.5 Darbe deneyleri

Darbe deneylerinin temel amaçları aşağıda verildiği gibidir:

- a) Normal çalışma ömründe böyle yüklemelere maruz kalması beklenebilen konfigürasyonlar ve/veya bileşenlerin yük taşıma kapasitesinin tayin edilmesi. Örnek: Düşen bir kütleyi yakalamak için tasarılan yan koruma bileşenleri ve bunların mesnetleri. Deney için belirtilen dinamik etki büyüklüğü, hareket eden kütlenin darbe noktasına çarptığı andaki kinetik enerjisi ile ölçülmeli ve bu enerji hizmet verme durumunda bileşen veya konfigürasyonun karşılaşılabileceği gerçek darbe enerjisine eşit olmalıdır.
- b) Dinamik etkiler vasıtasıyla statik yüklerin artışının tayini. Örnek: Hareket eden insanların etkisiyle yüklenebilecek tabliye bileşenleri ve bunların mesnetleri.
- c) Konfigürasyon ve bileşenin taşıyıcılık bakımından yetersizliğinin tespiti. Örnek: Tabliye bileşenleri ve bunların mesnetleri.

Ayrıntılar ilgili standartlardan temin edilmelidir.

8 Sistem konfigürasyonlarının deneye tâbi tutulması

Genelde sistem konfigürasyonları için yapılan gerçek boyutlu (tam ölçekli) deneyler, sadece tasarımcı tarafından seçilen modelin analizinde yapılan kabullerin emniyetli tarafta kaldığının teyidi için doğrulama amaçlı olarak yapılmalıdır.

Sistem konfigürasyonu ve seçilen yükleme temsil edici olmalıdır. Ana bileşenler ve bağlantı tertibatları deney esnasında aktif hale getirilmelidir.

Sadece uygulanan kuvvetler ve bazı önemli yer değiştirmelerin kaydedilmesi gereklidir.

Sonuçların istatistikî değerlendirmeye tâbi tutulması gerekmez.

İkinci dereceden teorik (pure) analizler yapılması durumunda, deneylerle tayin edilen yük-yer değiştirme eğrileri, hesaplama ile tayin edilen yük-yer değiştirme eğrileri ile karşılaştırılmalıdır. Hesaplama bulunan eğriler, göçme durumuna erişilinceye kadar emniyetli tarafta kalmalıdır.

Şekil değiştirmelerin denge durumu üzerindeki etkisi, birinci dereceden analizleri izleyen modifiye bir hesaplama ile dikkate alınıyorsa, deney, göçme yükü ve öz-fonksiyon vasıtasıyla ideal burkulma yükünün tahmin edilmesi için bir temel teşkil etmelidir. Temel yüklerin sadece eksenel olarak etkilediği durumlarda, dengeyi bozucu ilâve küçük yatay yükler, en küçük burkulma yüküne karşılık gelen öz(eigen)-fonksiyonu ortaya çıkaracak şekilde uygulanabilir.

9 Deney sonuçlarının belgelendirilmesi

9.1 Genel

Deneye tâbi tutulan bileşenlerin detayları, deney düzeneği, deney programı ve işlemi, deney sonuçları ile birlikte tam olarak belgelendirilmelidir. Belge metni;

- Görünüş çizimleri,
- Resimler,
- Eğri çizimleri,
- Çizelgeler

ile desteklenmelidir.

9.2 Deney raporu²⁾

Deney raporu aşağıda verilenleri içermelidir:

- Kapak sayfası,
- İçindekiler,
- Deney öncesi belirtilmesi gerekli hususlar,
- Deneye tâbi tutulan elemanlar,
- Deney programı,
- Deney düzeneği ve işlemleri,
- Sonuçlar,
- Özet,
- Bu standarda atıf (TS EN 12811-3 şeklinde),
- Eklerin listesi,
- Ekler.

9.3 Rapor içeriğine ait ayrıntılı talimatlar

9.3.1 Kapak sayfası

Kapak sayfası en az aşağıdaki bilgileri içermelidir:

- Deney l boratuvarının adı ve tanıtımı,
- Raporların başlığı ve tanıtım numarası,
- Rapor tarihi,
- Sayfa ve ek sayısı,
- Deneye tâbi tutulan elemanların belirtilmesi
- Müşterinin adı ve adresi.

Rapor içerisinde herhangi bir yerde yazılı şekilde belirtilmemiş diğ r bilgiler aşağıda verilenleri kapsayabilir:

- L boratuvarın adresi, telefon ve faks numarası ve e-posta adresi,
- Deneyden sorumlu olan kısmın veya bölümün adı.

9.3.2 Deney öncesi belirtilmesi gerekli hususlar

Aşağıdaki bilgiler verilmelidir:

- Deneylerin tarihi,
- Deneylerin yapılma nedeni ve deneyler için esas alınan kaynak (onay işlemi, EN numarası gibi),
- Mevcut veya gerekli olması durumunda deney programına, belgelendirme kuruluşunun onay verme tarihi.

9.3.3 Deneye tâbi tutulan elemanlar

Deneye tâbi tutulan elemanlar, çizimler veya diğ r yöntemler kullanılarak belgelenmelidir. Şekiller, boyutlar, malzemeler ve korozyon koruma sisteminin yapısı açık bir şekilde tarif edilmelidir. İmalât işlemi beyan edilmelidir (dövme, zımbalama, dökme, soğuk şekillendirme gibi).

Numune alımına ilişkin bilgiler, bileşenlerin deney l boratuvarı tarafından seçilip seçilmediği veya imal t  tarafından gönderilip gönderilmediği, yeni veya kullanılmış olup olmadığı belirtilerek verilmelidir.

²⁾ **TSE Notu –** Deney raporu, burada istenilen bilgilere ilâveten, TS EN ISO/IEC 17025'te verilen bilgileri de ihtiva edecek şekilde düzenlenebilir.

İlgili malzemelerin temel boyutları ve mekanik özellikleri ölçülmeli ve çizelge hâlinde verilmelidir. Önemli sapmalar belirtilmelidir. Malzemelerin kimyasal özellikleri sadece gerektiğinde kontrol edilmelidir.

9.3.4 Deney programı

Deney programı oluşturulmalıdır. Her deney tipi için aşağıdaki hususlar beyan edilmelidir:

- Amaçlar (rijitlik, yük taşıma kapasitesi gibi),
- Deneylerin sayısı,
- Gerektiğinde yüklemeye ait taslak çizimler ile birlikte yükleme tipi ve parametreleri,
- Kısa bir tarif.

9.3.5 Deney düzeneği ve işlemi

Deney düzeneği, bütün ayrıntıları ile eksiksiz şekilde verilmeli, çizimler ve uygun olması hâlinde resimlerle belgelenmelidir. Deneye tâbi tutulan elemanların sınır koşulları açık bir şekilde tarif edilmelidir. Mesnetlerdeki de dâhil olmak üzere yükler ve ölçme aletlerinin konumları, toleransları ile birlikte hassas ölçülerle gösterilmelidir.

Yükleme ve ölçme için kullanılan donanımın tipi ve doğruluğu belirtilmelidir. Yükleme tipinin deformasyon veya kuvvet kontrollü olup olmadığı belirtilmelidir. Yükleme hızı, boşaltmalar ve hızteriz ilmiği gibi karakteristikler belgelenmelidir.

