

MODELING AND STRESS ANALYSIS OF CRANE CROSS-PIECE UNDER DISTRIBUTED LOAD ON SEMI-CIRCULAR PATTERN

C. Erdem İMRAK^{*1}, A. Burak ERDİL¹, M. Cüneyt FETVACI²

¹*Istanbul Teknik Üniversitesi, Makine Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Gümüşsuyu-İSTANBUL*

²*Istanbul Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Avcılar-İSTANBUL*

Geliş/Received: 19.10.2006 Kabul/Accepted: 02.10.2007

ABSTRACT

Cross-pieces are used to retaining the hooks and to support the hoisting sheaves in hoisting blocks of cranes. The shape of cross-pieces are varied with respect to the crain hoisting capacity. The optimisation of cross-pieces with appropriate selection of shape and material enables the increase of value of loading capacity. In this study, the application of distributed uniform load on semi-circular pattern of cross-pieces, which are used as a materials handling equipment, is presented. Both finite element method and exact method as an application of resultant of distributed uniform load on semi-circular pattern on cross-pieces are investigated. An illustrative example is given to compare the stress results obtained by finite element and exact methods.

Keywords: Crosshead, stress analysis, finite element analysis.

YARIM DAİRE YAYILI YÜK ALTINDAKİ KREN TRAVERSİNİN MODELLENMESİ VE GERİLME ANALİZİ

ÖZET

Kren traversleri, kren kanca bloklarında kancaların tespitinde ve halat makaralarının yataklanmasında kullanılmaktadır. Traversin yapısı kren kaldırma kapasitesine göre değişmektedir. Traversin şeklinin ve malzemesinin uygun bir şekilde seçimi ile minimum ölçüde bir elemanın meydana getirilmesi, kaldırılan faydalı yükün büyüklüğünün artırılmasını sağlamaktadır. Bu çalışmada, yarım daire üzerinde düzgün yayılı yükün, kaldırma makinaları elemanı olarak kullanılan kren traversine uygulanabileceği gösterilmiştir. Yarım daire üzerinde yayılı yüklerin bileşkesinin traverse uygulandığı kesin hesap metodu ve sonlu elemanlar metodu incelenmiştir. Sonlu eleman metodu ve kesin hesap metotlarında elde edilen gerilme değerlerinin karşılaştırılması için açıklayıcı bir örnek verilmiştir.

Anahtar Sözcükler: Kanca traversi, gerilme analizi, sonlu eleman analizi.

1. GİRİŞ

Yük tutma elemanları, iletilecek yükleri kısa zamanda ve emniyetle bağlayıp çözmek için tasarlanmaktadır. Ayrıca bağlama ve çözme işlemlerinde yüke zarar verilmemesine dikkat edilmektedir. Yük tutma elemanlarının seçiminde konstrüksiyonunun yanı sıra taşınacak yükün niteliği de önemlidir [1,2]. Tüm bu faktörler ile birlikte transport makinasının çalışma kapasitesini

* Sorumlu Yazar/Corresponding Autor: e-mail/e-ileti: imrak@itu.edu.tr, tel: (212) 243 47 71

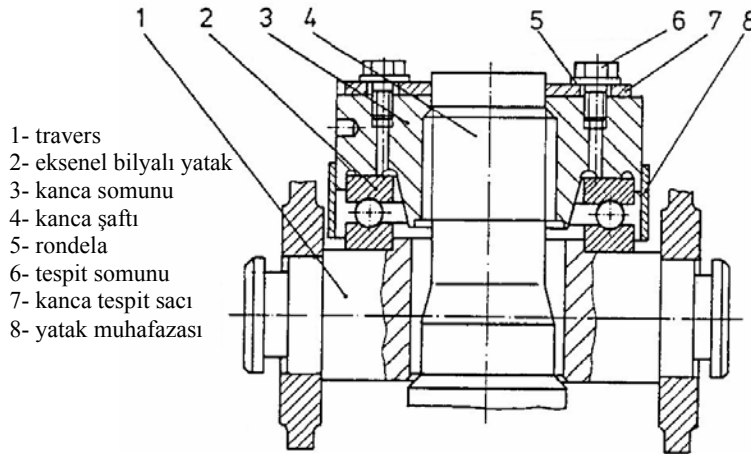
arttıracak yük tutma elemanlarının seçimi ve konstrüksiyonları yapılmaktadır. Basit (tek ağızlı) ve çift ağızlı kanca blokları, yaygın olarak kullanılan yük tutma elemanları arasında yer almaktadır. Kanca blokları, basit (tek ağızlı) veya çift ağızlı kanca, halat makaraları, kanca traversi, kanca somunu ve tespit plakalarından meydana gelmektedir.

