

**T.C.  
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**MEKANİK DÜBELLERİN DİNAMİK YÜK ETKİLER ALTINDA YAPISAL OLARAK  
İNCELENMESİ**

**GÖKHAN SAMET KORKMAZ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ KONSTRÜKSİYON ANABİLİM DALI  
PROGRAMI**

**DANIŞMAN  
DR. ÖĞR. ÜYESİ BERNA BOLAT**

**İSTANBUL, 2019**

**T.C.**  
**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**MEKANİK DÜBELLERİN DİNAMİK YÜK ETKİLER ALTINDA YAPISAL OLARAK  
İNCELENMESİ**

Gökhan Samet KORKMAZ tarafından hazırlanan tez çalışması 17.07.2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

**Tez Danışmanı**

Dr.Öğr.Üyesi Berna BOLAT  
Yıldız Teknik Üniversitesi

**Jüri Üyeleri**

Dr.Öğr.Üyesi Berna BOLAT  
Yıldız Teknik Üniversitesi

Dr.Öğr.Üyesi Muharrem BOĞOÇLU  
Yıldız Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Serpil KURT  
İstanbul Teknik Üniversitesi

---

---

---

## ÖNSÖZ

---

Çalışmanın her aşamasında değerli görüş ve düşünceleri ile yol gösteren hocam Sayın Öğr.Üyesi Berna Bolat'a,

Çalışma sırasında ilgi ve yardımları dolayısıyla Sayın Öğr.Üyesi Muharrem Boğoçlu'ya,

Deneysel çalışmalarımda destek olan değerli şirketim Hilti İnşaat Malzemeleri San.ve Tic. A.Ş.'ye,

Çalışmalarım süresince bana gösterdikleri anlayış ve destek için öncelikle aileme ve sonra çok değerli eşim Buket Başbay Korkmaz'a teşekkür ederim.

Temmuz, 2019

Gökhan Samet KORKMAZ

## İÇİNDEKİLER

|  | Sayfa |
|--|-------|
| SİMGE LİSTESİ.....                       | vi    |
| KISALTMA LİSTESİ.....                    | viii  |
| ŞEKİL LİSTESİ.....                       | ix    |
| ÇİZELGE LİSTESİ .....                    | xii   |
| ÖZET .....                               | xiii  |
| ABSTRACT.....                            | xiii  |
| <b>BÖLÜM 1</b>                           |       |
| GİRİŞ.....                               | 1     |
| 1.1    Literatür Özeti .....             | 1     |
| 1.2    Tezin Amacı .....                 | 1     |
| 1.3    Hipotez .....                     | 2     |
| <b>BÖLÜM 2</b>                           |       |
| DÜBELLERE GENEL BAKIŞ.....               | 3     |
| 2.1    Dübellerin Çalışma Prensibi ..... | 7     |
| 2.2    Tasarım Yöntemleri.....           | 8     |
| 2.3    Dübel Tasarımı .....              | 9     |
| 2.3.1    Statik Tasarım .....            | 9     |
| 2.3.2    Dinamik Tasarım .....           | 10    |
| 2.3.2.1    Şok.....                      | 11    |
| 2.3.2.2    Sismik .....                  | 11    |
| 2.3.2.3    Yorulma .....                 | 18    |
| 2.4    Hilti Dübel Test Uygulaması ..... | 26    |
| <b>BÖLÜM 3</b>                           |       |
| MEKANİK DÜBEL YORULMA ANALİZİ .....      | 27    |

|                            |                             |    |
|----------------------------|-----------------------------|----|
| 3.1                        | Geometri .....              | 27 |
| 3.2                        | Koordinat Sistemi.....      | 28 |
| 3.3                        | Birim Sistemi .....         | 28 |
| 3.4                        | Malzeme Özellikleri.....    | 28 |
| 3.5                        | Sonlu Elemanlar Modeli..... | 29 |
| 3.6                        | Sınır Koşulları .....       | 31 |
| 3.7                        | Yükleme Durumları .....     | 31 |
| 3.8                        | Analiz Sonuçları.....       | 32 |
| BÖLÜM 4                    |                             |    |
| SONUÇLAR VE ÖNERİLER ..... |                             | 34 |
| KAYNAKLAR .....            |                             | 36 |
| ÖZGEÇMİŞ .....             |                             | 37 |



## SİMGE LİSTESİ

|                        |   |
|------------------------|---|
| $A_a$                  | Davranış faktörü  |
| $a_g$                  | Yerçekimi ivmesi (EN 1998-1:2004,Tablo3.1)                    |
| $a_{gr}$               | Referans noktadaki yerçekimi ivmesi (EN 1998-1:2004,3.2.1)    |
| $F_{Rk,eq}$            | Karakteristik sismik direnç verilen hata modeli için          |
| $F_{Sd}^h$             | Uygulanan yük ile maksimum gerilme değerine sahip dübel       |
| $F_{Sd}^e$             | Uygulanan yük ile maksimum çekme gerilme değerine sahip dübel |
| $F_{va}$               | Dikey sismik kuvvet   |
| $H$                    | Yapı yüksekliği   |
| $N_{Rd,seis, reduced}$ | İndirgenmiş sismik çekme yükü                                 |
| $N_{Rd,seis}$          | Sismik çekme yükü   |
| $q_a$                  | Davranış faktörü  |
| $R_d$                  | Tasarım dayanımı  |
| $R_k$                  | Dübel karakteristik dayanımı                                  |
| $R_{d,seis}$           | Sismik dizayn direnci   |
| $R_{k,seis}$           | Karakteristik sismik direnç                                   |
| $R_{k,s,seis}$         | Çelik hatası için minimum karakteristik sismik direnç         |
| $R_{k,conc,seis}$      | Çelik dışı hatalar için minimum karakteristik sismik direnç   |
| $R_{k0,seis}$          | Temel sismik karakteristik direnç                             |
| $S$                    | Zemin katsayısı (EN 1998-1:2004,3.2.2)                        |
| $S_a$                  | Sismik katsayı  |
| $S_d$                  | Tasarım yükü  |
| $T_a$                  | Yapısal olmayan elemanda temel titreşim periyodu              |
| $T_1$                  | Yapıda belirlenen yönde temel titreşim periyodu               |

|                        |   |
|------------------------|---|
| $V_{Rd,seis, reduced}$ | İndirgenmiş sismik kesme yükü   |
| $V_{Rd,seis}$          | Sismik kesme yükü   |
| $W_a$                  | Eleman ağırlığı   |
| $Z$                    | Yapısal olmayan elemanın sismik eylemin uygulama seviye üstü yüksekliği |
| $\alpha_{eq}$          | Sismik indirgeme faktörü  |
| $\alpha_{gap}$         | Dairesel boşluk katsayısı   |
| $\alpha_{seis}$        | Sismik hata katsayısı   |
| $\alpha_v$             | Zemin tipine göre düşey yerçekimi ivmesi                                |
| $\delta_{N,req}$       | Çekme yükünde gerekli yer değişimi miktarı                              |
| $\delta_{N,seis}$      | Çekme sismik yükünde gerekli yer değişimi miktarı                       |
| $\delta_{V,req}$       | Kesme yükünde gerekli yer değişimi miktarı                              |
| $\delta_{V,seis}$      | Kesme sismik yükünde gerekli yer değişimi miktarı                       |
| $\gamma_a$             | Eleman önem faktörü (EN 1998-1,4.3.5.3)                                 |
| $\gamma_{F,N}$         | Çekmede yük yeniden dağıtım faktörü                                     |
| $\gamma_{F,V}$         | Kesmede yük yeniden dağıtım faktörü                                     |
| $\gamma_k$             | Malzeme dayanım güvenlik katsayısı                                      |
| $\gamma_{Mf}$          | Direnç kısmi güvenlik faktörü   |
| $\gamma_{uk}$          | Karakteristik çelik maksimum çekme dayanımı                             |
| $\gamma_{yk}$          | Karakteristik çelik akma dayanımı                                       |
| $\gamma_1$             | Önem faktörü (EN 1998-1:2004,4.2.5)                                     |
| $\gamma_2$             | Montajlama güvenlik katsayısı   |

## KISALTMA LİSTESİ

---

|      |   |
|------|---|
| ACI  | American Concrete Institute                   |
| EC   | EURO CODE                                     |
| EOTA | European Organisation for Technical Approvals |
| ETA  | European Technical Assessment                 |
| ETAG | European Technical Approval Guidelines        |



## ŞEKİL LİSTESİ

|            | Sayfa   |
|------------|---|
| Şekil 2.1  | Sürtünme..... 7   |
| Şekil 2.2  | Kilitlenme ..... 7  |
| Şekil 2.3  | Yapışma.....8   |
| Şekil 2.4  | Çekme yükü altında hata çeşitleri.....9                                 |
| Şekil 2.5  | Kesme yükü altında hata çeşitleri.....10                                |
| Şekil 2.6  | Deprem ve statik koşulların yük özelliklerinin karşılaştırılması.....12 |
| Şekil 2.7  | Beton ve ankrajlarla ilgili Avrupa kural sistemine genel bakış.....13   |
| Şekil 2.8  | Uygulanan yükler ile meydana gelebilecek gerilme şekilleri.....14       |
| Şekil 2.9  | Gevrek kopma.....14   |
| Şekil 2.10 | Sünek kopma.....15  |
| Şekil 2.11 | Sünek kopma için gerekli uzama.....15                                   |
| Şekil 2.12 | Krank milindeki yorulma hasar örneği.....19                             |
| Şekil 2.13 | Gerilmelerin sınıflandırılması.....20                                   |
| Şekil 2.14 | Wöhler eğrisi.....21  |
| Şekil 2.15 | Logaritmik Wöhler eğrisi.....21   |
| Şekil 2.16 | Yüklemeye tipleri.....22  |
| Şekil 2.17 | Tipik yüklemeye sırası.....23   |
| Şekil 2.18 | Tehlike eşdeğer yükü.....23   |
| Şekil 2.19 | Yorulmada uygulanacak toplam yük.....24                                 |
| Şekil 2.20 | Yorulma testinde çelik hasarı.....25                                    |
| Şekil 2.21 | Yorulma testinde beton kopma hatası.....25                              |
| Şekil 2.22 | Yorulma test cihazı.....26  |
| Şekil 2.23 | Dübel test raporu.....26  |
| Şekil 3.1  | 3D CAD model.....27   |
| Şekil 3.2  | Malzeme S-N Eğrisi.....29   |
| Şekil 3.3  | Tüm modelele mesh atılmış durum.....29                                  |
| Şekil 3.4  | Dübele mesh atılmış durum.....30  |
| Şekil 3.5  | Dübel mesh kalitesi.....30  |
| Şekil 3.6  | Beton sabitleme noktası.....31  |
| Şekil 3.7  | Çekme kuvveti uygulama noktası.....31                                   |
| Şekil 3.8  | Gerilme değişimi.....32   |
| Şekil 3.9  | Uygulanan tekrarlı gerilme değeri.....32                                |
| Şekil 3.10 | Yorulma analizi.....33  |
| Şekil 4.1  | Analiz sonuçları.....34   |



## ÇİZELGE LİSTESİ

---

|             | Sayfa                                      |
|-------------|--|
| Çizelge 2.1 | Ankrajlar için deprem kategorisi.....13    |
| Çizelge 2.2 | Davranış faktörü değerleri.....16          |
| Çizelge 2.3 | Azaltma faktörü.....17                     |
| Çizelge 2.4 | Yarı statik yükleme yük katsayıları.....22 |
| Çizelge 3.1 | Malzeme Özellikleri.....28                 |

---

## MEKANİK DÜBELLERİN DİNAMİK YÜK ETKİLER ALTINDA YAPISAL OLARAK İNCELENMESİ

Gökhan Samet KORKMAZ

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Berna BOLAT

Ön gerilmeli mekanik dübeller, günümüzde yapısal ve yapısal olmayan elemanların beton bağlantılarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Dübeller, statik ve dinamik yük etkilerine maruz kalmaktadır.

Statik olarak yük taşıma kapasitelerinin hesaplanması konusunda herhangi bir sorun yaşanmazken, dinamik yükler altında dübellerin karakteristik yapıları ön plana çıkmaktadır. Uygulanan deneylerle bahsi geçen karakteristik yapılara ulaşılır .

Söz konusu ürünlerin, yapısal bileşenin etkilerini test ile incelemek oldukça maliyetli ve zaman alıcı olmaktadır. Bu noktada yapılan tasarımın ortaya çıkaracağı sonuçları ivedi olarak görmek, kıyaslamak ve buna uygun şekilde revize etmek adına bilgisayar destekli mühendislik hesaplamaları yapan çözücülerin kullanımı son zamanlarda daha da yaygınlaşmıştır.

Bu çalışmada da alttan kesmeli dübel yapısının, dinamik yük etkisi altında sonlu elemanlar programı yardımıyla yorulma ömrü üzerine çalışma yapılmış, sonuçlar ile yapılan deneyler kıyaslanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Ön gerilmeli mekanik dübeller, dinamik yük, sonlu elemanlar yorulma analizi

**STRUCTURAL INVESTIGATION OF MECHANICAL ANCHORS UNDER  
DYNAMIC LOAD EFFECTS**

Gökhan Samet KORKMAZ

Department of Mechanical Engineering

MSc. Thesis

Adviser: Asst. Prof. Dr. Berna BOLAT

Post-installed anchors are widely used to connect structural and non-structural components with reinforced concrete structures. Post-installed anchors are subjected to static and dynamic load effects. While there is no problem in calculating static load carrying capacities, the characteristic structures of post-installed anchors under dynamic loads come to the fore. With the experiments, the mentioned characteristic structures are reached.

It is very costly and time-consuming to test the effects of the structural component of the products in question. At this point, the use of solvents that make computer-aided engineering calculations in order to see the results of the design as urgent, compare and revise accordingly has become more widespread recently.

In this study, fatigue life was investigated by using finite element program under the effect of dynamic load of undercut anchor structure and the results were compared with the experiments.

**Keywords:** Post-installed mechanical anchors, dynamic load, finite element method for fatigue



---

**YILDIZ TECHNICAL UNIVERSITY**  
**GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES**

#### 1.1 Literatür Özeti

XIAO Shu-jun ve CHEN Chang-fu(2008) [1], mekanik dübellerin mekanik çalışma prensibini, kesme-yerdeğiştirme metodu ile incelemiştir. Artıp-azalan kesme gerilmesi uyguladıklarında ankrajın alt kısmından en üste doğru kalıntı gerilme ve yer değiştirmelerin arttığı gözlemlenmiştir.

Philipp Mahrenholtz, Rolf Eligehausen, Tara C. Hutchinson, Matthew S. Hoehler(2016) [2], deprem gibi tekrarlı yükler altında ön gerilmeli beton dübelinin yapısal özelliklerini belirlemek adına Amerikan Beton Enstitüsü (ACI) tarafından belirlenen ACI 355 e göre tekrarlı yük testleri uygulamıştır. Çalışmada, çatlaklı betonda yük-yer değiştirme özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Sonuç olarak standartlarda belirtilen değerlerden daha geniş çatlaklarda kesme ve çekme yüklerine karşı dayanıklı olduğu sonucuna varılmıştır.