9.3.6 Sonuçlar

Her deneye ait sonuçlar, bütün yük kademeleri (kuvvet, moment gibi) ve bunlara karşılık gelen şekil değiştirmeler (yer değiştirmeler, açılar gibi) basılı veya elektronik ortamda sayısal olarak verilmelidir. Temel yük-şekil değiştirme eğrileri de grafik olarak verilmelidir. Her deney tipi için, kırılmış veya plâstik şekil değiştirmeye uğramış bileşenlerin resimleri verilmelidir. Göçmeye neden olan bileşen kısımları ve göçme nedenleri belirtilmelidir. Olağan olmayan deney sonuçları hakkında açıklayıcı yorumlar yapılmalıdır.

10 Metalik konfigürasyonlar ve bileşenlerin yük taşıma kapasitesi ve rijitliğinin değerlendirilmesi

10.1 Genel

Madde 10, modüler düğüm noktaları veya tabliye bileşenleri ile enine ara bağlantılar arasındaki bağlantı tertibatları gibi tertibatları da içeren bütün metalik bileşenler için kullanılmalıdır.

Bu tip deneylerden elde edilen sonuçlar, aşağıda verilenlerin tayini için değerlendirilmelidir:

- Karakteristik direnç değeri,
- Rijitlik,
- Gevşeme,
- Kısmî güvenlik katsayısı γ_{R2} .

Çizelge 2 karakteristik direnç değerinin tayin edilmesi için izlenecek aşamaları gösterir. Ek A'da, Çizelge 2'de verilen 1.1 ilâ 2.2 aşamalarına ait işlemleri bir örnekle gösterilmiştir.

10.2 Yaklaşım fonksiyonları

Tercihan, yükleme ve boşaltma safhalarının her ikisi için de deneylerle belirlenen kuvvet-yer değiştirme davranışı veya moment-dönme davranışı, en küçük kareler yöntemi kullanılarak bulunan uygun bir yaklaşım fonksiyonu ile temsil edilebilir. Bir yaklaşım fonksiyonu, korelasyon katsayısı $R^2 \geq 0,95$ olması durumunda kabul edilebilir. Tüm eğri için tek bir fonksiyonla bu şartın sağlanmasının mümkün olmaması durumunda, birden fazla yaklaşım fonksiyonu kullanılabilir.

Şekil 1'de gösterildiği gibi bir eğri elde etmek amacıyla, Madde 10.10 'a uygun olarak tayin edilen gevşemeyi modellemek için sıfır noktası civarında yatay düz bir doğru kabulü yapılabilir.

Not 1 - Pozitif ve negatif yükleme doğrultularındaki asimetric bir davranış, birden fazla yaklaşım fonksiyonunun kullanılmasını gerektirebilir.

Not 2 - Yaklaşım fonksiyonu ve korelasyon katsayısı, hesapların satır ve sütunlarda gösterildiği çalışma tablosunu veren bilgisayar programları ile tayin edilebilir.

Not 3 - Yaklaşım fonksiyonu olarak polinomların kullanılması durumunda, ölçme değerlerine ait noktalar arasındaki boşluklardaki olası dalgalanmaya dikkat edilmelidir. Ölçme değerlerine ait noktaların düzgün dağılmış olmasına çalışılmalıdır.

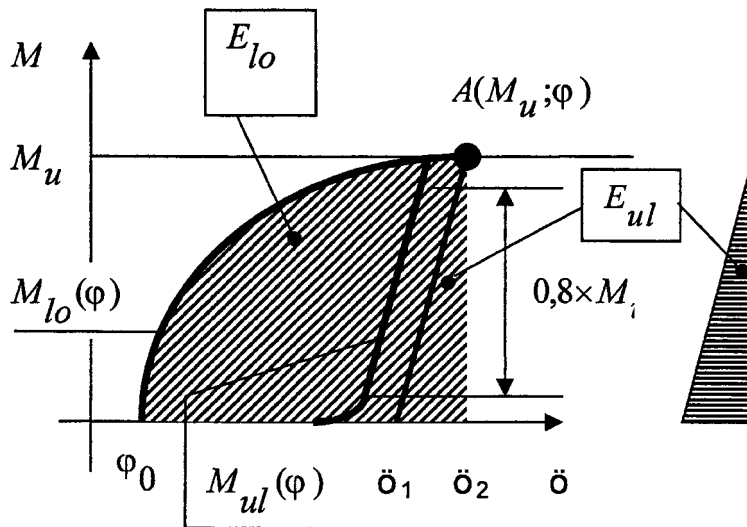
Çizelge 2 - Karakteristik anma direnç değeri, $R_{k,anma}$ 'nın tayini aşamaları

Aşama No	Faaliyetin aşaması (n, deney sonucu adedidir)	Madde No
1.1	- Yaklaşım fonksiyonlarının tayini	10.2
1.2	- Enerji sönümlenmesini temsil eden n adet q_e oranı tayini	10.3
1.3	- Nihai $r_{u,i}^a$ değerlerinin tayini	10.4
1.4	- Ortalama \bar{q}_e değerinin tayini	10.5
1.5	- \bar{q}_e 'nin fonksiyonu olarak kısmî güvenlik katsayısı γ_{R2} 'nin tayini	10.6
1.6	- Enkesit boyut ölçülerindeki sapmaya bağlı olarak her bir nihai göçme değeri $r_{u,i}^a$ 'nin $r_{u,i}^b$ 'ye uyarlanması	10.6
2.1	- Malzeme göçmesi durumunda malzeme özelliklerine bağlı olarak her bir göçme değeri $r_{u,i}^b$ 'nin $r_{u,i}^c$ 'ye uyarlanması	10.7
2.2	- Duraylılık göçmesi durumunda malzeme özelliklerine bağlı olarak her bir göçme değeri $r_{u,i}^b$ 'nin $r_{u,i}^c$ 'ye uyarlanması	10.7
3.1	Temel karakteristik direnç değeri $R_{k,b}$ 'nin istatistikî olarak tayini	10.8
3.2	Karakteristik anma direnç değeri $R_{k,anma}$ 'nin tayini	10.9

Kural olarak, boşaltma eğrileri için sadece etkinin % 10'u ile % 90'ı arasındaki deney değerlerinin hesaba katılması gerekir. % 10'un altında ve % 90'ın üzerinde kalan kısımlar için eğimi yaklaşım fonksiyonunun eğimine eşit olan düz doğrular kullanılabilir. Yaklaşım fonksiyonunun bu doğrulardan önemli bir sapma göstermemesi hâlinde, boşaltma eğrileri için yaklaşım fonksiyonu da alınabilir.

Not 4 - Çoğu durumda, boşaltma eğrisi için, düz bir doğrunun yaklaşım fonksiyonu olarak alınması uygundur.

Ek A'da bir örnek gösterilmiştir.



Şekil 1 - Bir M-φ eğrisi için enerji sönümlenmesine örnek

10.3 Enerji sönümlenmesi

Sonraki değerlendirme için, q_e katsayısı Eşitlik (1)'den hesaplanmalıdır.

$$q_e = \frac{E_{lo}}{E_{ul}} \quad (1)$$

Burada;

E_{lo} Yükleme sırasında ortaya çıkan enerji, Şekil 1'deki örnek için Eşitlik (2) 'ye uygun olmalıdır.