Mühendislik problemleri genellikle, fiziksel durumların matematiksel modelleridir. Sonlu elemanlar yöntemi ise değişik mühendislik problemlerine kabul edilebilir bir yaklaşımla çözüm arayan sayısal bir çözüm yöntemidir. Bu ve diğer sayısal çözüm yöntemlerinin matematiksel temeli çok önceden bilinmesine karşın bu yöntemlerin etkin ve sağlıklı kullanılmaları çok hızlı ve hafızalı bilgisayarların üretilmesi ile mümkün olmuştur. Verilen problemin analitik çözümü mümkünse bu çözüm yolu tercih edilmelidir. Sonlu elemanlar (FEM), sınır elemanları (BEM), sonlu farklar (FDM) vb. gibi yöntemler sayısal çözüm yöntemleridir. Esas olarak sayısal çözüm yöntemlerinde verilen probleme uygun prosedürler takip edilerek o çözüm yönteminin etkin olduğu fonksiyonlar kümesinden optimal çözümün belirlenmesi şeklinde yapılır. Sayısal çözüm yöntemlerinden en çok kullanılanı ve en yaygın olanı sonlu elemanlar yöntemidir [3-4].

Bu çalışmada, vinçlerde ve krenlerde yaygın olarak kullanılan kanca bloklarının elemanlarından olan kanca traversindeki gerilmeler, DIN 15412 normunda işaret edilen kritik kesitindeki gerilmeler, kanca traversine bir eğri eksenli çubuk olarak kabul edilmesiyile incelenmekte ve örnek bir kanca traversi için gerilme analizi yapılmaktadır.

2. KANCA TRAVERSİNİN GEOMETRİSİ

Kanca traversi, kanca şaftının bir aksel bilyalı yatak ile üzerinde yatakladığı ve her iki ucundan taşıma saclarına tespit edildiğini kaldırma makinası elemanıdır. Kanca traversi, kanca bloğunda halat makaralarının yanındaki çeki saclarına Şekil 1'de görüldüğü gibi yataklanmıştır. Böylece kısa şaftlı kanca blokları meydana getirilmiş olur. Kanca transversinin sadece çeki saclarına yataklanmasıyla ise uzun şaftlı kanca bloğu meydana getirilir [5].



Şekil 1. Kanca ve traversinin tespiti

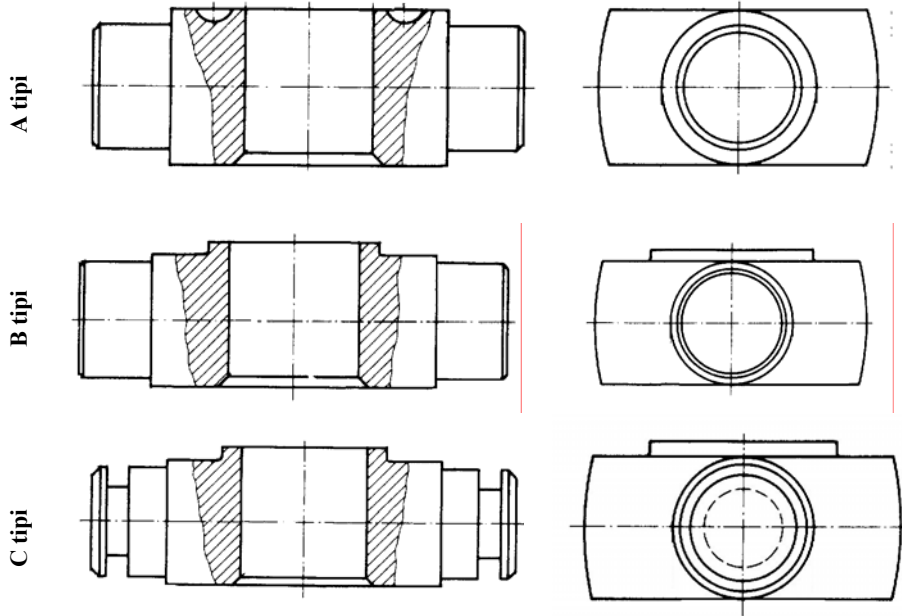
Kanca traverslerinin yataklanmasıyla yükün düşey eksen etrafında dönmesine imkan tanınmıştır. Kanca somunu, bilyalar ve bilyalı yatakların aracılığı ile travers üzerine oturur ve travers de kanca yükünü, yan askı saclarına veya makaralara götürür. Uzun şaftlı kanca

bloklarında makaralar ve kanca travers üzerinde bulunur, kısa şaftlı kanca bloklarında ise makaralar yan yana geldiğinden traversin boyu kısadır [6].