Fabian Dwenger, Harald Garrecht, Klaus Kerkhof, and Muhammad Ahmed(2017) [3], nükleer santrallerde kullanılacak mekanik dübellerin, deprem esnasında hareketlerini sonlu elemanlar çözücü programlarından abaqus ile modelleme yapıp çözümlenmiştir, çatlak bölgelerindeki ankrajlarda ön gerilme kuvvetinin önemli oranda azaldığı sonucuna varılmıştır.

#### 1.2 Tezin Amacı

Kazanlar, klima vb. makinelerin yapılara bağlanmasını sağlayan dübeller, dinamik yapısal yüklere maruz kalmaktadır. Çevrimsel yüklere maruz kalan bu tip elemanlarda

hasarlar meydana gelir. Meydana gelen bu hasarlara yorulma denir. Mekanik yapıların hasara uğramasının ardındaki en yaygın sebep yorulmadır. Bu çalışmada çevrimsel yüklere maruz kalan ve bir bağlantı elemanı olan alttan kesmeli tip mekanik dübel, 3 boyutlu çizim programında modellenip, sonlu elemanlar çözücü programında yapılan analizlerden elde edilen sonuçlarla, dinamik yük altında yapılan test sonuçlarının kıyaslanarak aradaki hata oranları belirlenip, ilerleyen süreçte tasarım değişiklikleri için uzun süreli ve maliyetli testlere gerek kalmadan bu programlarda gerekli modifikasyonların yapılabilmesine olanak sağlamaktır.

### **1.3 Hipotez**

Uygun bir teorik analiz modeli hazırlanarak uzun süreli ve maliyetli testlere gerek kalmadan dübellerin dayanımları kestirilebilir ve bu model sayesinde gerekli modifikasyonları yapabilme olanağı sağlanır.



### DÜBELLERE GENEL BAKIŞ

Tavana, zemine, alçıpana, tuğla ya da betona ve diğer sert yüzeylere herhangi birşey monte etmek için mutlaka dübele ihtiyaç duyulmaktadır. Dübel, bir aparatı, malzemeyi, profili, makineyi, çelik konstrüksiyonu, dolabı, panoyu, rafı, saati vs. bir çok çeşitli ürünü bir yere sabitlemeye yarayan bağlantı parçası olup, üzerlerinde bulunan parçalar sayesinde delik içerisin de genişerek deliğe tutunma sağlayan ve sürtünme kuvveti ile dönmeyi zorlaştıran, üzerinde bulunan kovanlarla oynamayı önleyen bir ankrajlama malzemesidir.

Dübeller, kullanım yerine ve mukavemetine göre değişiklik gösterir [4]. Sabitleme için uygun dübelin seçilmesi performansı arttırdığı gibi maliyeti de en aza indirmektedir. Dübel seçimi yaparken dikkat edilmesi gereken hususlar;

- sabitleme yapılacak malzeme/parça,
- sabitleme yapılacak sistemin çalışma gücü,
- çalışma ortamı ve uygulama yeridir.

Sabitleme yapılırken sorulacak sorular aşağıdaki gibidir:

Beton çatlaklı mı? Çatlaksız mı?

Titreşim var mı?

Hangi malzemeye sabitleme yapılacak?

Korozyon (rutubet) var mı?

Sıcaklık durumu nedir?

Zorlanma ve taşıma yükü ne kadar olmalı?

Fiili yükleme ne kadar olmalı?

**Dübel montajında yapılması gerekenler:** Dübel için delinmiş delik mutlaka fırça ile ya da deliğin içerisine hava püskürtülerek temizlenmelidir. Şayet dübel için montajda delinen delik temizlenmezse, dübelin tutunma yüzeyleri delik içerisinde yeterli derecede sabitleme yapamaz ve dübel yerinden oynar. Bu da dübelin yük taşıma kapasitesini düşürür.

Dübel montajıyla ilgili bir diğer husus ise dübel montajı için delinecek deliğin delme yöntemindeki değişkenliklerdir. Delik delinecek yer; tuğla ya da az dayanıklı malzeme, dayanıklı ve içi yoğun malzeme, çok yoğun malzeme olabilir. Buralara uygun delim ucu kullanılması gerekir. Büyük çaplı delme ve sık donatı işlemleri için elmas uç ile darbeli delim, tuğla gibi daha hafif malzemelerin delimi için darbesiz delim yöntemi ve uygun uçları kullanılabilir.

Yukarıda bahsettiğimiz gibi sabitleme yaparken dikkat edilecek hususlardan zorlanma ve taşıma yükünde hata yapılırsa dübelde kırılmalar meydana gelebilir. Bu kırılma çeşidi 3 tane olup, dübelin sıyrılma ve kopması, yapı elemanının kırılması, ankraji yapılan zeminin kırılması şeklindedir.

Yüklerde sabitleme iki şekilde yapılmaktadır. Durağan sabitleme ve dinamik sabitleme. Durağan şekilde sabitleme genellikle yapı denetim onaylarında yapılmakta iken, asansör, vinç rayları, yürüyen mekanizmalar, hareketli bantlar, titreşime maruz kalan yerlerde dinamik yükleme yapılmaktadır.

Doğru dübel türünün belirlenmesinden sonra dikkat edilecek bir diğer husus, doğru boyutun seçilmesidir. Matkap ucu çapı=dübel çapı şeklinde bir formulizasyon ile doğru boyuta ulaşmak mümkündür.

Dübel çeşitleri aşağıdaki gibidir:

1- Çakmalı Dübel: Çakmalı Dübeller, beton malzemelere montajı yapılır ve emniyetli bir şekilde tutunma yaparak üzerinde bulunan konik parça ile homojen bir sabitleme sağlar. Çift aşamalı montaj yapılır. Yani montajı sırasında ilk önce dübel deliğe çakılır ardından civata ile çevrilerek kovanın delik içerisinde deliğe tutunması sağlanmış olur.

Açılma koniği çakma aleti ile içeri sürülmesi aşamasında kovan açılır ve çepere sıkışır. Havalandırma tesisatlarında, boru tesisatlarında, ızgaralarda, kablo tavalarda, asma tavanlarda kullanılır. Yüzey ile eşit düzlemde bulunan ankraj, yapı parçasının birden çok kez sökülmesine ve ardından sabitlenmesine imkan sağlar. Yerleştirme derinliği az olan yerlerde kolaylıkla kullanılabilir. Minimum delik derinliği dübel kovani uzunluğundan 3 ile 5 mm arası fazla olmalıdır.

2- Asma Tavan Düveli: Asma tavanlarda kullanılan askı parçası ile kısa olarak tutunma sağlayan bir dübel çeşididir.

3- Ağır Yük Dübeli: Bu tip dübeller yüksek mukavemetli dübellerdir. Altı köşe somunludurlar. Civat somununun sıkılmasıyla yivli baş kovan içerisinde ilerleyerek kovanın genişlemesini ve dübelin genişleyerek delik içerisinde tutunmasını sağlar. Montajı çift aşamalıdır. Dübel deliğe oturtulduktan sonra civat başlığı tuturulacak malzeme deliğinden geçirilerek somun tekrar dübele tuturulur. Dübel işlevi gördükten sonra defalarca bu dübel civatası sökülüp takılabilir buraya tutturulmuş malzemenin istenildiği kadar sökülüp takılabilmesi sağlanabilir [5].

4- S Tipi Dübel: Çekme dayanıklılığı yüksek olan S Tipi Dübel saplama veya civata ile kullanılabilir. Kullanırken dikkat edilmesi gereken husus civata boyu ve sapmalarda somun ve pul uzunluğudur. Ayrıca paslanmalara karşı dayanıklı olması için çinko ile kaplanmaktadır.

5- Klipsli Dübel: Bu dübel türünün en belirgin özelliği hızlı ve pratik şekilde montaj yapmayı sağlamasıdır. Klipsli dübellerde S Tipi Dübeller gibi paslanmalara karşı dayanıklı olması için çinko ile kaplanmaktadır. Klipsli dübellerin asmalı yüklerde dayanıklılığı iyi olup, dübeller beton kalitesinin iyi olduğu yerlerde kullanılır. Çoğunlukla çatlaksız betonda kullanılan klipsli dübeller yer yer çatlaklı betonlarda da kullanılmaktadır.

6- Çekmeli Dübel: Çekmeli dübel, S Tipi Dübel gibi saplama veya civata ile kullanılmaktadır. Üzerinde bulunan yarık kısımlarından dolayı deliğe yerleştirildiğinde ayrılarak tutunma yapar.

7- Civatalı Borulu Dübel: Bu dübel çeşidinin tercih edildiği yer beton kalitesinin düşük olduğu yerlerdir. Çinko ile kaplanmıştır.

8- Gmlekleli Dübel: Civatalı Borulu Dübel gibi beton kalitesinin düşük olduğu yerlerde kullanılmaktadır. Ek olarak titreşimli alanlarda ve kısa deliklerde rahatlıkla kullanılmaktadır.

9- Kancalı Dübel: İsmi ni şeklinden alan bu dübel türü düşük yerlerde ve kısa deliklerde kullanılmaktadır. Titreşimli bölgelerde de kullanılmaktadır.

10- Kasa Dbeli: Yanal güçlerde mukavemeti yüksek olup, kapılarda ve pencerelerde kasaların duvara sabitlenmesi amacıyla kullanılmaktadır.

11- Gaz Beton Dbeli: Dış cephe ısı yalıtımlarının, ısı yalıtım malzemelerine bağlanmasında kullanılmakta olup, spiral formdaki plastik dbellerdir. Gaz beton yüzeylerde kullanılmaktadır.

12- Kanatlı Alçıpan Dbeli: Uygun ebatlarda bir ağaç vidası ile yerine sabitlenip, özel kanat yapısı güvenli bir bağlantı sağlar. Bu dübel türü hafif parçaların boşluklu malzemelere ve alçıpana sabitlenmesinde kullanılır.

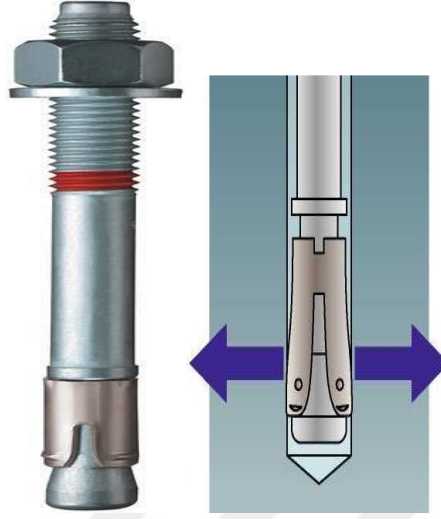
13- Plastik Dübel: Ucuz bir dübel çeşidi olup, her türlü ana malzemeye uygulanan dübel türüdür.

14- Kimyasal Dübel: Mukavemeti yüksek yerlerde, sulu ve titreşimli alanlarda kullanılabilen, ani yüklere dayanıklı bir dbeldir. Kimyasal dübeller cam kapsüllerde ya da plastik folyada bulunabilir. Bu dübeller satın alınırken son kullanma tarihlerine dikkat edilmelidir. Son kullanma tarihi geçmiş olan kimyasal dübeller istenen performansı veremeyeceği gibi bazı tehlikelere de yol açabilir. Cam tüplü kimyasal dübeller iç içe geçmiş iki cam tüpten oluşmaktadır. Bu tüpler betona çakılırken kırılarak birbirine karışır ve delik içerisinde kimyasal dübel rotunun sabitlenmesine olanak sağlarlar. Kimyasal dübelin yerleştirileceği deliğın çok temiz olmasına özen gösterilmelidir [4].

Avrupa ülkelerinde, Avrupa Teknik Deęerlendirme Örgütü (EOTA) tarafından, betonda kullanım için mekanik dübellerin Avrupa Teknik Onayı Kılavuzunu yayınlandı (ETAG 001). Avrupa Teknik Deęerlendirmelerini alan veya daha önce Avrupa Teknik Onayları (ETA) olarak bilinen ankraj dübelleri, ETAG 001'de verilen şartları yerine getirmelidir.

## 2.1 Dübellerin Çalışma Prensibi

**Sürtünme:** Dübel sürtünmeden dolayı beton içinde genişler ve kalır.



Şekil 2.1 Sürtünme

**Kilitlenme:** Torklama nedeniyle beton içinde genişleyen yakalar dübelin delik içinde hareket etmesini engeller ve tam tutunma sağlar.



Şekil 2.2 Kilitlenme

**Yapışma:** Kimyasal dübeller çelik malzeme boyunca mikro anahtarlama özelliği gösterir.



Şekil 2. 3 Yapışma

## 2.2 Tasarım Yöntemleri [6]

Dübel tasarımı, yükleme durumu ve ankrajlama kapasitesiyle orantılıdır. Günümüzde kullanılmakta olan 3 ayrı tasarım yöntemi mevcuttur. Dayanım tasarımı(Strength Design-SD), Sınır Durum tasarımı(Limit State Design-LSD), Uygun Gerilme tasarımı (Allowable Stress Design-ASD).

**Dayanım Tasarımı (SD):** Yöntem, birkaç olası arıza modunun her birine spesifik kuvvet azaltma faktörleri atar, her arıza modu ile bağlantılı kuvvet için tahminler sağlar ve kontrol kuvvetini faktörlü yüklerle karşılaştırır. Dayanım Tasarım Yöntemi, ASD yaklaşımına kıyasla daha dayanıklı bir dübel dayanımı tahmini sağlar.

**Sınır Durum Tasarımı (LSD):** LSD dizayn 80'li yılların başında bulunmuş olup, yaygın şekilde kullanılmaya devam edilmektedir. Tasarım yükünün, malzemenin karakteristik dayanımından daha düşük olması amaçlanmaktadır.

**Uygun Gerilme Tasarımı (ASD):** İzin verilen yük veya direnç, testlerde gözlemlenen başarısızlık modundan bağımsız olarak, laboratuvar testinin başarısızlığa karşı ortalama sonucuna bir güvenlik faktörü uygulanmasına dayanır.