$$E_{lo} = \int_{\varphi_0}^{\varphi_2} M_{lo}(\varphi) d\varphi \quad (2)$$

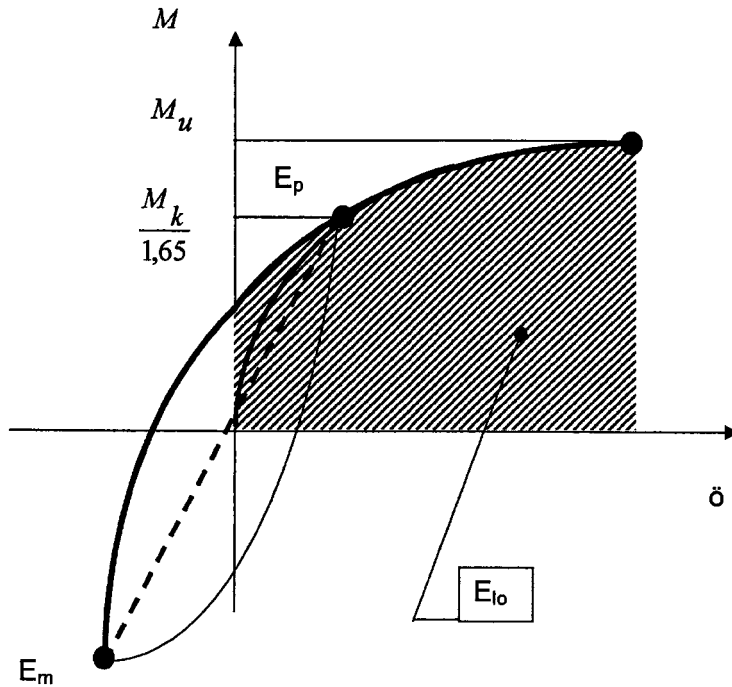
$$E_{ul} = \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} M_{ul}(\varphi) d\varphi \quad (3)$$

E_{ul} Boşaltma sırasında yeniden kazanılabilen enerji dir. Şekil 1'deki örnek için Eşitlik (3)'e uygun olmalıdır.

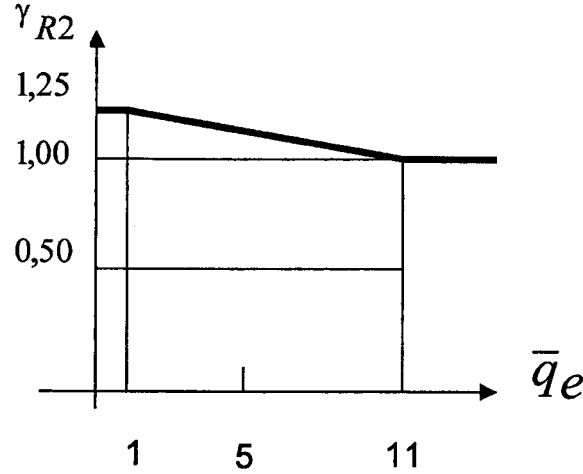
Şekil 1'deki boşaltma eğrisi $M_{ul}(\varphi)$ 'nin, A noktasında tayin edilemediği durumlarda, göçme durumuna erişmeden önceki son boşaltma eğrisi alınır ve paralel olarak kaydırılır.

Deney sonuçlarının Şekil 2'de verilen eğrideki gibi olması durumunda, E_{lo} taralı kısmın alanı olarak hesaplanır. Histeriz ilmiği için zarf eğrisinin ilk yükleme eğrisi olarak değil, yükleme eğrisi olarak alınmasına dikkat edilmelidir.

Grafik yöntemler de kabul edilebilir bir alternatiftir.



Şekil 2 - Histeriz ilmiğinin değişik bir biçimi için, E_{lo} tayinine bir örnek



Şekil 3 - q_e oranının bir fonksiyonu olarak γ_{R2} kısmi güvenlik katsayısının değişimi

10.4 Nihai direnç değeri $r_{u,i}^a$

i 'nci deneyin nihai direnç değeri $r_{u,i}^a$, $q_e = 11$ için, her ne olursa olsun, kuvvet-yer değiştirme eğrisi ve moment- dönme eğrisinin veya kuvvet ve momentin ilk en büyük değeri olarak alınmalıdır. Normal olarak işlevini sürtünme yoluyla gerçekleştiren bağlantı tertibatları için kayma sürtünmesi, kayma oluşması durumunda nihai değer olarak alınmalıdır. Bu nihai değer, ilk en büyük değerden daha küçük olabilir.

10.5 Sünekliliğe bağlı γ_{R2} kısmi güvenlik katsayısı

γ_{R2} kısmi güvenlik katsayısı, Şekil 3'te grafik olarak gösterilen ve Eşitlik (5)'e uygun olarak hesaplanan q_e oranına bağlı olarak tayin edilmelidir. q_e , eşdeğer deney serileri kullanılarak tayin edilen q_e oranlarının aritmetik ortalamasıdır. (Eşitlik 4)

$$\bar{q}_e = \frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^{i=n} q_e(i) \quad (4)$$

$$1,25 \geq \gamma_{R2} = -0,025 \times \bar{q}_e + 1,275 \geq 1,00 \quad (5)$$

10.6 En kesit boyut ölçülerindeki sapmalara bağlı olarak nihai değer $r_{u,i}^a$ 'nın $r_{u,i}^b$ 'ye uyarlanması

Göçme değerleri $r_{u,i}^a$, gerçek en kesit boyut ölçülerinin, anma değerlerinden değişiklikler göstermesi dikkate alınarak $r_{u,i}^b$ değerine uyarlanmalıdır.

Göçme değerlerinde bir artışın yapılamadığı durumlarda, kontrol edici en kesit parametrelerinden (alan, eğilme direnci, eylemsizlik momenti) sapmalara bağlı olarak, anma değerlerinden azaltma yapılmalıdır.

Boyuna yönlendirilmiş aksenal basınç yüküne maruz bileşenlerde (düşey ve yatay elemanlar) yapılacak direnç azaltmaları aşağıdaki verilere uygun olmalıdır:

Kontrol edici parametredeki sapma	Etki
$d \leq 0,01$	Azaltma gerekmez
$0,01 < d \leq 0,1$	Doğrusal azaltma
$0,10 < d$	Yeni bileşenlerle deney yapılması gerekli

Diğer bileşenler için, en kesitlere ait ilgili boyut ölçülerinin verilen tolerans sınırları içerisinde kalması durumunda azaltma gerekmez. Boyut ölçülerinin verilen toleranslar dışında kalması durumunda, yeni bileşenlerle deneyler yapılmalıdır.

10.7 Malzeme özelliklerine bağlı olarak nihai değeri $r_{u,i}^b$ 'nin $r_{u,i}^c$ 'ye uyarlanması

Göçme değerleri $r_{u,i}^b$, malzeme özelliklerinin gerçek değerinin garanti edilen değere oranına bağlı olarak $r_{u,i}^c$ değerine uyarlanmalıdır.

Göçme değerlerindeki uyarlamalar, Çizelge 3'e uygun şekilde alınan ζ_a değerleri kullanılarak, Eşitlik (6)'ya göre hesaplanmalıdır.

$$r_{u,i}^c = \frac{r_{u,i}^b}{\zeta_a} \quad (6)$$

$$\zeta_a = \zeta_y \quad (\text{Eğer } 0 \leq \bar{\lambda} \leq 0,2 \text{ ise}) \quad (7)$$

$$\zeta_a = \zeta_y - (\zeta_y - 1) \times \frac{\bar{\lambda} - 0,2}{d_M} \quad (\text{Eğer } 0,2 < \bar{\lambda} \leq (d_M + 0,2) \text{ ise}) \quad (8)$$

$$\zeta_y = \frac{f_{y,a}}{f_{y,k}} \quad (9)$$

Burada;

d_M Çelikten yapılmış bileşenler için =1,3,

d_M Alüminyumdan yapılmış bileşenler için =1,5,

d_M Dökme malzemeden yapılmış bileşenler için =1,7

dir.

İlgili narinlik değeri $\bar{\lambda}$, Eşitlik (10) ile hesaplanmalıdır.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{N_{pl}}{N_{ci}}} \quad (10)$$

N_{pl} Tamamen plâstik hâldeki normal kuvvet $N_{pl} = A_{nom} \times f_{y,k}$ formülü ile hesaplanır.