Kanca traverslerinin makaraları yataklamak için kullanıldığı durumlarda kancanın şaftı, kancanın makaralara çarpmasını engellemek için uzun tutulur. Kanca traversleri kullanıldıkları yere ve maruz kaldıkları etkilere göre, can güvenliğini sağlamak için, iyi tasarlanmış olmalıdırlar. Tasarım, önceden çözülmemiş problemlere çözümler bulmak veya daha önceden bulunan çözümleri geliştirmek demektir. Tasarım süreci, bir istek sonucunda başlar. İstek tam olarak belirlendikten sonra, tasarımın en önemli adımı görsel taslaklar çizmektir.

Traversin iki ucu torna edilmiştir ve bunlar, traversin muyluları adını taşımaktadırlar. Travers bu muylular aracılığıyla askı saçına yataklanmış olduğundan, yatay eksen çevresinde dönebilir. Tutucular veya yarıklı halkalar traversin kurtulmamasını sağlarlar. Bir lama parçasından başka bir şey olmayan tutucular, travers muylusunda açılan faturaya oturur ve iki civata ile askı saçına vidalanırlar. Böylece yana doğru hareket etmelerine karşı tedbir alınmış olur [7, 8]. Kanca traversleri, kullanıldıkları kanca bloğuna bağlı olarak konstrüksiyon ve ebatları bakımından standart hale getirilmiştir. Travers malzemesi: St 42 veya St 50 dövülmüş çelik olup $\sigma_{em} = 80 - 120 \text{ N/mm}^2$ arasında alınabilir. Burada belirtilen büyük değerler, büyük kanca yükleri için alınmalıdır.

A tipi seri olarak yük kaldıran araçlarda kullanılır ve traversin ucuza mal edilmesi için rulman yerine üzerinde bilyaların yerleştirilebileceği bir oluk bulunur. B tipi ve C tipi krenlerde kullanılır. Ayrıca, C tipinin çekiçle dövülerek imal edilen ve konstrüksiyonu hemen hemen C tipi ile aynı olan bir şekli daha vardır. Bu çalışmada, A tipi olarak adlandırılan kanca traversi incelenmiştir. Yük kaldırma mekanizmalarında kullanılan kanca traverslerin ait DIN 15412 standardında teknik özellikleri belirtilen traversler Şekil 2’de görülmektedir [9].



Şekil 2. DIN 15412 standardından kanca traversleri [9]

3. KANCA TRAVERSİNİN GERİLME ANALİZİ

Kanca traversinin statik gerilme analizi, yaklaşık hesap metodu, kesin hesap metodu ve sonlu elemanlar metodu kullanılarak yapılabilir. Kanca traversinin basit hesap yönteminde yükün bir noktadan etkidiği kabul edilmektedir. Gerçek durumda ise yükün tekil noktadan değil aksel bilyalı yatağın oturma yüzeylerinden travers üzerine etkili olmaktadır. Kesin hesaplama yapılması için bu durum dikkate alınmaktadır.

3.1. Yaklaşık Hesap Metodu

Kanca traversi iki mesnet üzerinde yataklanmış kiriş probleminde olduğu gibi eğilme gerilmesi dikkate alınarak hesapları yapılmaktadır [10,11]. Basit hesap yönteminde, yükün bir noktadan etkidiği kabul edilmekte ve kanca traversinde maksimum eğilme orta kesitte meydana gelmektedir. Traversin delik ortası eksenine göre eğilme momenti hesaplandığında, aşağıya doğru yönelmiş yarım daire üzerindeki düzgün yayılı yüklerin bileşkesinin uzaklığı D_m/π ve travers halat makarası yataklarının yukarı yönelmiş yüklerin uzaklığı l alındığında traversin eğilme momenti,

$$M_e = \frac{Q}{2} \left(\frac{l}{2} - \frac{D_m}{\pi} \right) \quad (1)$$

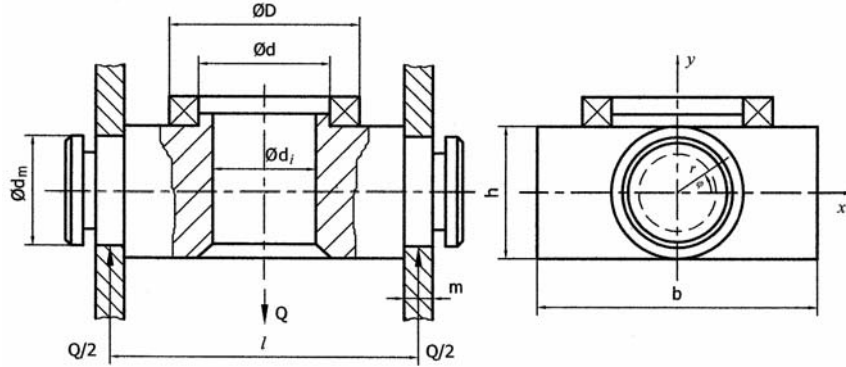
olarak yazılmaktadır [12-14]. Yarım dairenin ağırlık merkezi olan D_m/π değeri, ve Şekil 3 yardımıyla x eksenine göre simetrik 2α değerinde bir yay alındığında, ağırlık merkezinin x eksenindeki bileşeni,