## 2.3 Dübeler Tasarımı

### 2.3.1 Statik Tasarım

Bir sabitleme sistemi, çekme kuvveti, kesme kuvveti, moment, burulma veya yüklerin kombinasyonu şeklinde kuvvetlere maruz kalabilir. Bu kuvvetler, tek tek dübellere gelen çekme, kesme, çekme ve kesme yüklerinin birlikte uygulanması şeklinde aşağıdaki formüllere [7] göre çözümlenmesiyle incelenir.

$$S_d \leq R_d \quad (2.1)$$

$$R_d = R_k / \gamma_k \quad (2.2)$$

#### Çelik Kopması ve Malzeme Dayanım Katsayısı:

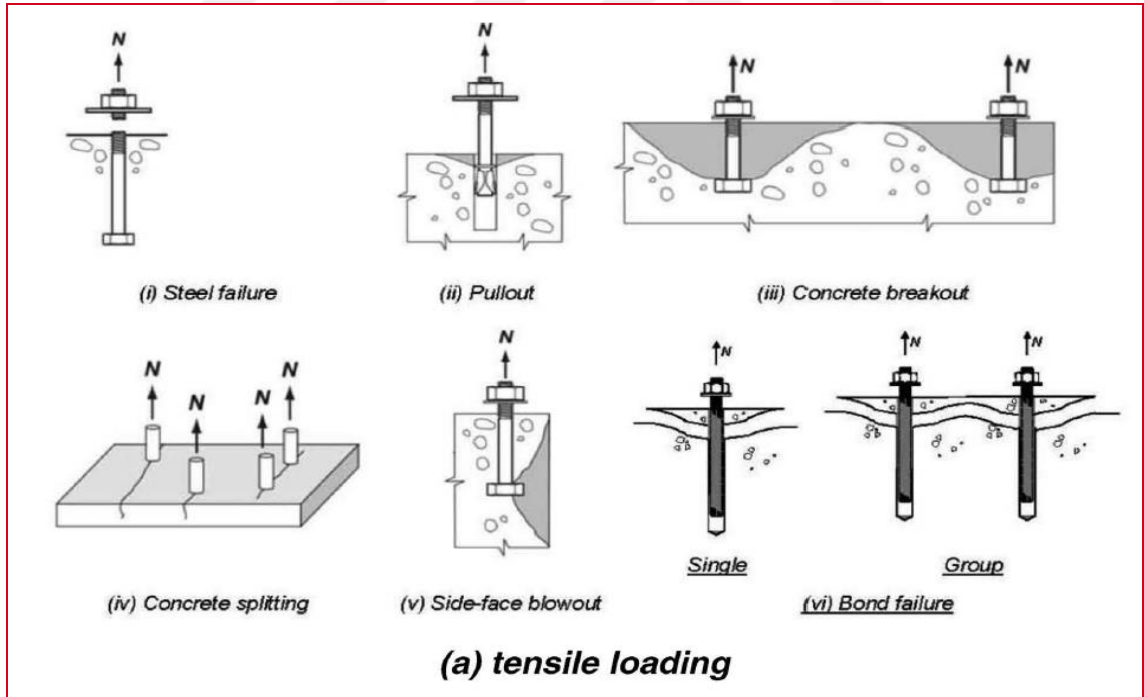
Çekme Yüğü Altında:

$$\gamma_{Ms} = 1,2 / (\gamma_{yk} / \gamma_{uk}) \geq 1,4 \quad (2.3)$$

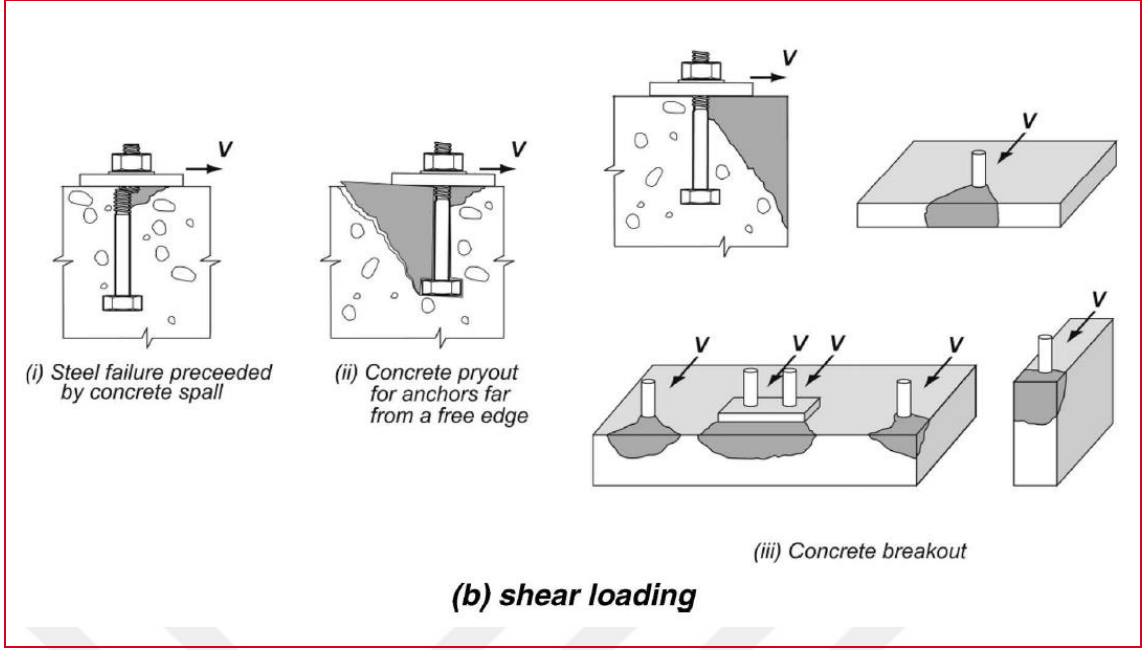
Kesme Yüğü Altında:

$$\gamma_{Ms} = 1,0 / (\gamma_{yk} / \gamma_{uk}) \geq 1,25 \quad \gamma_{uk} \leq 800 \text{ N/mm}^2, \gamma_{yk} / \gamma_{uk} \leq 0,8 \quad (2.4)$$

$$\gamma_{Ms} = 1,5 \quad \gamma_{uk} > 800 \text{ N/mm}^2, \gamma_{yk} / \gamma_{uk} > 0,8 \quad (2.5)$$



Şekil 2.4 Çekme yükü altında hata çeşitleri



Şekil 2.5 Kesme yükü altında hata çeşitleri

### 2.3.2 Dinamik Tasarım

Yapıların, zamana bağlı sınır şartları veya yükler altındaki davranışlarının incelenmesi için yapılan analizlerdir. Temeline sınır şartı olarak zamana bağlı deprem yer değiştirmesi uygulanan bir bina analizi, çukura düşme fiziksel olayının benzetiminin yapılması, yer değiştirme sınır şartının uygulandığı bir taşıt şasisi, baş vurma olayında oluşan zaman bağlı basınç değişiminin uygulandığı bir gemi yapısı analizi dinamik analizlere örnektir.



### 2.3.2.1 Şok [8]

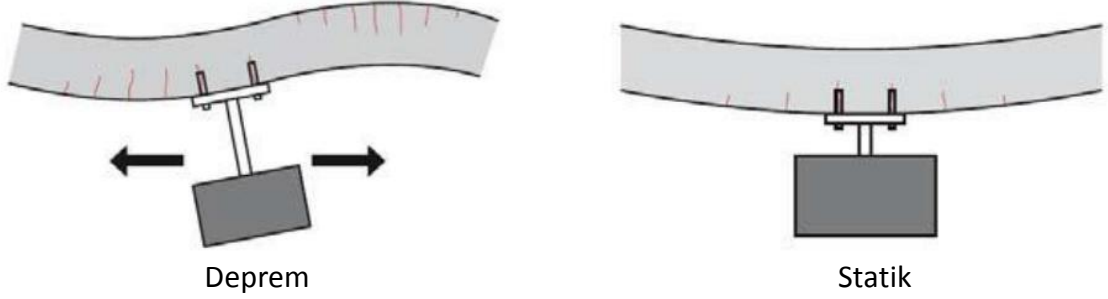
Şok yükleri normal bir yük değildir. Patlama vb. olayların çoğunda yapının hasar aldığı, ancak kopma vs olmadığı kabul edilir. Şok tasarımı için kabul edilebilir deformasyonları ve şok olayından sonra yapılması gereken eylemleri tanımlamak çok önemlidir. Şok olayından sonra sadece elastik deformasyonlara izin verilirse (kalıcı deformasyon olmaz), ankrajın statik dirençleri de şok için uygundur. Bu genellikle ekonomik olmayan bir dübel seçimine yol açar. Bu ekonomik olmayan durumu engellemek için şok olayı sonrası dübelin değiştirilip yerine yeni dübel ankrajlanması daha uygundur. Şok onaylarını almak için, dübeller, belirlenen direnç sınıfı yükleri, çekme şoku yükleri altında 1 mm genişliğindeki çatlaklarda test edilir.

### 2.3.2.2 Sismik [8]

Deprem açısından aktif bölgelerde bulunan yapılardaki bağlantı elemanları, yapısal veya yapısal olmayan elemanlarda olup olmamasına bakılmaksızın depreme maruz kalabilir. Bu yapısal veya yapısal olmayan bağlantılar, yapının depreme karşı ankraj dayanımı ve ankrajın yapacağı deplasman yoluyla can güvenliğini sağlayacak şekilde dayanım sağlaması gerektiği için son derece önemlidirler. Bu bileşenler hem insan güvenliği hem de yapının doğru çalışması ve sonuç olarak da bir deprem esnasında veya sonrasında olası hizmet veya verim kaybı üzerinde doğrudan bir etkiye sahiptir. Doğru teknik özellik ve tasarımların deprem için onaylı ankrajlarla birlikte kullanılması ve bu süreç boyunca ilgili tasarım parametrelerinin göz önünde bulundurulması, bir depremden sonuçlanan hasarın en düşük seviyede tutulmasının en iyi yoludur.

**Deprem yükleri:** Deprem esnasında oluşacak yer hareketi yapı temelinin yanal olarak deplasmana uğramasına sebep olur. Kütle ataleti nedeniyle bina bu hareketi deforme olmadan takip edemez. Binanın rijitliği sebebiyle, gerilim bölgeleri ve titreşimler oluşur. Bu da binanın gerilmesine ve içindeki yüklerin bir sonucu olarak, binaya bağlı ankrajların çekme kesme kuvveti almasına sebep olur. Ankrajlara etki eden yükler doğrudan binanın özellikleri, deprem özellikleri ve bina bileşenlerine bağlanan birimler üzerinde hesaplanabilir.

Genel bir ifade ile açıklayacak olursak, ankrajlara etki eden deprem yükleri ile statik yükler arasındaki asıl fark şekil 2.6'da gösterildiği gibi deprem esnasında gerçekleşen çok yönlü yüklemelerdir.

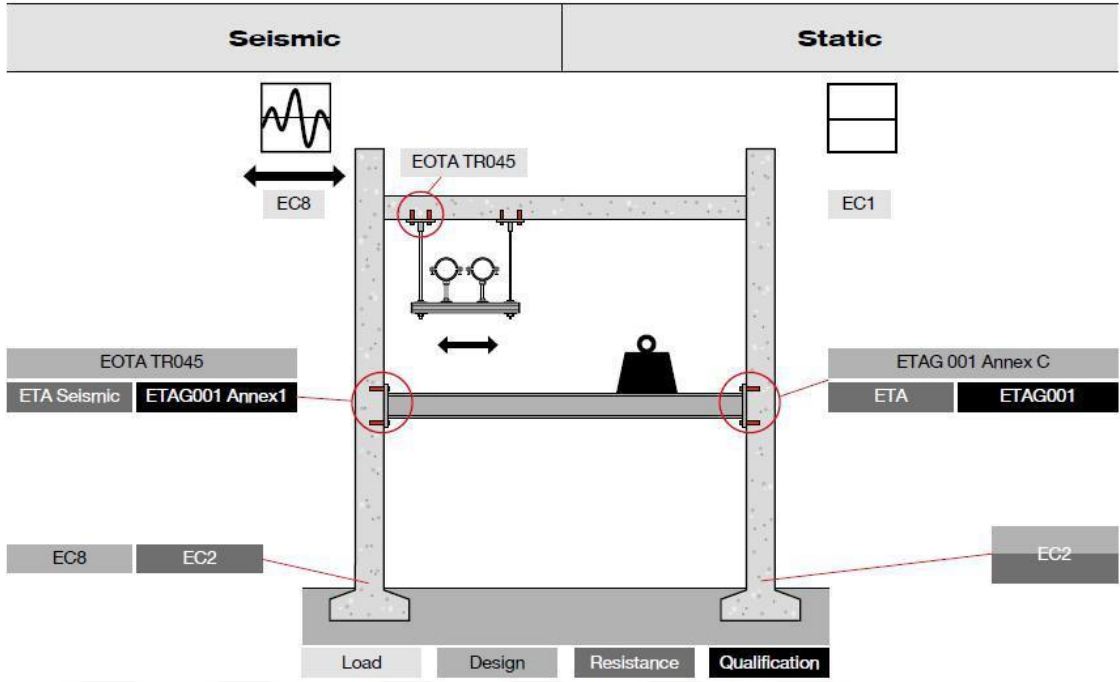


Şekil 2.6 Deprem ve statik koşulların yük özelliklerinin karşılaştırılması

**Yasal Değerlendirmeler:** Eurocode 1, Eurocode 2 ve Eurocode 8 (EC1, EC2 ve EC8) beton yapı tasarımının genel hatlarını belirlerken Avrupa Teknik Onayı Kılavuzu-European Technical Approval Guideline (ETAG) ise ankraj bağlantı elemanlarının onay ve tasarımının temel koşullarını belirler.

Deprem koşulları için EC8 depremin ve yapının bir depreme vereceği tepkinin hesaplaması için kullanılacak yöntemleri belirlerken EC2 beton bileşenlerin tasarım yöntem ve dayanımlarını belirler. Ankrajlar için ise, tasarım yöntemi EOTA TR045 Deprem (Sismik) Aktivitelere Betonda Kullanılacak Metal Ankrajların Tasarımını belirlerken, Avrupa Teknik Onay Kurallarına göre (ETAG), özellikle de Ek E(Annex E - Sismik Aktivitedeki Metal Ankrajların Değerlendirilmesi) de belirtilen, özel ürün için dayanım Avrupa Teknik Değerlendirmesi'nde (eski adıyla Avrupa Teknik Onay) verilmektedir.

Bu durum aynı zamanda ankraj davranışının doğrulanması veya değerlendirilmesi ihtiyacının, yapısal elemanların tasarımı ile ankraj tasarımı kural sistemi arasındaki temel farkı oluşturduğunu da göstermektedir.



Şekil 2.7 Beton ve ankrajlarla ilgili Avrupa kural sistemine genel bakış

**Deprem yükü altında ankraj tasarımı:** ETAG 001 Annex E ve EOTA TR045 ankraj uygulamaları ile ilgili deprem koşullarını iki gruba ayırmaktadır: C1 ve C2. Bu iki kılavuz standarda göre, deprem onayı bulunmayan dübeller ancak yok denecek kadar düşük deprem ivmesine ait bölgelerde kullanılabilirken; Türkiye'nin yüksek yer ivmesi nedeniyle ülkemizde deprem performans kategorisi C2 olan ankrajların kullanılması gerekmektedir.

