

YÜKSEK MUKAVEMETLİ BULONLARIN EMNİYET GERİLMELERİ VE YAPI ÇELİĞİ BURKULMA KATSAYILARI

İnş. Müh. Orhan DOĞAN

Bulonlar en çok kullanılan çözülebilen bağlama elemanlarıdır. Yüksek mukavemetli çelikte üretilen bulonlara *yüksek mukavemetli bulon* (HV bulonları) denir. Yüksek mukavemetli bulonlarla iki türlü birleşim yapılır. Gövdesindeki kayma gerilmeleri ve delik çevresinde oluşan ezilme ile yükü aktaran SL ve SLP birleşimleri ve Yüknün sürtünme kuvveti ile aktarıldığı GV ve GVP birleşimleridir. Burada GV ve GVP birleşimleri konunun kapsamı dışındadır.

Birleşimin SL yada SLP olması gövde çapı (d) ile delik çapı (D) arasındaki ilişkiye bağlıdır. $D-d \leq 1\text{mm}$ ise SL birleşimi, $D-d \leq 0.3\text{mm}$ ise SLP birleşimi söz konusudur.

Bulonun gövde eksenine dik doğrultuda, kesmeye çalışan her bir kesit için, bir HV bulonunun taşıdığı kuvvet,

$$P_{1\tau} = \frac{\pi * d^2}{4} * \tau_{Sem} \quad (1.1)$$

Delik çevresindeki ezilmeye göre ise,

$$P_{1\sigma} = d * (\sum t)_{min} * \sigma_{Lem} \quad (1.2)$$

şeklinde hesaplanır. Burada $(\sum t)$ aynı yöndeki delik çevre basınçları etkisinde bulunan levhaların kalınlıklarının toplamının küçüğüdür. τ_{Sem} ve σ_{Lem} değerleri aşağıdaki tablolardan alınır.

Bulonun gövde eksenine doğrultusunda çekmeye karşı taşıdığı kuvvet

$$P_{1z} = A_b * \sigma_{Zem} \quad (1.3)$$

şeklinde bulunur. Burada A_b diş dibi kesit alanıdır.

SL ve SLP birleşimlerinde τ_{Sem} gerilmeleri kg/cm^2

Birleşim	SL		SLP	
Yükleme Hali	H	HZ	H	HZ
$\tau_{Sem}(10.9)$	2400	2700	2800	3200

σ_{Zem} gerilmeleri kg/cm^2

Yükleme Hali	H	HZ
$\sigma_{zem}(10.9)$	3600	4100

SL ve SLP birleşimlerinde σ_{Lem} gerilmeleri kg/cm^2

Birleşim Çeşidi	Birleştirilen yapı elemanlarının malzemesi			
	St_37		St_52	
	Yükleme Hali			
	H	HZ	H	HZ
SL	2800	3200	4200	4700
SLP	3200	3600	4800	5400

Yüksek mukavemetli bulonların üretildiği çeliğin malzemesine, yüklenme durumuna ve birleştirilen yapı elemanlarının malzemesine göre değişen emniyet gerilmeleri değerleri bir çok kitaptan ve DIN normlarından alınabilir.

Bu makalede yapı elemanlarının malzemesinin St_44 olması ya da Bulon malzemesinin 8.8 kalite çelikten olması durumunda H ve HZ (*) yüklenme hallerinde emniyet gerilmeleri değerlerinin ne olacağı konusu ile ilgilendirilmiştir.

(*) H: EY-Esas yüklenme, HZ: EİY-Esas ve İlave Yüklenme

a) 8.8 Kalitesindeki Bulonun Emniyet Gerilmesi Değerleri:

$$\sigma_{(8.8)} = \sigma_{(10.9)} * \frac{\sigma_{u(8.8)}}{\sigma_{u(10.9)}} \quad (1.4)$$

eşitliği ile bulunabilir. Burada 8.8 kalitesindeki bulonların kesme ve çekme emniyet gerilmesi değerlerinin, 10.9 kalitesindeki bulonların kesme ve çekme emniyet gerilmeleri değerlerinin çekme mukavemetine oranı dikkate alınarak hesaplanmıştır.

8.8 ve 10.9 kalitesindeki bulonlar için Kopma Gerilmesi değerleri,

$$\sigma_{u(8.8)} = 8 * 10 = 80\text{kg/mm}^2, \\ \sigma_{u(10.9)} = 10 * 10 = 100\text{kg/mm}^2 \text{ dir.}$$

Aşağıda Bulon malzemesi 8.8 kalite çelikten olan bir SL birleşimi için Kayma ve Çekme emniyet gerilmesi değerleri hesaplanmıştır.