Burada,

A_{nom} En kesit alanı,

$f_{y,k}$ Karakteristik akma gerilmesi değeri,

$f_{y,a}$ Gerçek akma gerilmesi değeri,

N_{ci} Elâstik burkulma yükü

dür.

N_{ci} İlgili burkulma durumu için, elâstisite teorisine uygun olarak tayin edilmelidir.

Not - N_{ci} , örneğin her iki ucu mafsallı ve sabit bir en kesite sahip bir kolon için, Eşitlik (11) ile hesaplanmalıdır.

$$N_{ci} = \frac{\pi^2 \times (E * I)_k}{l^2} \quad (11)$$

Burada;

$(E * I)_k$ Karakteristik en kesit rijitlik değeri,

l Kolon uzunluğu

dur.

Çizelge 3 - Göçme şekline bağlı olarak deney sonuçlarının uyarlanması

No	Göçme şekli	Uyarlama katsayısı
1	Burkulma ^{a)}	Eşitlik (7) ve Eşitlik(8)'e uygun olarak ξ_a
2	Kırılma ^{b)}	$\xi_a = \xi_y$
3	Göçme	
4	Göçme olmaksızın büyük şekil değiştirme ^{b)}	
5	İşlevini sürtünme ile gerçekleştiren bağlantı tertibatının kayması	Azaltma yok

^{a)} Basınç ve eğilme etkisi altındaki bileşenler için küçük yük artımları ile şekil değiştirmelerin hızla geliştiği yerlerde duraylılık göçmesi oluşur.
^{b)} Farklı malzemelerden yapılmış çok çeşitli elemanların da göçmeye maruz kalması ihtimali varsa, en gayri müsaite azaltma katsayısı hesaba katılmalıdır.

Çekme dayanımının sertlik deneyleri ile tayin edilmesi durumunda, $f_{y,a}$ Eşitlik (12) ile tayin edilmelidir.

$$f_{y,a} = f_{y,k} \times \frac{f_{u,a}}{f_{u,k}} \quad (12)$$

Burada;

$f_{u,k}$ Karakteristik çekme dayanımı değeri,
 $f_{u,a}$ Çekme dayanımının gerçek değeri
 dir.

$f_{y,k} = R_{eH}$ veya $f_{y,k} = R_{e0,2}$ ve $f_{u,k} = R_m$ ve $\varepsilon_{u,k}$ değerleri ilgili standartlardan alınmalıdır. İlgili standartlar malzemenin uzama değerleri için bir aralık tanımladığında, $\varepsilon_{u,k}$ için en küçük değer alınmalıdır.

Daha küçük boyutlarda üretilmiş elemanların malzeme özelliklerinin tayininin zor olduğu durumlarda, orijinal özelliklerin imalât işlemleri sırasında değiştiği durumda veya dökme metalden yapılmış elemanlarda yapılacak uyarlama, imalâtçı tarafından garanti edilen değerlerle sınırlandırılabilir. Bu durumda imalâtçı, ilgili bileşenin direncinin, üretim sırasında garanti edilmiş değerlerden daha düşük olmamasını sağlamalıdır.

Bir alüminyum alaşımının ısıdan etkilenmiş bölgesinin göçmeye katkısının olabileceği durumlarda, azaltma katsayısı ısıdan etkilenmeyen malzemeye ait parametreler kullanılarak değerlendirilmelidir.

Konfigürasyonun kritik elemanlarındaki akma gerilmesi ile dikkate alınan parametrelerin nihaî değeri arasındaki ilişki, deneylerle belirlendiğinde, nihaî değerler üzerinde yapılacak azaltma enterpolasyon işlemi ile yapılabilir.

10.8 Temel karakteristik direnç değeri $R_{k,b}$ 'nin istatistikî olarak tayini

Uyarlanmış nihaî değerler $r_{u,i}^c$, temel karakteristik direnç değeri $R_{k,b}$ 'nin tayini için istatistikî olarak değerlendirilmelidir. Burada $R_{k,b}$ % 75 güven seviyesinde % 5'e tekabül eden (quantile) olarak tanımlanır. k_{sk} değerleri, Çizelge 4'te verilmiştir. Normal koşullarda, logaritmik normal dağılım kabulü yapılabilir. Bu işlem, Ek B'de bir örnekle gösterilmiştir.

10.9 $R_{k,anma}$ anma karakteristik direnç değerinin tayini

Anma karakteristik direnç değeri, $R_{k,anma}$, temel karakteristik değer $R_{k,b}$ 'den Eşitlik (13) ile hesaplanmalıdır. Kısmî güvenlik katsayısı, γ_{R2} , \bar{q}_e ye bağlı olarak, Madde 10.5 'den alınmalıdır.

$$R_{k,nom} = \frac{R_{k,b}}{\gamma_{R2}} \quad (13)$$

Çizelge 4 - k_{sk} değerleri (% 75 güven seviyesinde, % 5'e tekabül eden(quantile) değer)

n			3	4	5	6	7	8	9	10
k_{sk}			3,15	2,68	2,46	2,33	2,25	2,19	2,14	2,1
n	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
k_{sk}	2,07	2,05	2,03	2	1,99	1,98	1,96	1,95	1,94	1,93
n	21	22	23	24	25	30	35	40	45	50
k_{sk}	1,92	1,92	1,91	1,90	1,90	1,87	1,85	1,83	1,82	1,81

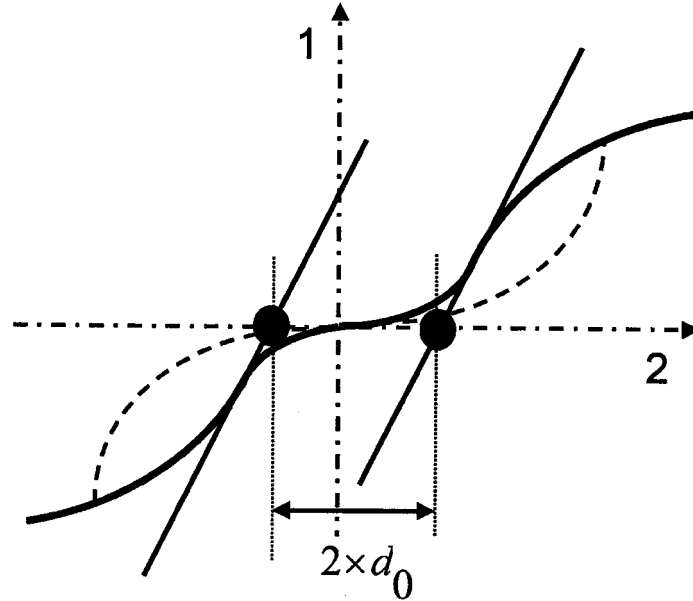
10.10 Gevşeme, rijitlik değerlendirme

Gevşeme ve rijitliğin değerlendirilmesi için, çevrimli yüklemenin üçüncü çevriminin sonuçları ile üçüncü çevrimi izleyen sonuçlar dikkate alınmalıdır.

Orijinal gevşeme, d_0 (Şekil 4) aşağıdaki gibi tayin edilmelidir:

Eğri tipinin Şekil 1'e karşılık gelmesi durumunda, orijinal gevşeme Şekil 4'te gösterildiği gibi, yük-şekil değiştirme eğrilerinin yatay ekseninde geriye doğru kaydırılarak ekstrapolasyonu ile elde edilmelidir. İki kesişme noktası arasındaki mesafe, orijinal gevşemenin iki katı olarak alınmalıdır. En az 5 deneyden elde edilen değerlerin ortalaması olan \bar{d}_0 değeri kullanılmalıdır.