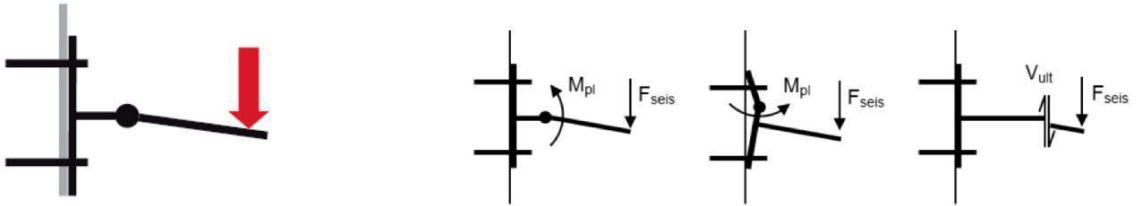
Çizelge 2.1 Ankrajlar için deprem kategorisi

| $a_g \times s$ | Structural applications |                  | Non-structural applications |                  |
|----------------|-------------------------|------------------|-----------------------------|------------------|
|                | Building IV             | Building II, III | Building IV                 | Building II, III |
| 0.05 - 0.1 g   | ETA C2                  |                  | ETA C1                      |                  |
| 0.1 g          | ETA C2                  |                  |                             |                  |

$$a_g = \gamma_1 \times a_{gr} \quad (2.6)$$

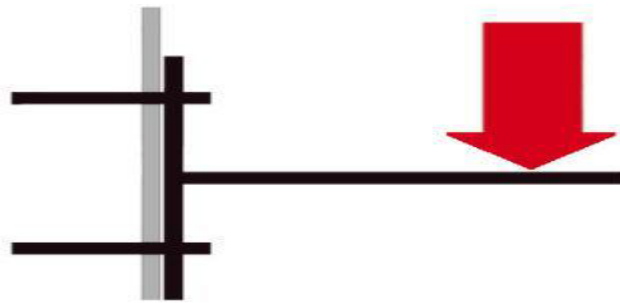
**Deprem durumunda kullanılacak ankrajlar için tasarım seçenekleri:** Sünek tasarım yapısal elemanlar için genellikle aranan bir koşuldur. Bu koşul, ankrajlar için de geçerli bir durumdur ancak gevrek kopma hatası da belirli durumlarda hesaba katılabilmektedir. EOTA TR045'te sünek olmayan ve sünek tasarım seçenekleri sunulmaktadır. Sünek olmayan tasarımda kendi içinde kapasite tasarımı ve elastik tasarım olarak iki bölümde incelenmektedir.

**Kapasite tasarımı (sünek olmayan tasarım):** Ankrajdan, bağlanan ankraj plakası ve profil gibi malzemelerin dayanım kapasitesine eşit yükleri taşıması beklenir. Bu durumda, ankraja gelen yükü belirleyecek olan beraber çalıştığı plaka, profil gibi elemanların dayanımlarıdır ancak buna dayanarak ankraj grubunun en kritik yük kombinasyonunu bulmak genellikle son derece zordur. Sistemin zayıf halkasının belirlenmesi zor olduğu için bu seçenek genelde mafsalsız bulunması gibi zayıf halkanın çok net bilindiği durumlarda kullanılmaktadır.



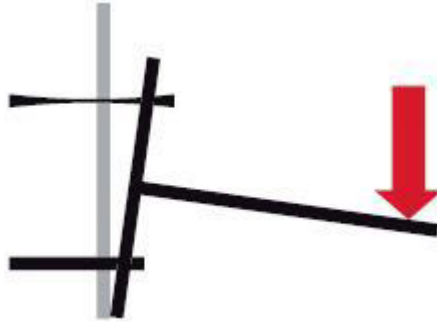
Şekil 2.8 Uygulanan yükler ile meydana gelebilecek gerilme şekilleri

**Elastik tasarım (sünek olmayan tasarım):** Elastik tasarım, ankraj plakalarının deprem tasarımında gevrek kopmaya izin veren tek tasarımdır. Bu opsiyon seçilirse; tüm yapısal sistemdeki enerji dağılımının sağlanamaması ve sistemdeki plaka, profil gibi elemanların elastik çalıştığı öngörüldüğünden davranış faktörü  $q$  (Eurocode 8'de açıklanmıştır) 1 olarak alınmalıdır.



Şekil 2.9 Gevrek kopma

**Düktil tasarım (sünek kopma):** Bu durumda C2 onaylı dübeller kullanılacak olup, çelik hatasının en zayıf dayanıma sahip olacağı koşullarda geçerlidir. Ayrıca bu süneklik beton içerisinde ankrajlı manşonlu uygulaması veya plaka ile beton arasında mesafe bırakılması ile sağlanabilmektedir.



Şekil 2.10 Sünek kopma

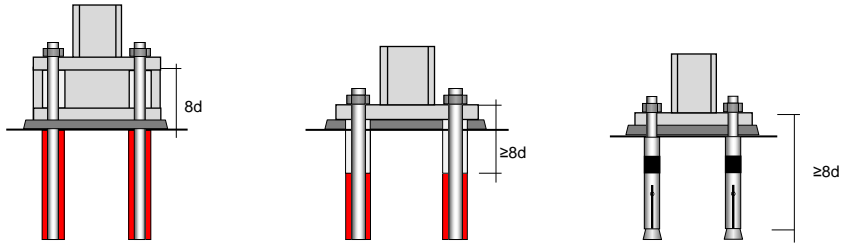
Çekmedeki tek ankraj için:

$$R_{k,s,seis} \leq 0,7 R_{k,conc,seis} / \gamma_2 \quad (2.7)$$

Çekmede iki veya daha fazla ankraj grubu için:

$$R_{k,s,seis} / F_{Sd}^h \leq 0,7 R_{k,conc,seis} / \gamma_2 \times F_{Sd}^e \quad (2.8)$$

Ankrajların çekme yüklerini sünek şekilde iletmesi ve uzamanın en az 8 d olması gerekir.



Şekil 2.11 Sünek kopma için gerekli uzama

Yük transfer kısmında nominal maksimum çekme dayanımı 800 Mpa'dan büyük değilse ankraj sünek olarak düşünülür.

**Ankraj üzerindeki yük derivasyonları:** Yapısal olmayan elemanlar için yataydaki sismik etkiler EN 1998-1'e göre açıklanmaktadır.

Çizelge 2.2 Davranış Faktörü Değerleri [9]

Values of  $q_s$  and  $A_s$  for non-structural elements

| Type of non-structural element  | $q_s$ | $A_s$ |
|---|-------|-------|
| Cantilevering parapets or ornamentations  | 1,0   | 3,0   |
| Signs and billboards  |       | 3,0   |
| Chimneys, masts and tanks on legs acting as unbraced cantilevers along more than one half of their total height   |       | 3,0   |
| Hazardous material storage, hazardous fluid piping  |       | 3,0   |
| Exterior and interior walls   | 2,0   | 1,5   |
| Partitions and facades  |       | 1,5   |
| Chimneys, masts and tanks on legs acting as unbraced cantilevers along less than one half of their total height, or braced or guyed to the structure at or above their centre of mass |       | 1,5   |
| Elevators   |       | 1,5   |
| Computer access floors, electrical and communication equipment  |       | 3,0   |
| Conveyors   |       | 3,0   |
| Anchorage elements for permanent cabinets and book stacks supported by the floor  |       | 1,5   |
| Anchorage elements for false (suspended) ceilings and light fixtures  |       | 1,5   |
| High pressure piping, fire suppression piping   |       | 3,0   |
| Fluid piping for non-hazardous materials  |       | 3,0   |
| Computer, communication and storage racks   |       | 3,0   |

$$S_a = a_{gr} \times S \times [(1+(z/H)) \times A_s^{-0,5}] \quad (2.9)$$

$$A_s = 3 / 1 + (1 - T_a/T_1)^2 \quad (2.10)$$

Yapısal olmayan yapılar için Dikey sismik kuvvet

$$F_{va} = (S_{va} \times W_a \times \gamma_a) / q_a \quad (2.11)$$

$$S_{va} = \alpha_v \times A_s \quad (2.12)$$

**Ankrajın yapacağı deplasmanın deprem performansına etkisi:** Rijit bağlantının ancak sınırlı bir ankraj deplasmanı ile sağlanabileceği; sismik izolasyon ve sönümlendirme gibi birçok uygulama vardır. Bu tip durumlarda ankraj deplasmanı da hesabın içine katılmalıdır.

ETAG 001 Annex E'de deplasman etkisi sadece C2 deprem performansı tanımında bahsedildiği için bu tip uygulama için hesaplama yapılırken C2 kategorisine göre tasarım yapılması önerilmektedir. Tasarımda kullanılacak hesap dataları aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır.

$R_{k,seis}$ : ETA'da EC2-4 (EOTA TR045) ile hesaplanmış ve belirtilmiştir.

$$R_{k,seis} = \alpha_{gap} \times \alpha_{seis} \times R_{k0,seis} \quad (2.13)$$

$\alpha_{gap}; 0,5$  ya da 1 alınır

$$R_{d,seis} = R_{k,seis} / \gamma_m \quad (2.14)$$

$\gamma_m$ ; statik ve sismik hesaplamada aynı değer alınır

$$N_{Rd,seis,reduced} = N_{Rd,seis} \times \delta_{N,req} / \delta_{N,seis} \quad (2.15)$$

$$V_{Rd,seis,reduced} = V_{Rd,seis} \times \delta_{V,req} / \delta_{V,seis} \quad (2.16)$$

**Deprem tasarımında ankraja uygulanan dayanım azaltma faktörleri:** Statik koşullarda uygulanan her türlü güvenlik faktörüne ek olarak dayanım azaltma faktörü “ $\alpha_{seis}$ ” de uygulanmalıdır. Çizelge 2.3’de listelenen bu değerler EOTA TR45’te yayınlanmıştır.

Çizelge 2.3 Azaltma faktörü

| Yükleme tipi | Hata modu                  | Tekil ankraj | Ankraj grubu |
|--------------|----------------------------|--------------|--------------|
| Çekme        | Çelik hatası               | 1.0          | 1.0          |
| Çekme        | Sıyırılma hatası           | 1.0          | 0.85         |
| Çekme        | Beton konik kopma hatası   | 1.0          | 0.85         |
| Çekme        | Beton konik kopma hatası-2 | 0.85         | 0.75         |
| Çekme        | Parçalanma hatası          | 1.0          | 0.85         |
| Kesme        | Çelik hatası               | 1.0          | 0.85         |
| Kesme        | Beton kenar kopma hatası   | 1.0          | 0.85         |
| Kesme        | Beton kaldıraç etkisi      | 1.0          | 0.85         |
| Kesme        | Beton kaldıraç etkisi-2    | 0.85         | 0.75         |

### 2.3.2.3 Yorulma [10]

Değişken zorlanmalar altında makina elemanlarında meydana gelen hasar “yorulma” olarak adlandırılır. Bu zorlanmalara maruz makina elemanları, akma dayanımlarının çok altındaki gerilmeler altında zaman içinde hasara uğrarlar. Yorulmada nihai hasar, malzeme içinde oluşan küçük mikro çatlakların, değişken zorlanmalar neticesinde zamanla ilerleyerek büyümesi sonucunda ortaya çıkar. Bu olay daha ziyade metalsel malzemelerde gözlenir. Makina elemanlarında yer alan çeşitli süreksizlikler (kama yuvası, fatura, vida dişi, pim deliği, segman yuvası vb. gibi) yorulma hasarını hızlandırıcı etki yaparlar.

#### **Yorulmaya etki eden faktörler:**

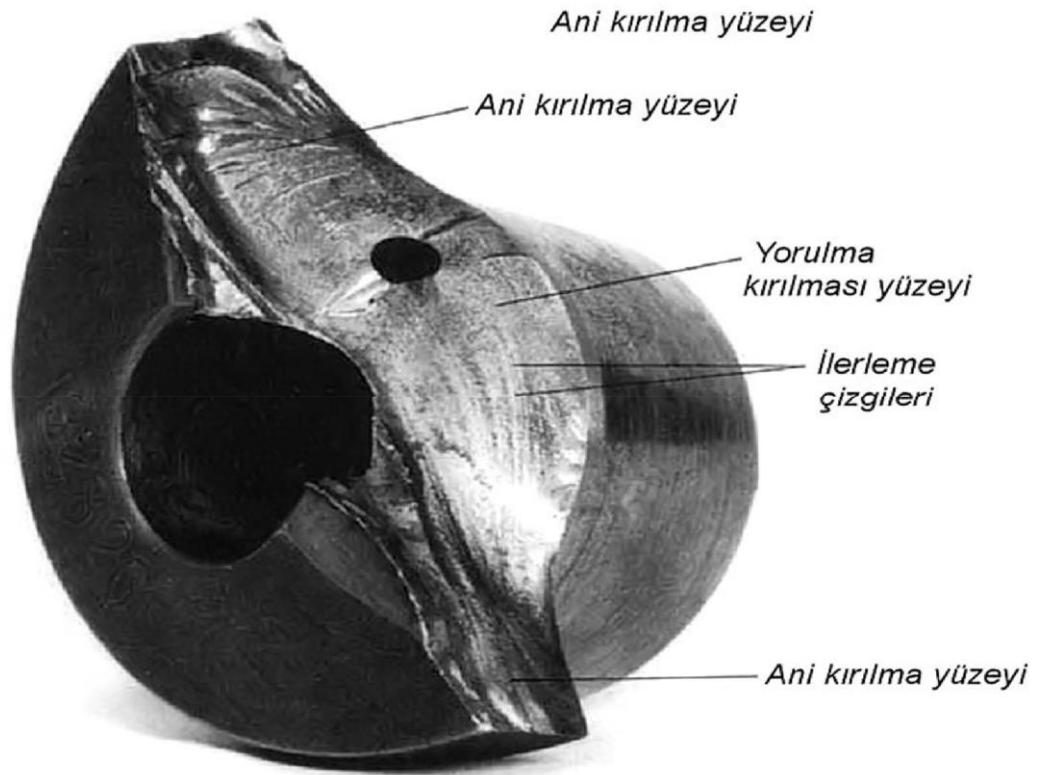
- Gerilme hali
- Geometri
- Malzeme türü
- Artık gerilmeler
- İç kusurların boyutları ve dağılımı
- Yükleme doğrultusu
- Tane büyüklüğü
- Çevre
- Sıcaklık

Yorulma sınırını etkileyen pek çok faktör olmakla birlikte, aşağıda sadece bunların en önemlileri listelenmiştir.