- Kayma Emniyet Gerilmesi;

$$\tau_{\text{Sem}(8.8)} = 2400 * \frac{80}{100} = 1920 \text{kg/cm}^2 \text{ (H yüklemesi)}$$

$$\tau_{\text{Sem}(8.8)} = 2700 * \frac{80}{100} = 2160 \text{kg/cm}^2 \text{ (HZ yüklemesi)}$$

- Çekme Emniyet Gerilmesi;

$$\sigma_{\text{zem}(8.8)} = 3600 * \frac{80}{100} = 2880 \text{kg/cm}^2 \text{ (H yüklemesi)}$$

$$\sigma_{\text{zem}(8.8)} = 4100 * \frac{80}{100} = 3280 \text{kg/cm}^2 \text{ (HZ yüklemesi)}$$

b) St_44 Malzeme İçin Emniyet Gerilmesi Değerleri:

St_44 yapı çeliği, çekme dayanımı 44kg/mm² ve akma sınırı 28kg/mm² olan çeliktir. Birleştirilen yapı elemanlarının malzemesi St_44 olduğunda emniyet gerilmeleri,

$$\sigma_{(28)} = \sigma_{(36)} - (\sigma_{36} - \sigma_{24}) * \frac{20}{36} \quad (1.5)$$

formülü ile hesaplanabilir. Burada 24 ve 36 değerleri, kg/mm² biriminde St_37 ve St_52 çeliklerinin akma gerilmesi değerleridir.

Aşağıda birleştirilen yapı elemanlarının malzemesi St_44 kalite çelikten olan bir SLP birleşimi için Ezilme emniyet gerilmesi değerleri hesaplanmıştır.

- H yüklemesi için;

$$\sigma_{\text{Lem}(24)} = 3200 \text{kg/cm}^2$$

$$\sigma_{\text{Lem}(36)} = 4800 \text{kg/cm}^2$$

$$\sigma_{\text{Lem}(28)} = 4800 - (4800 - 3200) * \frac{24}{36} = 3730 \text{kg/cm}^2$$

- HZ yüklemesi için;

$$\sigma_{\text{Lem}(24)} = 3600 \text{kg/cm}^2$$

$$\sigma_{\text{Lem}(36)} = 5400 \text{kg/cm}^2$$

$$\sigma_{\text{Lem}(28)} = 5400 - (5400 - 3600) * \frac{24}{36} = 4200 \text{kg/cm}^2$$

olarak bulunur.

Aşağıdaki tablolar, 8.8 kalite bulon ve St_44 yapı malzemesi göz önüne alınarak yeniden düzenlenmiştir.

SL ve SLP birleşimlerinde τ_{Sem} gerilmeleri kg/cm²

Birleşim	SL		SLP	
	H	HZ	H	HZ
$\tau_{\text{Sem}(8.8)}$	1920	2160	2240	2560
$\tau_{\text{Sem}(10.9)}$	2400	2700	2800	3200

σ_{zem} gerilmeleri kg/cm²

Yükleme Hali	H	HZ
$\sigma_{\text{zem}(8.8)}$	2880	3280
$\sigma_{\text{zem}(10.9)}$	3600	4100

SL ve SLP birleşimlerinde σ_{Lem} gerilmeleri kg/cm²

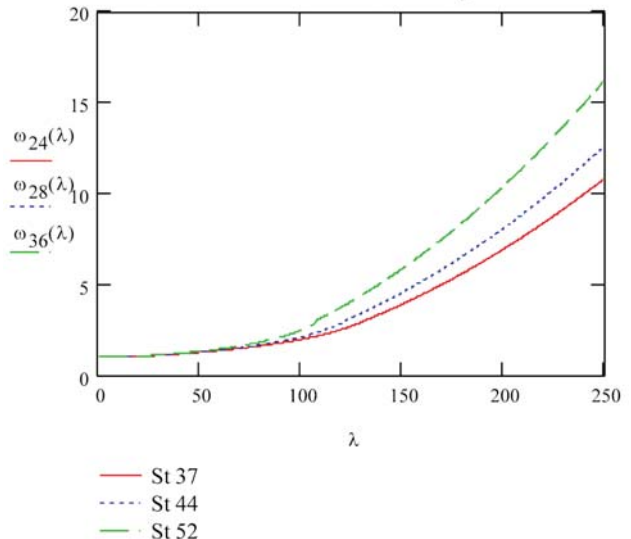
Birleşim Çeşidi	Birleştirilen yapı elemanlarının malzemesi					
	St_37		St_44		St_52	
	Yükleme Hali					
	H	HZ	H	HZ	H	HZ
SL	2800	3200	3250	3700	4200	4700
SLP	3200	3600	3730	4200	4800	5400

c) 1.5 Eşitliğinin ω Burkulma Katsayılarına Uyarlanması

(1.5) eşitliği, St_44 malzemeden Yapı çeliğinin $\langle \omega \rangle$ Burkulma Katsayılarının hesabında da kullanılabilir. Eşitliği $\langle \omega \rangle$ ye göre düzenlersek,

$$\omega_{(28)} = \omega_{(36)} - (\omega_{36} - \omega_{24}) * \frac{24}{36} \quad (1.6) \text{ olur.}$$

TS648 Burkulma Katsayıları



Burkulma Katsayıları Diyagramı şekilden de görüldüğü gibi eğriseldir. Fakat bu eğriselliğin zayıf olması nedeniyle **(1.6)** ifadesi kullanılabilir.