Eğri türünün Şekil 2 'ye karşılık gelmesi durumunda , orijinal gevşeklik 0 alınmalıdır.

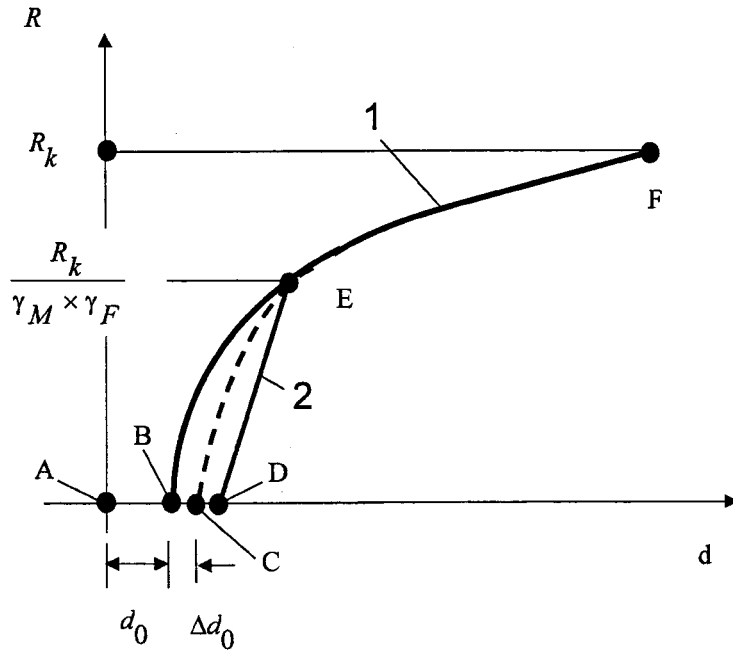
**Açıklamalar**

- 1 Şekil değiştirme
- 2 Yükleme

Şekil 4 - Orijinal gevşemenin tayini

Eğri tipinin Şekil 1'e karşılık gelmesi durumunda, aşağıda verilenleri değerlendirme için n sayıda deney serisine ait yaklaşım fonksiyonları kullanılmalıdır (Şekil 1 ve Şekil 5):

- Bütün yükleme eğrilerinin ortalama eğrisi $R_{lo,ortalama}$ (BEF),
- E noktası veya onun yakınından başlayan tüm boşaltma eğrilerinin ortalama eğrisi $R_{ul,ortalama}$ (DE).Normal şartlarda yaklaşım eğrileri kullanılabilir,
- $R_{lo,ortalama}$ ile $R_{ul,ortalama}$ arasında kalan eğri (CE).

**Açıklama**

- 1 $R_{lo,ortalama}$
 2 $R_{ul,ortalama}$
 d_0 Orijinal gevşeme
 Δd_0 İlâve gevşeme

Şekil 5 - Rijitliğin değerlendirilmesi

Eğri tipinin Şekil 2'ye karşılık gelmesi durumunda, sıfır noktası ile ortalama E_p değeri arasındaki düz doğru ve sıfır noktası ile E_m arasındaki düz doğru kullanılabilir.

Eğrilerin (CE) ve (EF) kısımları, kirişler(düz çizgiler) kullanılarak doğrusallaştırılabilir.

Sonuç olarak elde edilen rijitlik ilişkileri, statik hesaplamalar için yük-şekil değiştirme karakteristikleri olarak kullanılmalıdır.

Karakteristik rijitlik değeri, rijitlik c_i 'nin değişkenlik katsayısı olan v_x 'e bağlı olarak (Eşitlik (14)), aşağıda verilenlere uygun şekilde tayin edilmelidir.

Değişkenlik katsayısı, v_x	Karakteristik rijitlik değeri, c_k
$v_x \leq 0,10$	\bar{c}
$0,10 < v_x \leq 0,20$	$0,9 \times \bar{c}$
$0,20 < v_x \leq 0,30$	$0,8 \times \bar{c}$
$0,30 < v_x \leq 0,40$	$0,7 \times \bar{c}$
$0,40 < v_x$	Konfigürasyon tekrar tasarılmalıdır.

Her iki durumda da (Şekil 1 ve Şekil 2), C_p ve E_p (Şekil 5) arasındaki doğrusallaştırılmış kısmın pozitif yük doğrultusundaki eğimi $\overline{c_{pp}}$ ve başlangıç noktası ile E_p arasındaki doğrusallaştırılmış kısmın pozitif yük doğrultusundaki eğimi $\overline{c_{pp}}$ (Şekil 2) ile c_m ve E_m arasındaki doğrusallaştırılmış kısmın negatif yük doğrultusundaki eğimi $\overline{c_{mm}}$ (Şekil 5'e benzer şekilde) ve başlangıç noktası ile E_m arasındaki doğrusallaştırılmış kısmın negatif yük doğrultusundaki $\overline{c_{mm}}$ eğimi, (Şekil 2'ye benzer şekilde), % 10'dan daha fazla farklılık göstermedikçe pozitif ve negatif yük doğrultusunda aynı rijitlik ilişkileri kullanılabilir.

Bu bağlamda, "p" indisi pozitif, "m" indisi negatif yük doğrultusunu gösterir. Aynı şekilde, "pp" indisi ve "mm" indisi, yapılan n sayıda deneyden elde edilen ortalama değerleri ifade eder.

$$v_x = \frac{s_x}{\bar{x}} \quad (14)$$

Burada;

s_x n sayıda deney sonucunun standard sapması,
 \bar{x} n sayıda deney sonucu, $c_{p,i}$ ve $c_{m,i}$ 'nin ortalama değeri
 dir.

p harfinin pozitif yük doğrultusunu ve m harfinin ise negatif yük doğrultusunu gösterdiği yerlerde,

$$\frac{\left| \overline{c_{pp}} - \overline{c_{mm}} \right|}{\left| \overline{c_{pp}} + \overline{c_{mm}} \right|} \times 100 \leq 10 \quad (15)$$

Eşitlik (15) sağlandığında, E_p ve E_m arasındaki düz çizgi, Şekil 2'de verilen eğri tipleri için kullanılabilir.

Ortalama eğrilerin tayini için, sabit direnç çizgileri boyunca şekil değiştirmeler kullanılmalıdır. Rijitliklerin ortalamasının alınması hâlinde, ters işaretli değerler kullanılmalıdır.

Bu işlem Ek C'de bir örnekle gösterilmiştir.

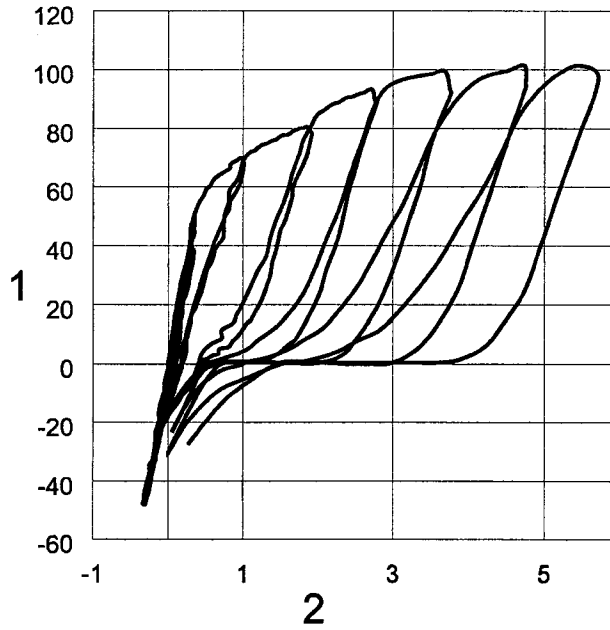
Ek A (Bilgi için)

Yaklaşım fonksiyonu, kısmî güvenlik katsayısı γ_{R2} ve enerji sönüm oranı q_e 'nin tayini için örnek

A.1 Genel

Bir modüler düğüm noktasında, düşey ile enine ara bağlantı arasındaki birleşimi sağlayan bağlantı tertibatı örnek olarak alınmıştır (Özellikle pozitif bağ momenti). Şekil A.1'de bir deneye ait moment-dönme ilişkisine ait eğri gösterilmiştir.