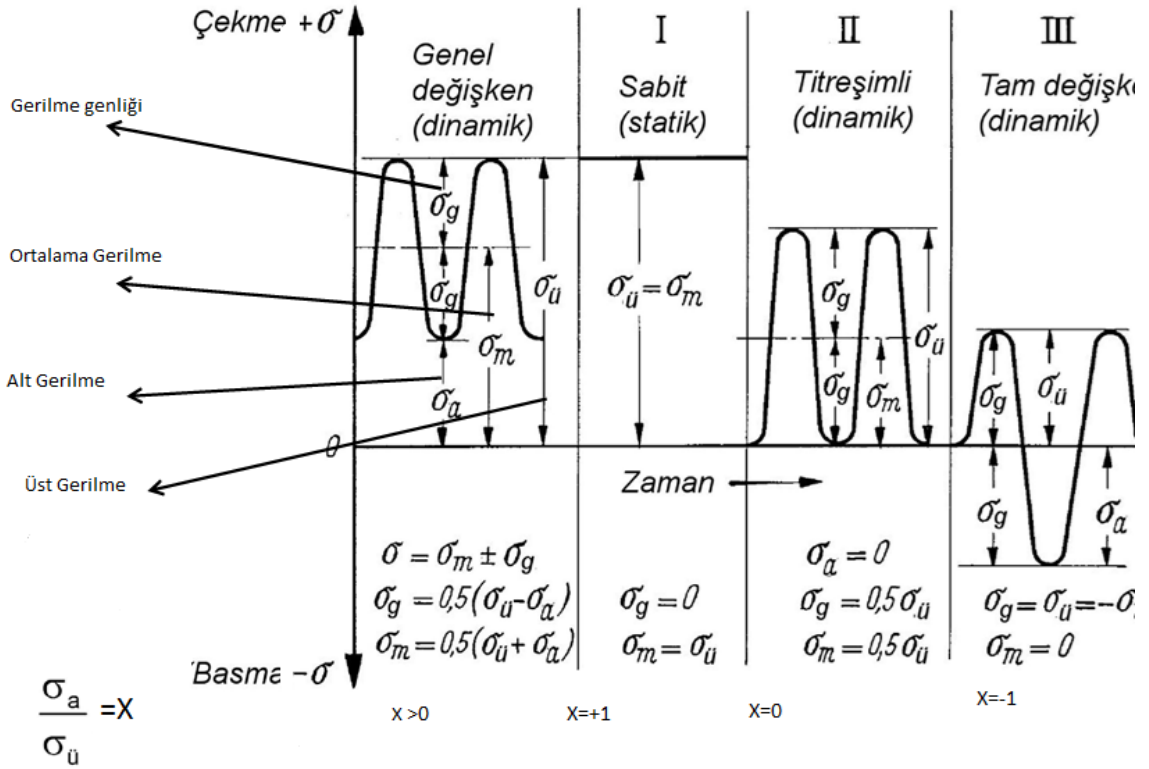
1. Parça büyüklüğünün etkisi
2. Yüzey kalitesi
3. Çentik etkisi



**Yorulma hasar örnekleri:**

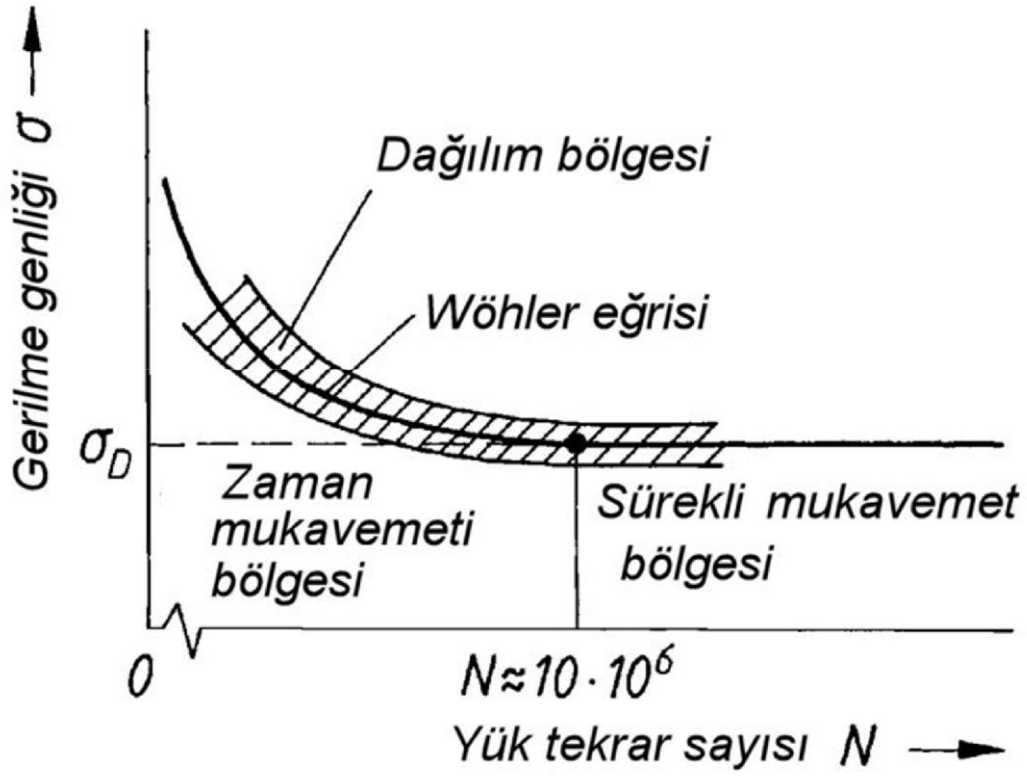


Şekil 2.12 Krank milindeki yorulma hasar örneği



Şekil 2.13 Gerilmelerin sınıflandırılması

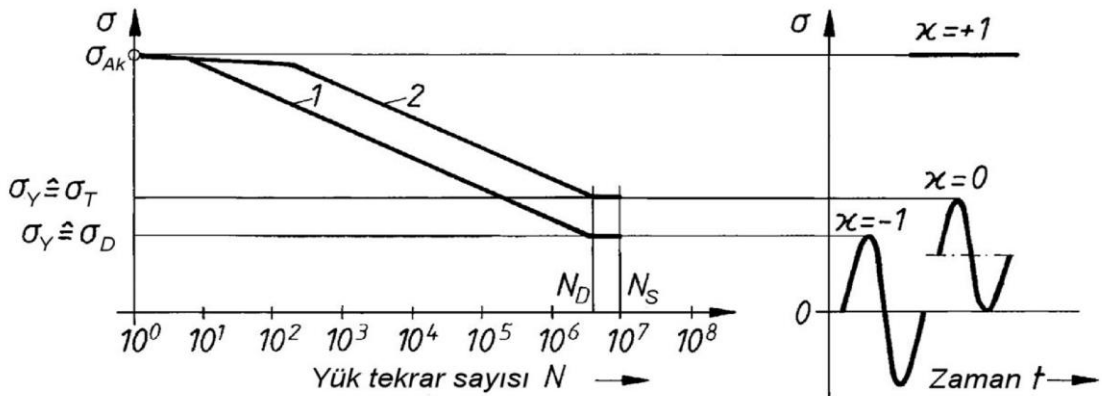
**Wöhler eğrisi:** Yorulma konusundaki ilk testler 1866 yılında August Wöhler (1819-1914) tarafından vagon aksları üzerinde yapılmıştır. Wöhler eğrileri belirli bir ortalama gerilme için, gerilme genliği ile yük tekrar sayısı arasında çizilmiştir.



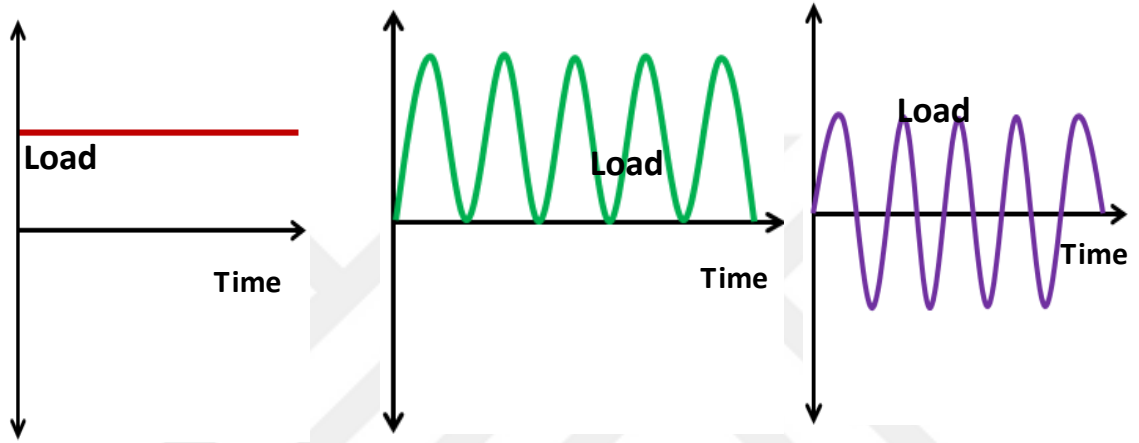
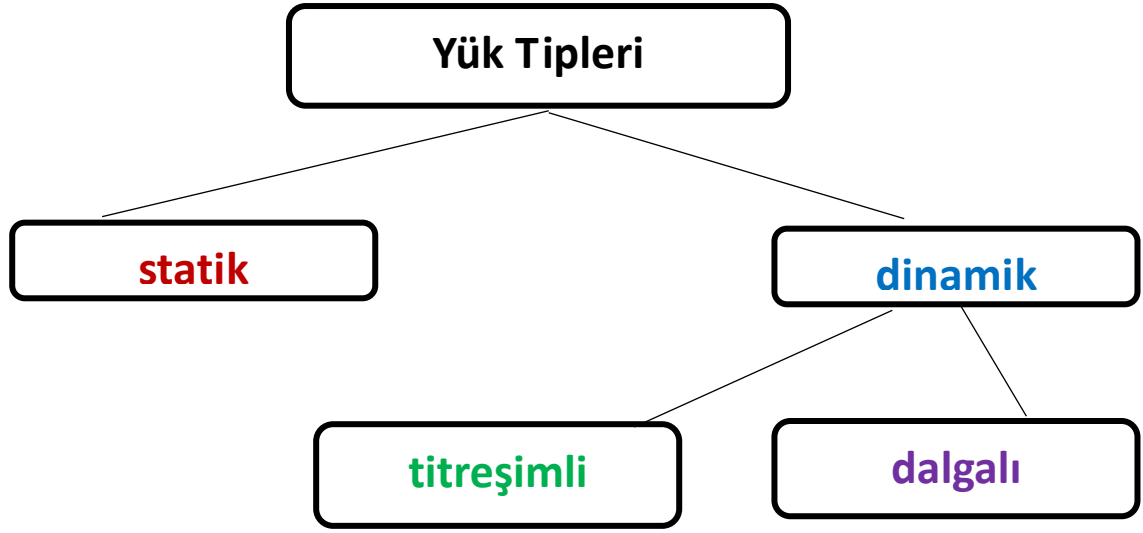
Şekil 2.14 Wöhler eğrisi

Wöhler eğrisinin zaman mukavemeti bölgesinde ömür, zamanla sınırlıdır. Belirli bir noktadan sonra şekilde gösterilen  $\sigma_D$  değeri aşılmadığı takdirde malzemenin pratik olarak sonsuz ömre sahip olduğu söylenir. Bu gerilme değeri yorulma sınırı olarak adlandırılır.

Wöhler eğrisi logaritmik skalada çizilirse anlaşılması daha kolay bir hale gelir.



Şekil 2.15 Logaritmik Wöhler eğrisi



Şekil 2.16 Yükleme tipleri

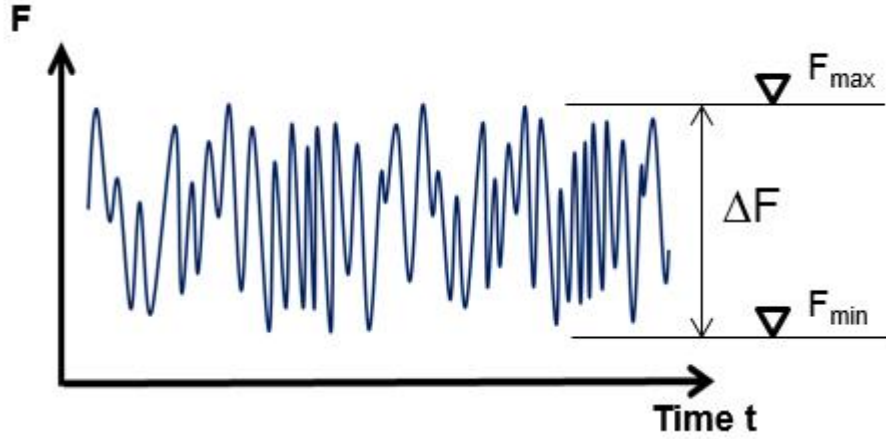
**Yarı statik yükleme:**

Çizelge 2.4 Yarı statik yükleme yük katsayıları

| Last Type | Description                 | $\gamma_{F,sup}$<br>(unfavorable) | $\gamma_{F,inf}$ (favorable) |
|-----------|-----------------------------|-----------------------------------|------------------------------|
| $G_k$     | Kendi ağırlığı + geçici yük | 1.35                              | 1                            |
| $Q_k$     | Rüzgar veya kar             | 1.5                               | 0                            |

$$F_{Ed,perm} = \gamma_{F,G} \times G_k + \gamma_{F,Q} \times Q_k \quad (2.17)$$

### Dinamik yükleme:

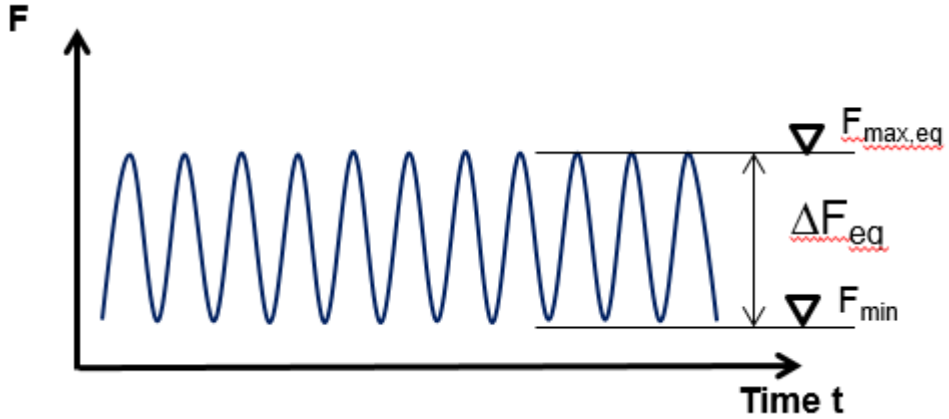


Şekil 2.17 Tipik yükleme sırası

$$F_d = F_{max} \times \gamma_F$$

(2.18)

$$\gamma_F = 1$$



Şekil 2.18 Tehlike eşdeğer yükü

$$F_d = F_{min} + (\Delta F \times \gamma_F)$$

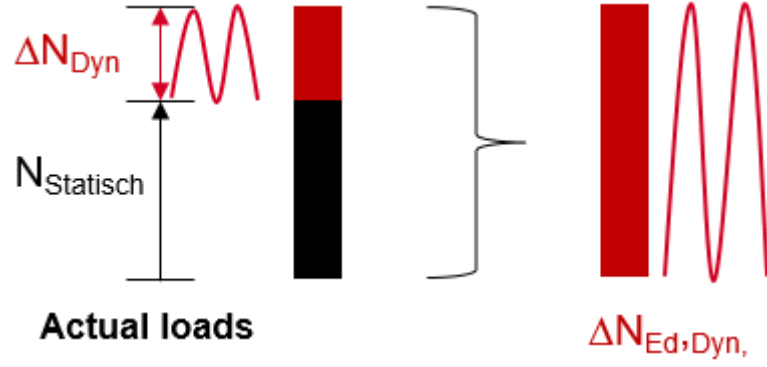
(2.19)

$$\gamma_F = 1,2$$

### Yorulma durumu için ankraj tasarımı:

Yorulma tasarımında 2 metod tipi kullanılır. Bunlar Metod 1 ve Metod 2 olarak adlandırılır. Metod 1; 100.000'den küçük ve 10.000-1.000.000 çevrim aralıklı uygulamalar için, Metod 2; 1.000.000 üzerinde çevrim sayılı uygulamalar için kullanılır.