Narinliği $\lambda = 150$ olan, St_44 malzemeden bir kolon için ω Burkulma katsayısını bulalım.
TS 648 Çizelge 6 ve 7'den

$$\omega_{24}(150) = 3.91$$

$$\omega_{36}(150) = 5.86 \text{ bulunur ve } \mathbf{(1.6)} \text{ denklemi ile}$$

$$\omega_{28} = 5.86 - (5.86 - 3.91) * \frac{24}{36} = 4.56 \text{ elde edilir.}$$

TS 648'e göre hesap;

Akma sınır gerilmesi St 44 için $\sigma_a = 2800 \text{ kg/cm}^2$

$$\text{Plastik narinlik sınırı } \lambda_p = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{\sigma_a}} = 121.673$$

$\lambda > \lambda_p \Rightarrow n = 2.5$ elastik bölge

$$\omega = \frac{3}{2} \frac{\sigma_a \lambda^2}{\pi^2 E} = \frac{3 * 2800 * (150)^2}{2 * \pi^2 * 2100000} = 4.56 \text{ bulunur.}$$

Benzer şekilde stabilite kitaplarından da narinlikle ilgili 3. mertebe ifadelerinden yararlanılabilir. Buna bağlı olarak ω Burkulma katsayısı ($\omega = \sigma_{em} / \sigma_{bem}$) hesaplandığında nonlineerliğin zayıf olması nedeniyle **(1.6)** ifadesi kullanılabilir.

Aşağıda St 44 Çeliği için TS 648'de önerilen denklemlerle ve St 37, St 52 çeliği burkulma katsayılarından yararlanarak **(1.6)** eşitliği ile ω Burkulma Katsayıları bulunmuş ve bir tablo halinde özetlenmiştir. Tablonun 4. sütunu TS 648'e göre, 5. sütunu **(1.6)** eşitliği kullanılarak bulunan St 44 çeliği ω burkulma katsayılarını göstermektedir.

$\lambda =$	$\omega_{24}(\lambda) =$	$\omega_{36}(\lambda) =$	$\omega_{28}(\lambda) =$	$\omega_{28.1.6}(\lambda) =$
0	1.002	1.002	1.002	1.002
10	1.005	1.006	1.005	1.005
20	1.014	1.02	1.016	1.016
30	1.091	1.106	1.096	1.096
40	1.17	1.199	1.179	1.18
50	1.258	1.309	1.275	1.275
60	1.359	1.443	1.386	1.387
70	1.475	1.607	1.516	1.519
80	1.609	1.816	1.673	1.678
90	1.769	2.089	1.865	1.876
100	1.963	2.466	2.106	2.131
110	2.204	3.153	2.422	2.52
120	2.514	3.752	2.854	2.927
130	2.929	4.403	3.425	3.42
140	3.404	5.107	3.972	3.972
150	3.908	5.862	4.559	4.559
160	4.447	6.67	5.188	5.188
170	5.02	7.53	5.856	5.856
180	5.628	8.442	6.566	6.566
190	6.27	9.406	7.315	7.315
200	6.948	10.422	8.106	8.106
210	7.66	11.49	8.937	8.937
220	8.407	12.61	9.808	9.808
230	9.188	13.783	10.72	10.72
240	10.005	15.007	11.672	11.672
250	10.856	16.284	12.665	12.665

Kaynaklar:

- 1) Hilmi Deren, Erdoğan Uzgider, Filiz Piroğlu - *Çelik Yapılar*, Çağlayan Kitapevi, 2003
- 2) Yalman Odabaşı - *Ahşap ve Çelik Yapı Elemanları*, Beta Basım Yayım Dağıtım A.Ş., 1997
- 3) Hikmet Rende - *Makine Elemanları* Cilt 1, Seç Yayın Dağıtım, 1996
- 4) *TS 648*, Aralık 1980

kitap tanıtımı



DEPREM BÖLGELERİNDE YAPILACAK BİNALAR HAKKINDA YÖNETMELİK 2007
"Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007" kitabı çıktı. Kitaba Şube ve temsilciliklerimizden ulaşabilirsiniz.

"50. YILDA 50 ESER" KİTABI VE CD'Sİ ÇIKTI

Odamızın yayınlamış olduğu "50. Yılda 50 Eser" başlıklı kitap Cumhuriyet döneminin öne çıkan 50 inşaat mühendisliği eserini bir araya getirdi. Kitap, 'Programlı Kalkınma Projeleri', 'Binalar', 'Ulaştırma Yapıları', 'Su Yapıları', 'Enerji' ve 'Sanayi Tesisleri' başlıklı beş bölümden oluşuyor.