Çevrimli yükleme deneyleri, Madde 7.1 'e uygun olarak yapılmalıdır. Değerler;



Açıklamalar

- 1 Moment [kN.cm]
2 Dönme [°]

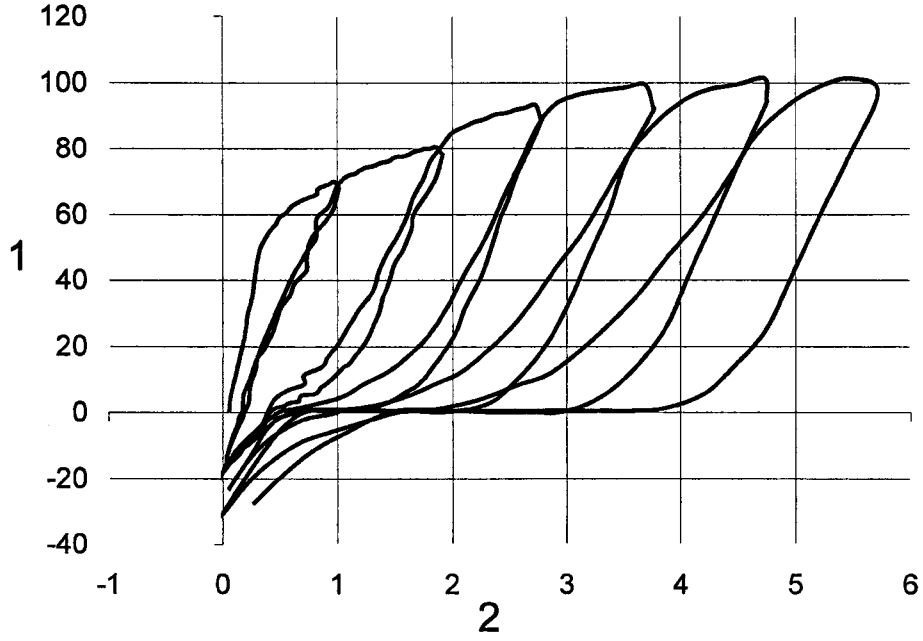
Şekil A.1 – Konfigürasyon deneyi; Düşey - enine ara bağlantı arasındaki birleşim ; moment – dönme

$\frac{R_k^+}{1,1 \times 1,5}$ ve $\frac{R_k^-}{1,1 \times 1,5}$ değerleri, ± 40 kN.cm olarak tahmin edilmiştir. Deneyde kullanılan çevrimler, Madde 7.2.2.1 'e uygun olarak ± 40 kN.cm aralığında uygulanmıştır. Bundan sonra deneyler, göçme durumuna erişinceye kadar pozitif moment doğrultusunda devam ettirilir. Toplamda 10 deney yapılmıştır.

Not - Örnekte, çevrimler ± 20 kN.cm ve ± 48 kN.cm seviyelerinin her ikisinde de yapılmıştır.

A.2 Yaklaşım fonksiyonları

Şekil A.2, Şekil A.1'de verilen moment dönme eğrisinin sadece yüklemenin üçüncü çevriminden sonraki kısmını gösterir.



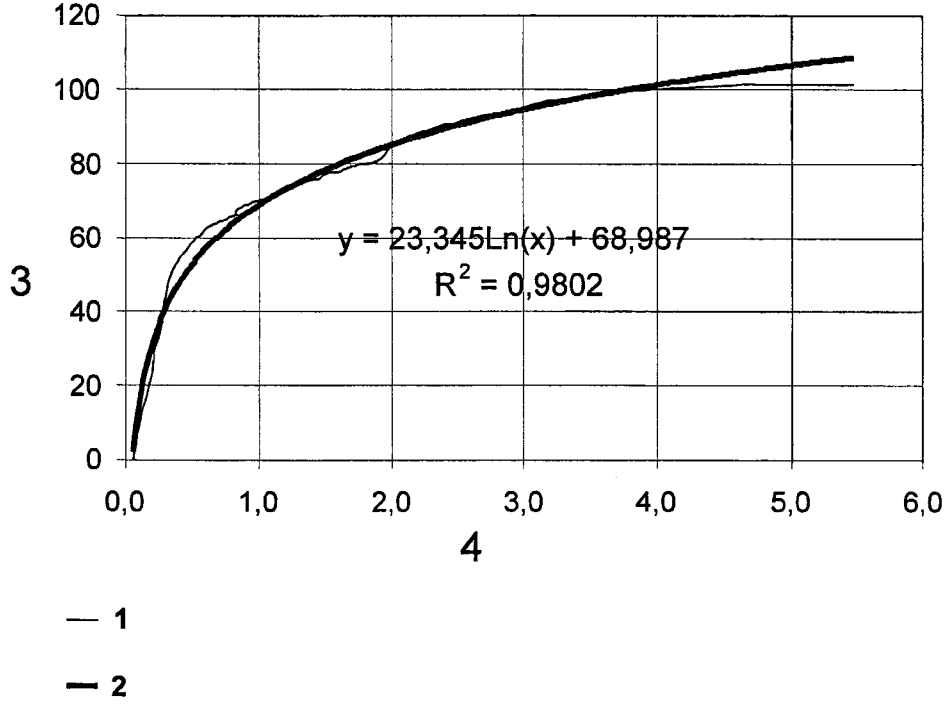
Açıklamalar

1 Moment [kN.cm]

2 Dönme [°]

Şekil A.2- Eğrinin çevrimli yük kısmının olmadığı, Şekil A.1'deki moment-dönme eğrisi

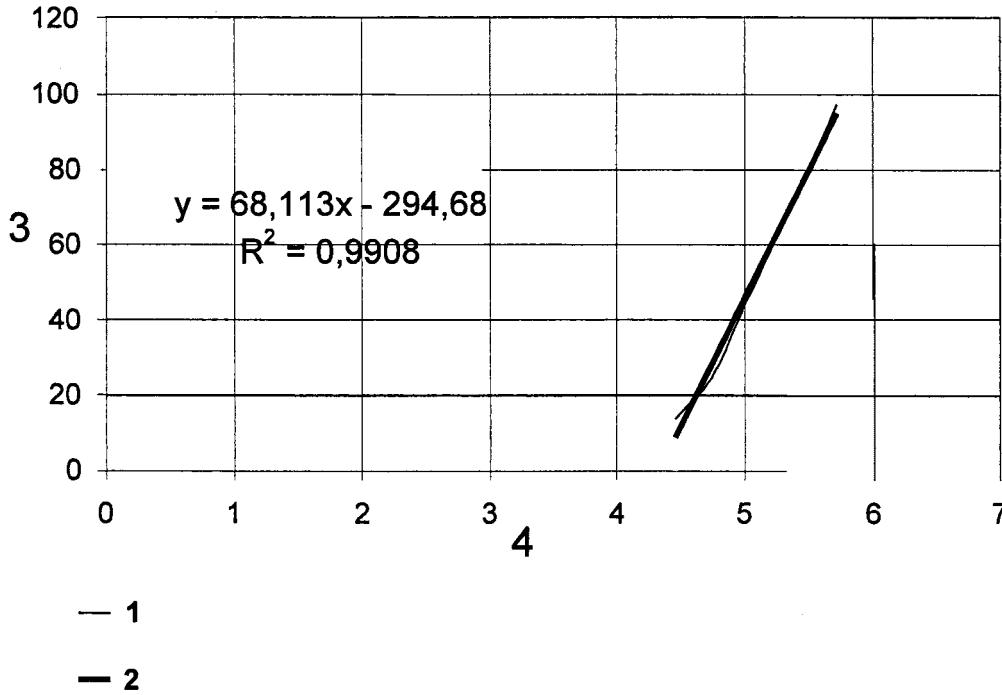
Şekil A.3, boşaltma eğrileri olmaksızın, aynı eğri ile hesapların satır ve sütunlarda gösterildiği çalışma tablosunu veren bilgisayar programları ile tayin edilen $M_{\phi} = 23,345 \times \ln \phi + 68,987$ (kalın eğri) yaklaşım fonksiyonunu gösterir. Bu durumda, \ln fonksiyonunun uygun olduğu görülür. Hesaplanan korelasyon katsayısı $R^2 = 0,9802 \geq 0,95$, Madde 10.2'de verilen gerekleri sağlar.