Statik ve dinamik yük toplanarak tek bir dinamik yük olarak kabul edilir.



Şekil 2.19 Yorulmada uygulanacak toplam yük

Ancak toplam yük değeri elde edilmeden önce dinamik yük  $\gamma_{F,N}$  veya  $\gamma_{F,V}$  değerleri ile çarpılır, elde edilen değer statik yükle toplanır, son dinamik yük değeri elde edilir.

Çekme yönünde uygulanan kuvvete karşılık meydana gelecek çelik hatası için aşağıdaki formül kullanılır:

$$\gamma_{F,N} \times \Delta N_{Ed} / (\Delta N_{Rk,s} / \gamma_{Ms,N}) \leq 1 \quad (2.19)$$

Kesme yönünde uygulanan kuvvete karşılık meydana gelecek çelik hatası için aşağıdaki formül kullanılır:

$$\gamma_{F,V} \times \Delta V_{Ed} / (\Delta V_{Rk,s} / \gamma_{Ms,V}) \leq 1 \quad (2.20)$$

Çekme ve kesme yönünde uygulanan kuvvete karşılık meydana gelecek çelik hatası için aşağıdaki formül kullanılır:

$$(\gamma_{F,N} \times \Delta N_{Ed} / (\Delta N_{Rk,s} / \gamma_{Ms,N}))^\alpha + (\gamma_{F,V} \times \Delta V_{Ed} / (\Delta V_{Rk,s} / \gamma_{Ms,V}))^\alpha \leq 1 \quad (2.21)$$



Şekil 2.20 Yorulma testinde çelik hasarı



Şekil 2.21 Yorulma testinde beton kopma hatası

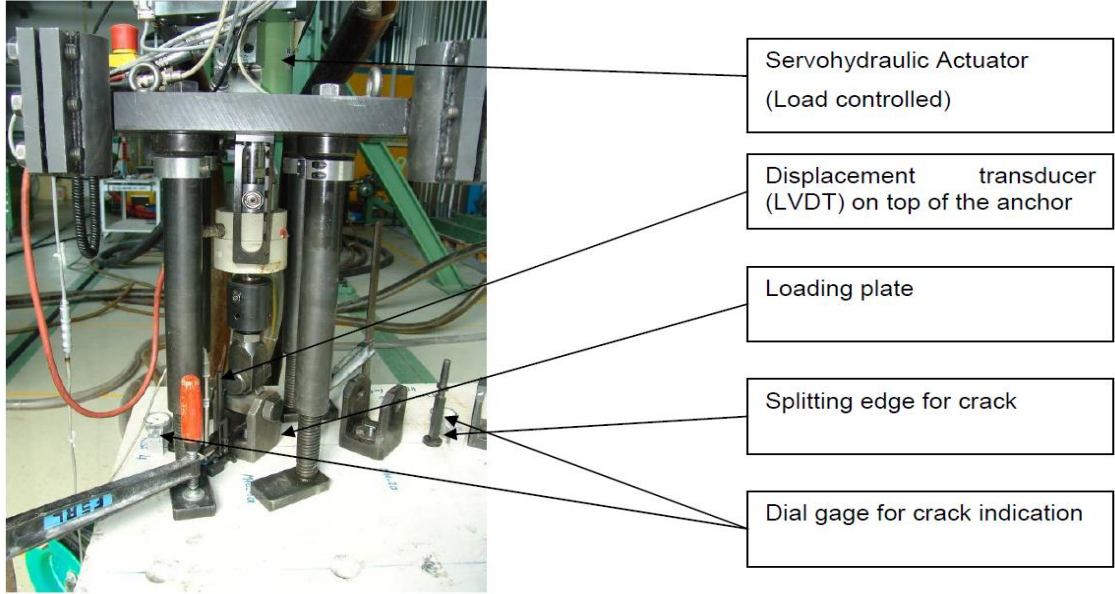


## 2.4 Hilti Dübel Test Uygulaması [11]

Yorulma testleri Amerikan Uluslararası standardı ASTM E 488-96 (2003) (2) göre uygulanmıştır. Test, Hilti HDA M12 dübele uygulanmıştır.

Beton kalitesi C20/25'dir.

Dübel için delik, belirtilen normlara göre açıldı. Dübel montajı, Hilti firmasının belirttiği tork değerlerine göre yapıldı. Test, 9Hz de  $2 \times 10^6$  çevrim oranıyla  $F_0 = 14,1 \text{ kN}$   $F_u = 1,41 \text{ kN}$  olarak uygulanmıştır.  $2 \times 10^6$  çevrim sonucunda çelik kopma hatası meydana geldi. Kalıntı gerilme değeri 71,8kN olarak ölçüldü.



Şekil 2.22 Yorulma test cihazı

**HILTI** Fastening Systems Research Laboratory

**TWU FSRL – 12/10** D 15.02.2011  
Fastening Systems (TF) P 18 | 23

### 8.2. Test results HDA-P M12x125/30

The detailed test results are documented in the test report HDA-P M12 [9].

#### 8.2.1. Tensile Fatigue Test HDA-P M12x125/30

$f=9\text{Hz}$ ,  $\Delta F=12.96\text{kN}$  ( $F_0=14.1\text{kN}$ ,  $F_u=1.41\text{kN}$ )

Table 8-4: Test results tensile fatigue loading M12 – washer „coming specification“

| Pos | Sample  | Load Cycles | Result     | Residual Load | Failure             |
|-----|---------|-------------|------------|---------------|---------------------|
| 1   | M12a_T1 | 2E6         | no failure | 72.0 kN       | Steel Failure (rod) |
| 2   | M12a_T2 | 2E6         | no failure | 72.3 kN       | Steel Failure (rod) |
| 3   | M12a_T3 | 2E6         | no failure | 71.3 kN       | Steel Failure (rod) |

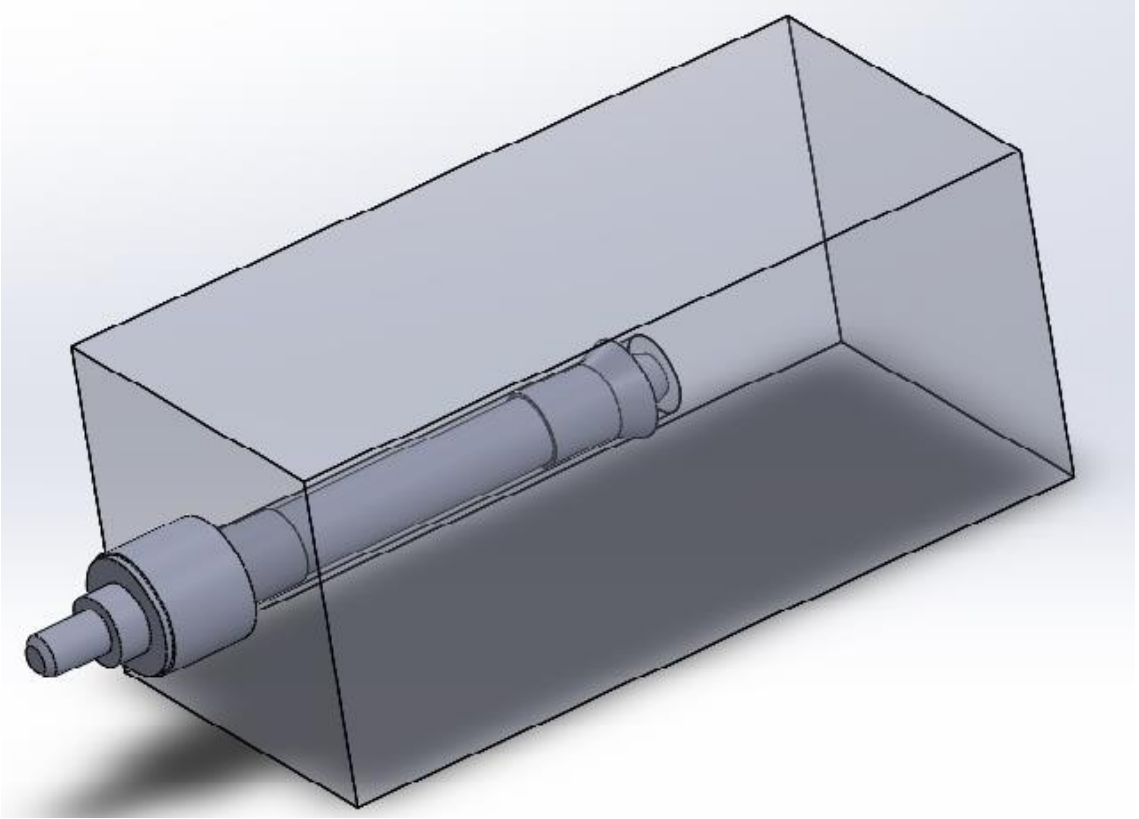
Şekil 2.23 Dübel test raporu [11]



### MEKANİK DÜBEL YORULMA ANALİZİ

#### 3.1 Geometri

Mekanik dübel sistemi ve analiz için gereken parça bileşenleri modeli şekil 3.1’de gösterilmiştir.



Şekil 3.1 3D CAD model

### 3.2 Koordinat Sistemi

Sonlu elemanlar modeli oluşturulurken kullanılan kartezyen koordinat sistemi Şekil 3.2 'de verilmiştir. Buna göre beton ve dübelin merkezinde olmak üzere; +z yönü, beton arka parçasının merkezinden ön parçasının merkezine bir vektör ile ifade edilebilir.

Model, söz edilen koordinat sisteminde xz ve yz düzlemlerine göre simetriktir.

### 3.3 Birim Sistemi

Model oluşturulurken ve çözüm esnasında kullanılan birim sistemi kütle için kg, uzunluk için milimetre (mm) ve zaman için saniye (s) 'dir.

### 3.4 Malzeme Özellikleri [12]

DIN 1.0021 çeliği seçilmiştir. Malzeme kimyasal bileşenleri çizelge 3.1'deki gibidir.

Çizelge 3.1 Malzeme özellikleri

| Malzeme | Min. | Max. |
|---------|------|------|
| C       | 0,18 | 0,23 |
| Mn      | 0,3  | 0,6  |
| P       |      | 0,04 |
| S       |      | 0,04 |
| Si      | 0,15 | 0,35 |

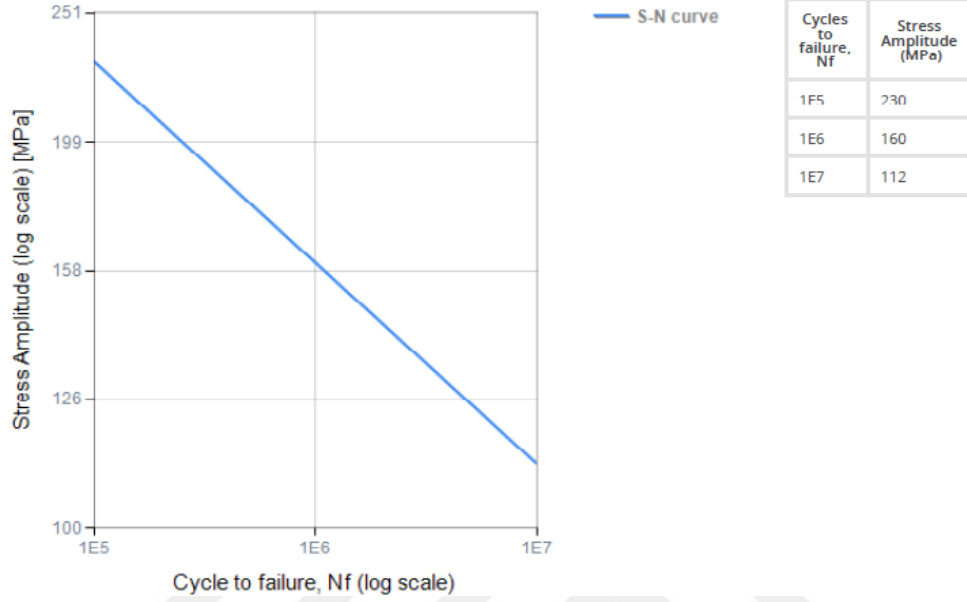
Elastisite modülü: 203 GPa

Akma sınırı: 262 MPa

Çekme dayanımı: 441 MPa

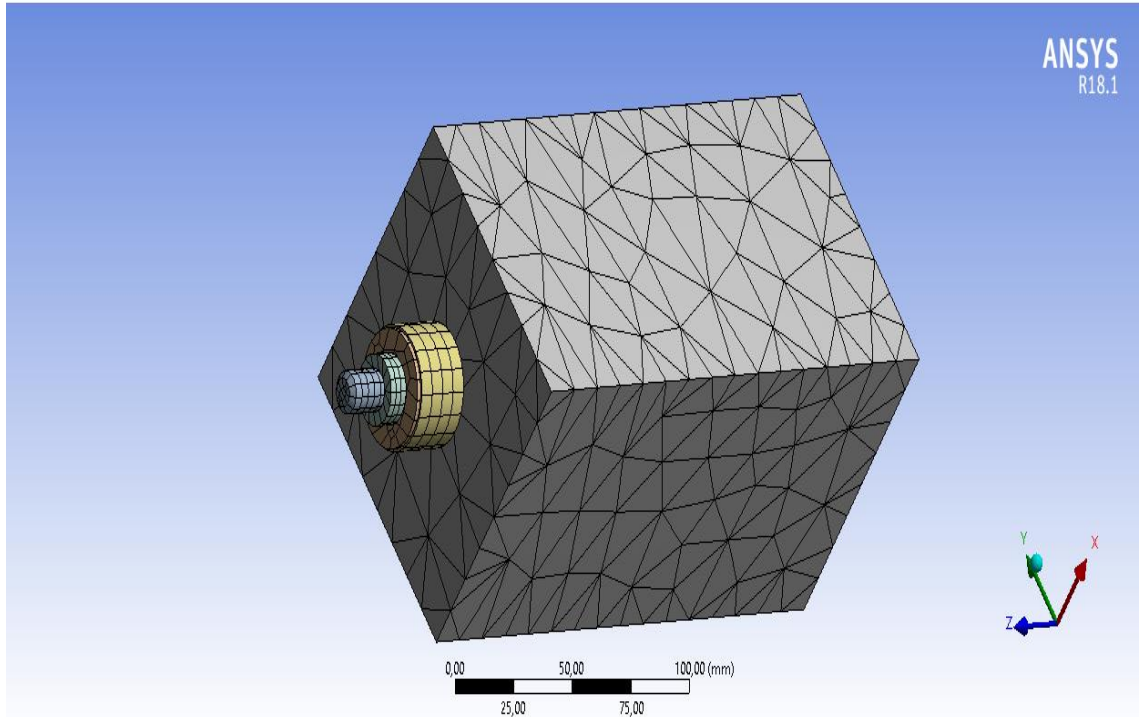
| Orientation | Specimen | Fatigue strength (MPa) | Number of cycles |
|-------------|----------|------------------------|------------------|
| -           | -        | 144                    | 2E6              |

Comment: Fatigue strength is obtained from strain-life data at long life

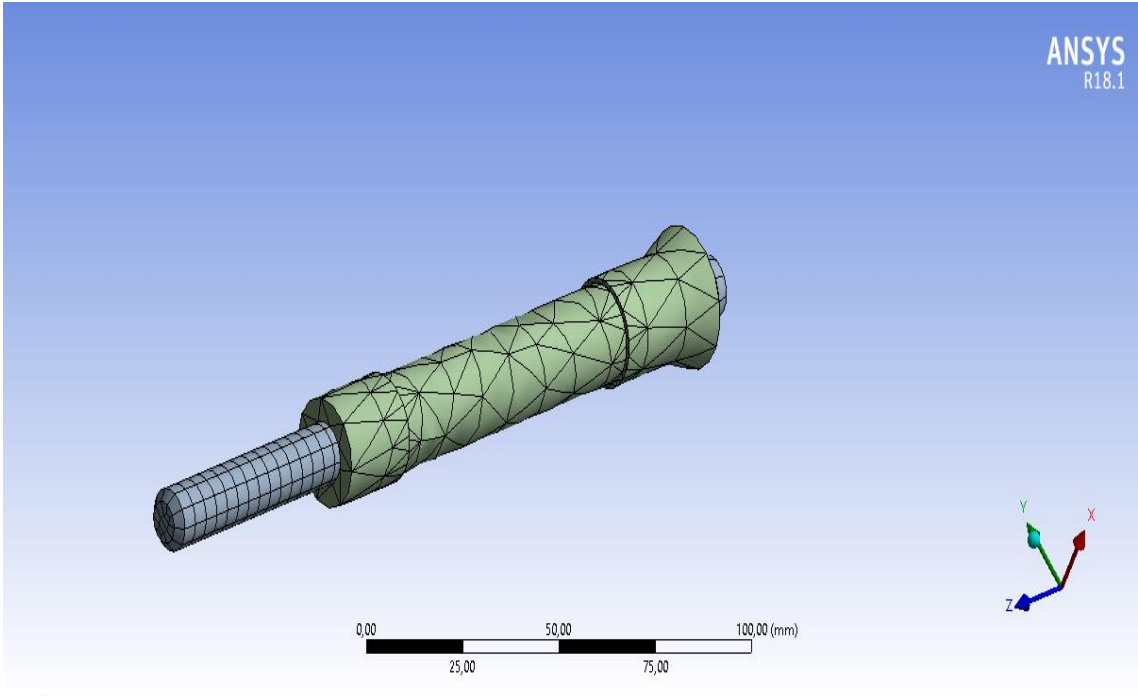


Şekil 3.2 Malzeme S-N Eğrisi

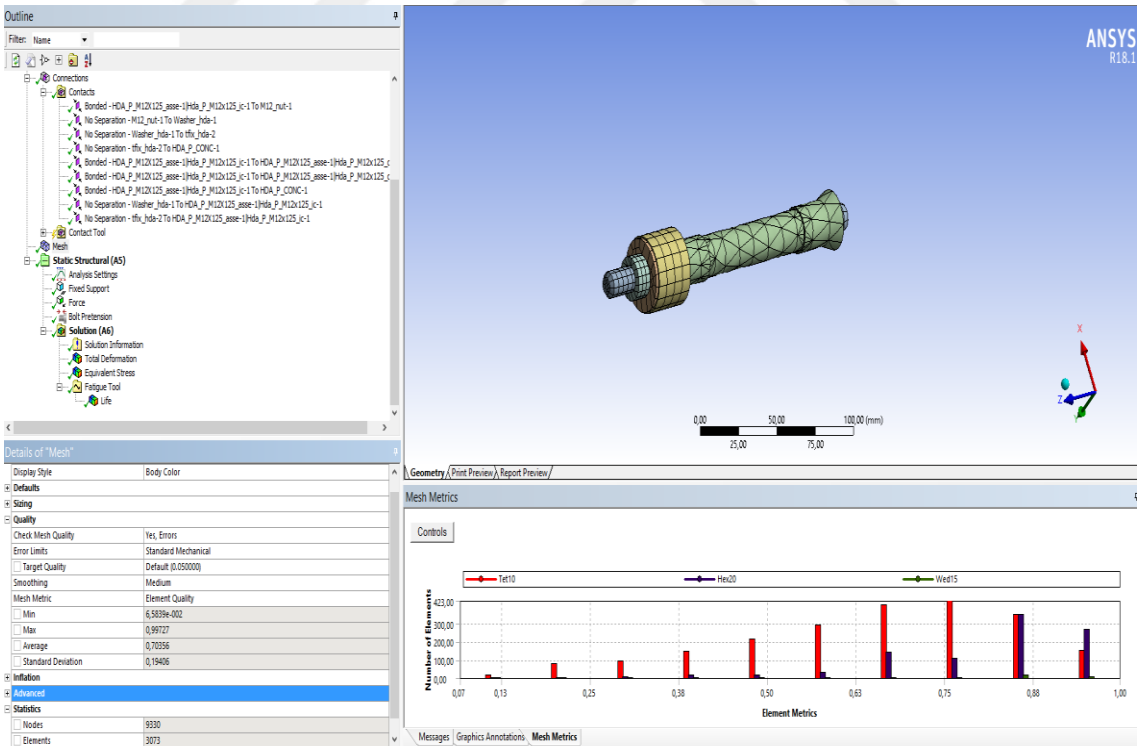
### 3.5 Sonlu Elemanlar Modeli



Şekil 3.3 Tüm modele mesh atılmış durum



Şekil 3.4 Dübele mesh atılmış durum

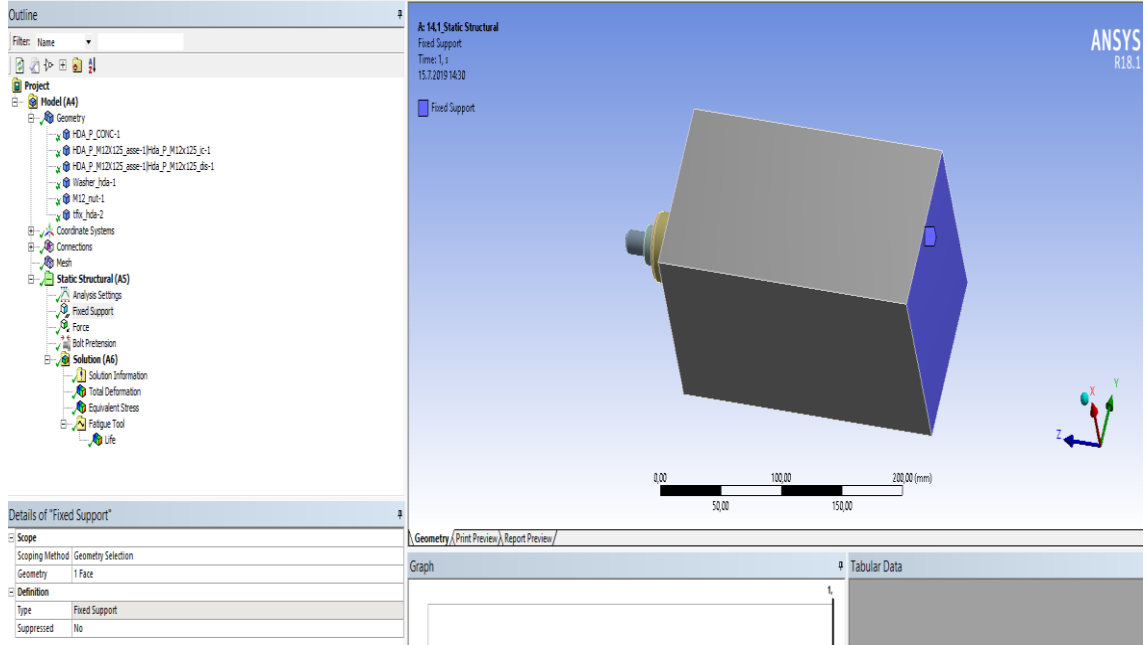


Şekil 3.5 Dübel mesh kalitesi

Mesh kalitesi için «quality» sekmesinden «Mesh Metric» kontrol edildi. Ortalama değerin 1'e yakın olduğu gözlemlendi. Kaliteli meshleme yapıldığı sonucu elde edildi.

### 3.6 Sınır Koşulları

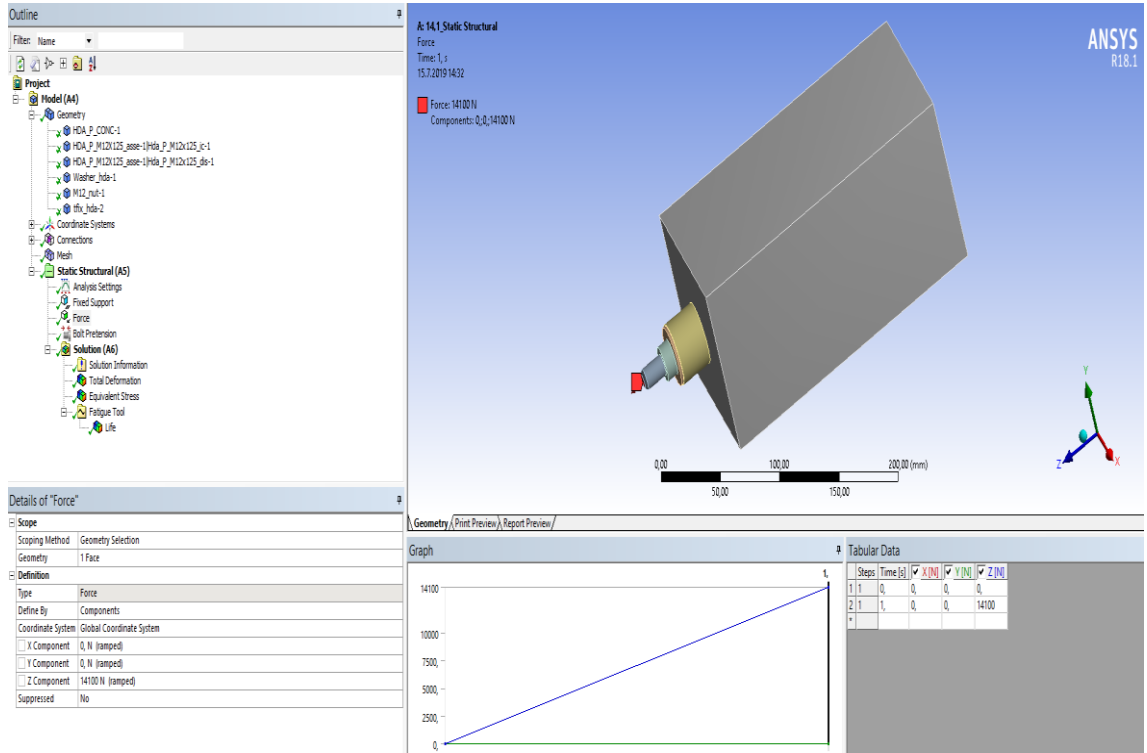
Dübel 125mm beton içine ankrajlandı.



Şekil 3.6 Beton sabitleme noktası

### 3.7 Yükleme Durumları

Dübele 80 N ile torklama uygulandı.

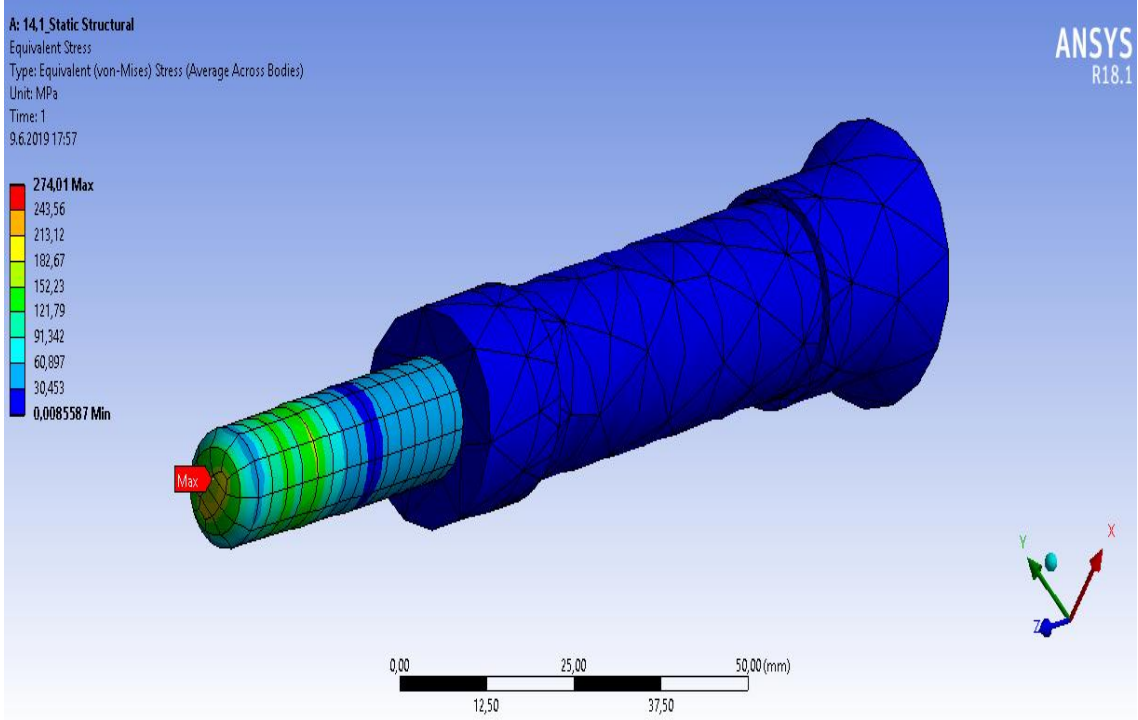


Şekil 3.7 Çekme kuvveti uygulama noktası

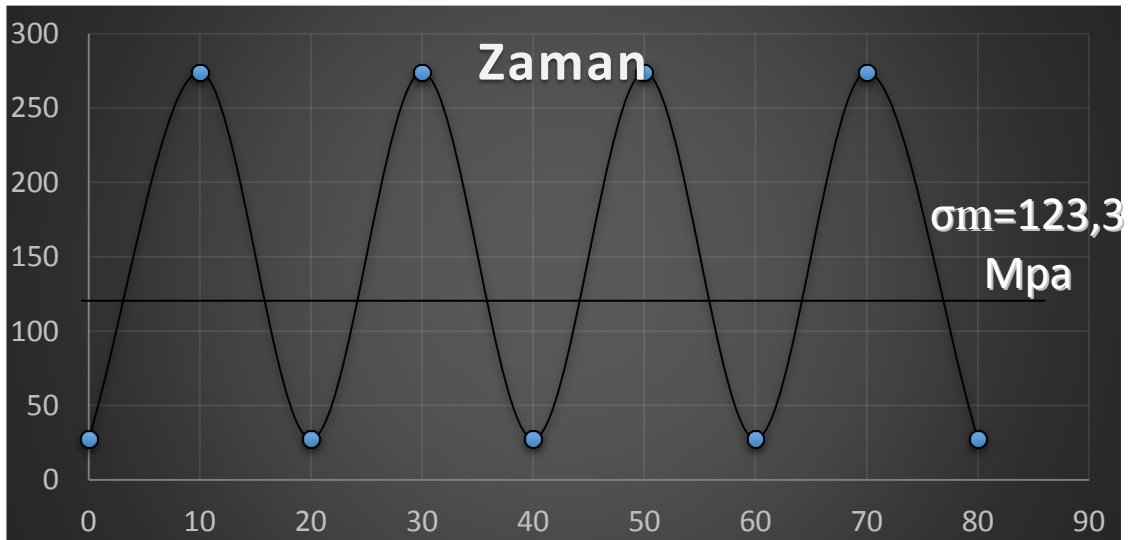
### 3.8 Analiz Sonuçları

Von-mises teorisine göre gerilme analizi uygulandı. Kuvvetin uygulandığı yerde max 274 Mpa gerilme meydana geldi.