**Açıklama**

- 1 Deney değerleri
- 2 Logaritmik eğri
- 3 Moment [kN.cm]
- 4 Dönme [°]

Şekil A.3 - Eğrinin boşaltma kısmının olmadığı, Şekil A.2'den elde edilen moment-dönme eğrisi

Şekil A.4, yüklenmemiş kısım için, $M^*_{ul} = 68,113 \varphi - 294,68$ göçme momentine en yakın eğriyi temsil eden yaklaşım eğrisini gösterir. Bu fonksiyonun tayini için, Madde 10.2'ye uygun olarak, sadece etkilerin % 10'u ile % 90 'ı arasındaki deney değerleri hesaba katılır. Nihai korelasyon katsayısı değeri $R^2=0,9908$, Madde 10.2 'de verilen gerekleri sağlar.



Açıklama

- 1 Deney değerleri
- 2 Doğru
- 3 Moment [kN.cm]
- 4 Dönme [°]

Şekil A.4 - Eğrinin son yük boşaltma kısmı için, Şekil A.1'den elde edilen moment-dönme eğrisi

Yük boşaltma kısmı için yaklaşım eğrisi, $M_u = 101,4$ kN.cm göçme momenti'nin P1 (5,47 ; 101,4) noktasından geçene kadar paralel olarak kaydırılması ile elde edilir. Sonuç, $M_u = 68,113 \varphi - 271,2$ 'dir.

A.3 Enerjinin sönmülmesi

Madde 10.3 'e uygun olarak, integraller E_{lo} ve E_{ul} , Eşitlik (A.1) kullanılarak tayin edilir:

$$E_{lo} = \int_{0,052}^{5,47} (23,345 \ln \varphi + 68,987) d\varphi = 467,9 \quad (\text{A.1})$$

Not 1- 5,47° dönme değerine kadar, E_{lo} integrali için yaklaşım fonksiyonu alınır. Bu dönme momenti daha büyük bir değerde olmasına rağmen 101,4 kN.cm göçme momentinden çok büyük bir değer değildir. Yaklaşım fonksiyonundaki sapmalar, integral sonucunu önemli derecede etkilemez.

$$E_{ul} = \int_{3,98}^{5,47} (68,113 \varphi - 271,2) d\varphi = 75,5 \quad (\text{A.2})$$

Not 2 - E_{ul} integrali için (Eşitlik (A.2)), gerçek göçme noktası ($M_u = 101,4$; $\varphi_u = 5,47$ °) 'na kadar, düz bir doğru alınır.

Bu değerlerle, q_e oranı (Eşitlik (A.3)):

$$q_e = \frac{467,9}{75,5} = 6,20 \quad (\text{A.3})$$

dir.

A.4 Kısmî güvenlik katsayısı γ_{R2}

Çizelge A.1, 10 deneyden elde edilen nihaî q_e oranlarını gösterir.

Çizelge A.1 - q_e oranları

Deney Numarası i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$q_e(i)$	5,95	6,02	6,03	6,18	6,20	6,29	6,35	6,39	6,43	6,50

Ortalama $q_e(i)$ oranı değerleri, Madde 10.5' e uygun olarak Eşitlik (A.4) ile hesaplanır:

$$\bar{q}_e = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n q_e(i) = 6,23 \quad (\text{A.4})$$

Kısmî güvenlik katsayısı γ_{R2} , Eşitlik (A.5) ile hesaplanır:

$$\gamma_{R2} = -0,025 \times \bar{q}_e + 1,275 = 1,12 \quad (\text{A.5})$$

Ek B (Bilgi için)

Deney sonuçlarının istatistiki olarak değerlendirilmesi ve anma karakteristik dayanım değerlerinin tayini için örnek

B.1 Temel

Bir modüler düğüm noktasında düşey ile enine ara bağlantı arasındaki birleşimi sağlayan bağlantı tertibatı örnek olarak alınmıştır (özellikle pozitif bağ momenti). Şekil A.1 bir deneye ait moment-dönme eğrisini gösterir. Deney sonuçları, $r_{u,i}^a$, Madde 10.4' e uygun olarak moment-dönme eğrisindeki ilk en büyük değer olarak tayin edilmiştir. Sonuçlar, Madde 10.6 ve Madde 10.7'ye uygun olarak, değerlendirildikten sonra, sonuç olarak Çizelge B.1'de, 10 adet $r_{u,i}^c$ değeri gösterilmiştir.

Çizelge B.1 - Kısmen değerlendirilmiş $r_{u,i}^c$ deney sonuçları

1	Deney no i .	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	$r_{u,i}^c$ kN.cm	75,7	76,8	77,2	77,9	78,1	78,8	79,5	80,2	81,8	83,2
3	$y_i = \ln(r_{u,i}^c)$	4,327	4,341	4,346	4,355	4,358	4,367	4,376	4,385	4,404	4,421

B.2 Hesaplamalar

B.2.1 $r_{u,i}^c$ değerleri Eşitlik (B.1) kullanılarak logaritmik y_i değerlerine dönüştürülür.

$$\bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i \quad (\text{B.1})$$

Çizelge B.1'e örnek olması için, sonuçlar $\bar{y} = 4,368$ ve $s_y = 0,02907$

B.2.2 y_i değerlerinin ortalaması Eşitlik (B.2) ve standart sapması Eşitlik (B.3) kullanılarak hesaplanır.

$$\bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i \quad (\text{B.2})$$

$$s_y^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 \quad (\text{B.3})$$

Çizelge B.1 'e örnek olması için, sonuç $\bar{y} = 4,368$ ve $s_y = 0,02907$ 'dir.

B.2.3 % 75 güven seviyesinde % 5'e tekabül eden değer , Eşitlik (B.4) kullanılarak hesaplanır.

$$y_5 = \bar{y} - k_{s,k} \times s_y \quad (\text{B.4})$$

Çizelge B.1 'e örnek olması için, Çizelge 3' den $n=10$ için alınan $k_{s,k} = 2,10$ katsayısı değerine denk gelen değer $y_5 = 4,307$ olur.

B.2.4 Logaritmik dönüşümün tersi alınıp, Eşitlik (B.5) kullanılarak temel karakteristik değerler elde edilir.

$$R_{k,b} = e^{(\gamma_s)} \quad (B.5)$$

Burada, $R_{k,b} = 74,2$ kN.cm'dir.