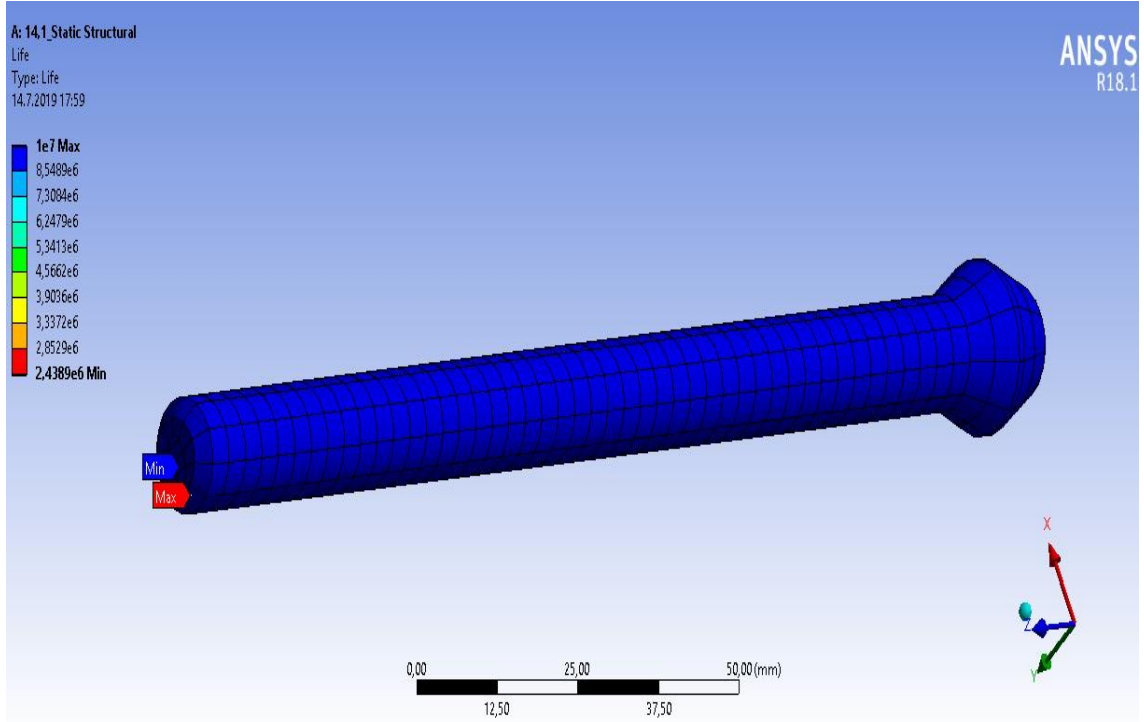
Ömür hesabı için Gerber yaklaşımı uygulandı (Malzeme sünek malzeme olmasından dolayı).



Şekil 3.8 Gerilme değişimi



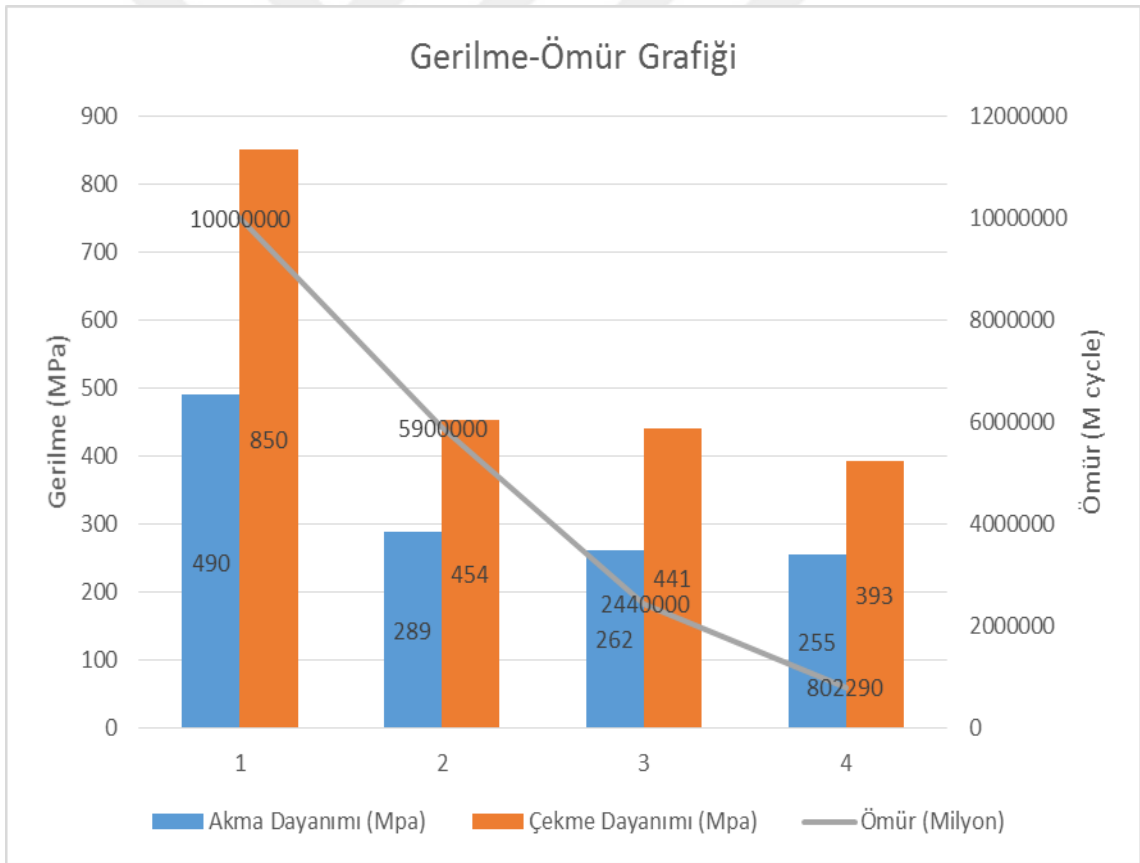
Şekil 3.9 Uygulanan tekrarlı gerilme değeri



Şekil 3.10 Yorulma Analizi

### SONUÇ VE ÖNERİLER

Ansys programında farklı akma ve çekme dayanımına sahip malzemeler ile yapılan yorulma analizi sonuçları şekil 4.1’de görülmektedir.



Şekil 4.1 Analiz sonuçları

Şekil 4.1 de görülmekte olan, çekme dayanımı 441 Mpa ve akma dayanımı 262 Mpa olan 3 numaralı numune için ömür 2440000 yükleme tekrarı olarak hesaplanmıştır.

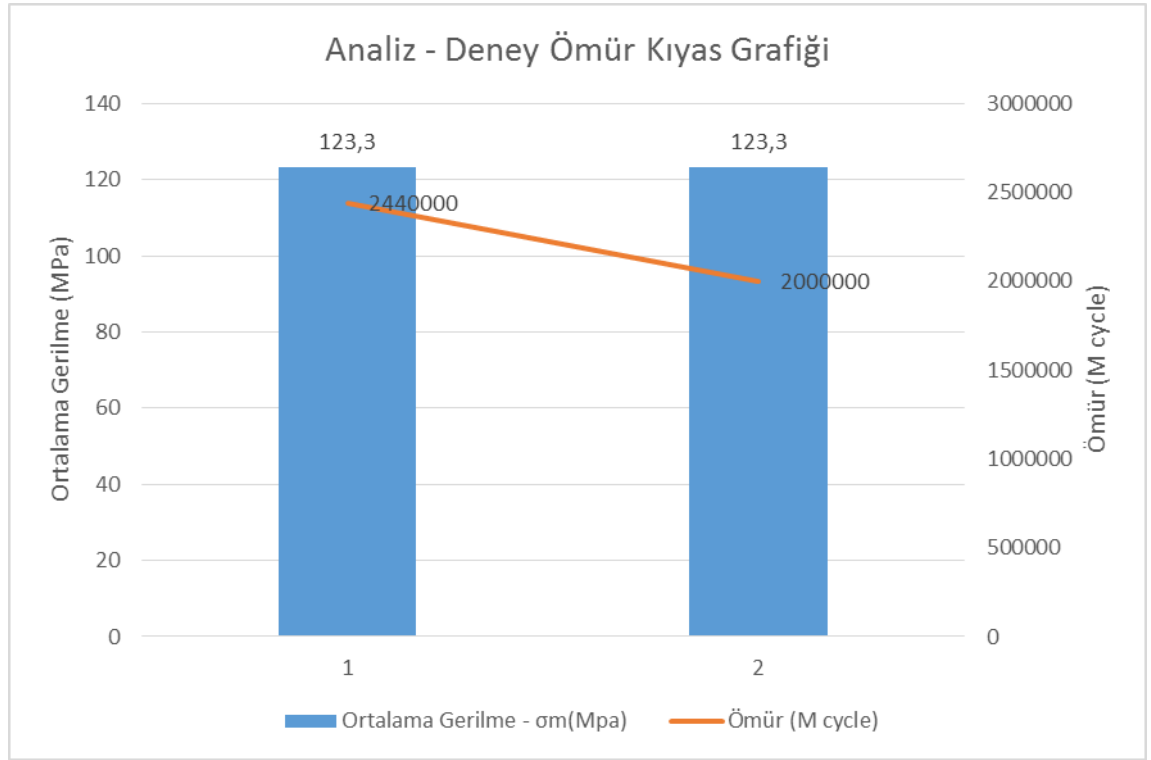


Aynı özelliklerde test numunesi hazırlanarak laboratuvar ortamında yapılan yorulma testlerine ömür 2.000.000 yükleme tekrarı olarak bulunmuştur (şekil 4.2).

Ansys programında yorulma analizinden elde edilen ömür ile dübele uygulanan testin [11] sonuçları kıyaslandığında aralarında %21 lik fark olduğu gözlemlenmektedir.

Dübele uygulanan test sonuçları ile analiz sonuçları birbirine oldukça yakın değerlerde olduğu için yorulma analiz modelinin doğru olduğu anlaşılmaktadır. Buna göre hazırlanmış olan analiz modeli kullanılarak ekstrem koşullar test edilebilir.

Aradaki küçük farkın sebebi; analiz programında yüzey işleme, malzeme sertlik sapması gibi işlemlerin göz ardı edilmesidir.



Şekil 4.2 Ömür kıyas grafiği

Ayrıca dübele uygulanan testin [11] sonuçları kontrol edildiğinde testler farklı beton kalitelerine uygulanmış, test sonuçlarında değişiklik olmadığı saptanmıştır. Ansys sonlu elemanlar çözücü programında da beton kalitesi ile ilgili herhangi bir işlem yapılmamış, programın sunduğu standart beton datası kullanılmıştır.

Sonuç olarak da beton kalitesinin de yorulmaya etki etmediği gözlemlenmiştir.

## KAYNAKLAR

---

- [1] Shu-Jun,X. ve Chang-Fu,C., (2008).”Mechanical mechanism analysis of tension type anchor based on shear displacement method”, J.Cent.South Univ.Technol., 15:106-111
- [2] Mahrenholtz,P., Eligehausen,R., Hutchinson,T.C. ve Hoehler,M.S., (2016). “Behaviour of post-installed anchors tested by stepwise increasing cyclic load protocols”, NIST National Institute of Standards and Technology, 113(5):997-1008.
- [3] Dwenger, F., Garrecht,H., Kerkhof,K., ve Ahmed,M., (2017). “Development and verification of models for post-installed anchors under dynamic loading and crack cycling in the anchorage zone”, BEXCO, 20-25 August 2017, Korea
- [4] TeknikyazBlogSpot, Teknik, <https://teknikyaz.blogspot.com/2017/05/dubel-nedir-cesitleri-nelerdir.html>, 16.05.2017
- [5] Elektroforum, Dübel Çeşitleri, <http://www.elektroforum.org/def/70326-dubel-nedir-cesitleri-ve-kullanim-alanlari.html>, 16.05.2017
- [6] Hilti, North American Product Technical Guide Volume 2, Yayın No:17, Amerika.
- [7] Özcan,C., Hilti Dübel Tasarımı & Profis Anhor Kullanımı, 19 Ocak 2018,
- [8] Kunz,Dr.J., “Design of Anchors Under Dynamic Loads”, Dr. Fastening Academy, 17 Ekim 2008
- [9] Yujie, L., 23.11.2017. “Hilti Seismic fastener solution”
- [10] Makina Elemanlarının Sürekli Mukavemete Göre Hesabı, Vedat TEMİZ (İTÜ Mak. El. Ders Notu), Bila tarihli
- [11] Condensed Test Report (short) HDA-P Proof of suitability against Fatigue according to ASTM-E 488, 05 Ocak 2010
- [12] Technical Report on Low Cycle Fatigue Properties Ferrous and Non-Ferrous of Materials,SAE J1099/Society of Automotive Engineers, Inc., Warrendale/ 2002, <https://www.totalmateria.com/>, 16.05.2019

## ÖZGEÇMİŞ

### KİŞİSEL BİLGİLER

**Adı Soyadı** : Gökhan Samet KORKMAZ  
**Doğum Tarihi ve Yeri** : 20.10.1987, İzmit/KOCAELİ  
**Yabancı Dili** : İngilizce  
**E-posta** : gokhansametkorkmaz@gmail.com

### ÖĞRENİM DURUMU

| Derece | Alan                | Okul/Üniversite               | Mezuniyet Yılı |
|--------|---------------------|-------------------------------|----------------|
| Lisans | Makine Mühendisliği | Kocaeli Üniversitesi          | 2010           |
| Lise   | Fen Bilimleri       | Gölcük Atatürk Anadolu Lisesi | 2005           |

### İŞ TECRÜBESİ

| Yıl  | Firma/Kurum                              | Görevi                          |
|------|--|---------------------------------|
| 2018 | Hilti İnşaat Malzemeleri San.ve Tic.A.Ş. | Asansör Segment Satış Danışmanı |
| 2014 | Kleemann Asansör San.ve Tic. A.Ş.        | Saha Satış Mühendisi            |
| 2012 | Bulut Makine Asansör San.ve Tic.Ltd.Şti  | Satış Mühendisi                 |
| 2011 | Bulut Makine Asansör San.ve Tic.Ltd.Şti  | Satış Sonrası Destek Mühendisi  |