B.2.5 Momentin karakteristik anma değeri Eşitlik (13) kullanılarak hesaplanır. Ek A'dan alınan kısmî güvenlik katsayısı $\gamma_{R2} = 1,12$ ile momentin karakteristik anma değeri $R_{k,anma} = 66,25$ kN.cm olur.

Ek C (Bilgi için)

Rijitliklerin değerlendirilmesi için örnek

C.1 Genel

Bir modüler düğüm noktasında düşey ile enine ara bağlantı arasındaki birleşimi sağlayan bağlantı tertibatı örnek olarak alınmıştır (özellikle pozitif bağ momenti). Şekil A.1'de bir deney için moment-dönme ilişkisine ait eğri gösterilmiştir. Eğri tipi Şekil 2'ye uygundur.

$\pm 1,0 \times \frac{R_k}{1,1 \times 1,5}$ yük kademesindeki üç çevrim için, C_p ve C_m değerleri (Madde 10.10) ile $C_{p,7}$ ve $C_{m,7}$ ortalama değerleri Çizelge C.1'de verilmiştir.

Çizelge C.1 Deneyler için, Şekil A.1 'den alınan C_p ve C_m rijitlikleri

Çevrim adedi	kN.cm/[°]	
	$C_{p,7}$	$C_{m,7}$
1	136,2	132,7
2	152,3	132,7
3	152,3	134,3
	$\bar{C}_{p,7} = 147,0$	$\bar{C}_{m,7} = 133,2$

Not - Şekil A.1'de gösterilen moment dönme eğrisinde, sıfır noktasındaki küçük yer değiştirme ihmal edilmiştir.

Benzer şekilde, diğer deneyler için rijitlikler tayin edilir. 10 deneyden elde edilen sonuçlar, Çizelge C.2'de verilmiştir.

Çizelge C.2 - 10 deney için C_p ve C_m rijitlik değerleri

1	Deney adedi		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	$\bar{C}_{p,i}$	kN.cm/[°]	139,8	142,5	144,1	145,2	145,5	146,7	147,0	148,3	149,0	150,1
3	$\bar{C}_{m,i}$		127,6	128,8	130,1	130,3	131,5	132,1	133,2	133,9	135,0	137,4

C.2 Pozitif \bar{C}_{pp} ve negatif \bar{C}_{mm} yük seviyesinde ortalama rijitliklerin mukayesesi

Madde 10.10 'a uygun olarak, ortalama rijitlik değerleri ters işaretli değerler kullanılarak hesaplanır. Çizelge C.2'de verilen rijitlikler için, n=10 deney adedine ait Eşitlik (C.1)'in ortalama değerleri ve Eşitlik (C.2) sonuçları verilmiştir.

$$\bar{C}_{pp} = \frac{n}{\sum_{i=1}^{i=n} \frac{1}{C_{p,i}}} = 145,8 \text{ kN.cm/}^\circ \quad (\text{C.1})$$

Eşitlik (15) 'in uygulaması, Eşitlik (C.3)'te verilir:

$$\bar{C}_{mm} = \frac{n}{\sum_{i=1}^{i=n} \frac{1}{C_{m,i}}} = 131,9 \text{ kN.cm/}^\circ \quad (\text{C.2})$$

Eşitlik (15)'in uygulaması Eşitlik (C.3)'te verilmiştir.

$$(145,8-131,9)/(145,8+131,9) \times 100 = \% 5 < \% 10 \quad (C.3)$$

Pozitif ve negatif yük doğrultularında, doğrusallaştırılmış ortalama eğimler % 10'dan daha fazla farklılık göstermediği için, E_p ve E_m arasındaki düz çizgi, bağlantı tertibatının momentinin hesabında kullanılabilir.

C.3 Nihai rijitlikler

Statik hesaplar için, düşey – enine ara birleşimi sağlayan bağlantı tertibatının rijitlik ilişkisi, özellikle birleşim momenti için Eşitlik (C.1), Eşitlik (C.5) ve Eşitlik (C.6) ile temsil edilen moment-dönme eğrisinden alınabilir.

$\pm \frac{R_k}{1,1 \times 1,5} = \pm 40$ kN.cm 'nin üzerindeki moment değerleri için, moment- dönme eğrisi Madde 10.10 'a uygun

olarak doğrusallaştırılır. Ortalama dönmeler, $R_k = 66,0$ kN.cm ve $R_k = - 66,0$ kN.cm için % 10'dan daha büyük farklılık göstermemelidir. Böylece, $\pm 0,88$ ortalama değeri kabul edilebilir.

Not - Negatif bağ momenti için deney sonuçları burada verilmemiştir.

Eşitlik (C.4) ile verilen fonksiyon, $\pm \frac{R_k}{1,1 \times 1,5} = \pm 40$ kN.cm moment değerine kadar uygulanır.

$$M(\varphi) = 138,9 \times \varphi \quad (C.4)$$

139,9 eğimi, \bar{C}_{pp} ve \bar{C}_{mm} 'nin ortalama değeridir.

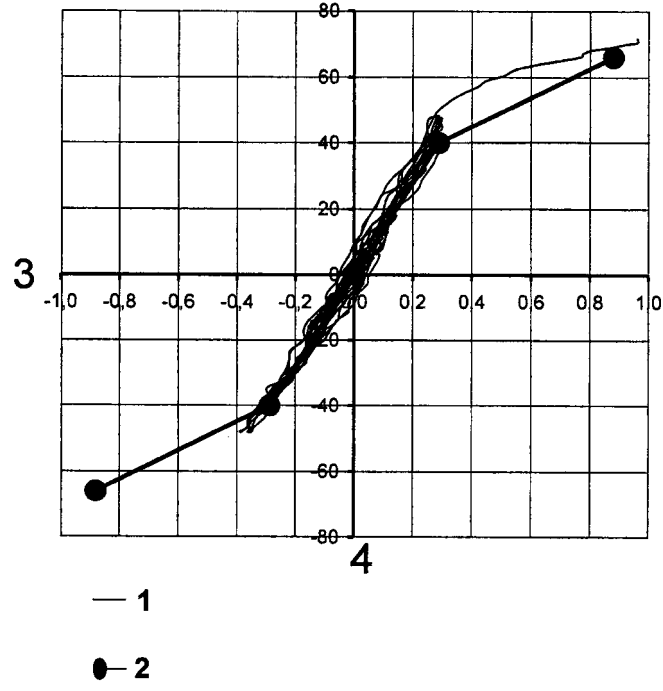
$R_k = 66,0$ kN.cm'ye kadar $\frac{R_k}{1,1 \times 1,5}$ 'den daha büyük momentler için , Eşitlik (C.5)'te verilen fonksiyon uygulanır.

$R_k = -66,0$ kN.cm'ye kadar $-\frac{R_k}{1,1 \times 1,5}$ 'dan daha küçük momentler için , Eşitlik (C.5)'te verilen fonksiyon uygulanır.

$$M(\varphi) = 43,915 \times \varphi + 27,351 \quad (C.5)$$

$$M(\varphi) = 43,915 \times \varphi - 27,351 \quad (C.6)$$

Şekil C.1, Şekil A.1'deki deney eğrisinin bir kısmına ilâve olarak, Eşitlik (C.4), Eşitlik (C.5) ve Eşitlik (C.6)'ya ait eğriyi gösterir.

**Açıklama**

- 1 Deney değerleri
- 2 Yaklaşım fonksiyonu
- 3 Moment [kN.cm]
- 4 Dönme [°]

Şekil C.1- Tek bir deney eğrisi olarak çizilmiş moment-dönme eğrisi

Kaynaklar

ENV 1993-1-3:1996, Eurocode 3: Design of steel structures – Part 1-3: General rules – Supplementary rules for cold thin gauge members and sheeting.