$$\bar{x} = \frac{\int_{-\alpha}^{\alpha} r \cos \theta r d\theta}{2\alpha r} \quad (2)$$

olacaktır. (2) ifadesindeki integral hesaplandığında, yarım daire için $\alpha = \pi/2$ değeri ve yatak orta eksenini için D_m yerine yazıldığında ,

$$\bar{x} = \frac{2r}{\pi} = \frac{D_m}{\pi} = \frac{D+d}{2\pi} \quad (3)$$

değeri elde edilir. Burada kancanın traverse yatakladığı aksel bilyalı yatağın dış çapı D ve iç çapı d alınmaktadır. Bu durumda Şekil 3'de görülen kesitte meydana gelen eğilme gerilmesinin değeri



Şekil 3. Kanca traversi ve boyutları

$$\sigma_e = \frac{6 \cdot M_e}{(b - d_i)h^2} \quad (4)$$

dir. Burada, b travers genişliğini, h travers yüksekliğini ve d_i travers iç çapını göstermektedir.

3.2. Kanca Traversinin Kesin Hesabı

Kanca traversinin kesin hesabında, yük tekil noktadan değil aksel bilyalı yatağın oturma yüzeylerinden travers üzerine etkili olduğu dikkate alınmaktadır [15]. Eğer traversin üzeri, sürtünmeyi önlemek için aksel bilyalı yatak yerleştirilecek şekilde tasarlandıysa, temas yüzeyindeki basınç yarım bir silindir üzerinden etki ediyor kabul edildiğinde, $p_c = p \cos \varphi$ ve basınç değerini eksen üzerinde almırsa, basınç değeri

$$p = \frac{2}{\pi} \frac{Q}{R} \quad (5)$$

olarak bulunur. Burada R değeri, $(b - d_i) / 4$ olarak alınmaktadır. Şekil 4'de görüldüğü gibi I - I kesiti dikkate alındığında, daire kesiti üzerindeki elastik kuvvetler N_1 ve N_2 ile momentler M_1 ve M_2 alınarak, sol tarafın denge durumu için

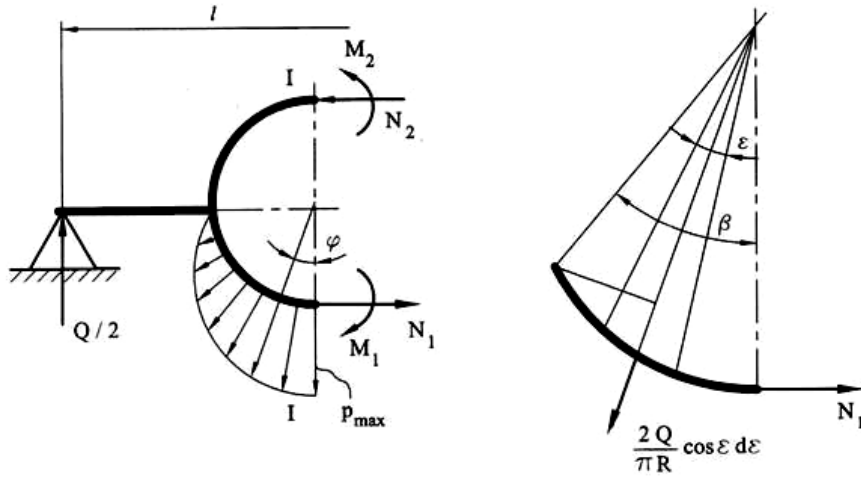
$$p = \frac{2}{\pi} \frac{Q}{R} N_1 - N_2 - \frac{2}{\pi} Q \int_0^{\frac{\pi}{2}} \cos \varphi \cdot \sin \varphi \cdot d\varphi = 0 \quad (6a)$$

$$\frac{Ql}{4} + M_1 - M_2 - (N_1 + N_2)R = 0 \quad (6b)$$

yazılabilir. (6a) eşitliğinden üst kesime etki eden normal kuvvet,

$$N_2 = N_1 - \frac{p}{\pi} \quad (7)$$

olarak yazılır.



Şekil 4. Travers için hesaplama diyagramı

Traversteki deformasyonun toplam potansiyel enerjisini, doğrusal parçanın U_1 , alt yarım dairenin U_2 ve üst yarım dairenin U_3 potansiyel enerjilerinin toplamı olarak göz önüne alındığında, gerekli düzenlemeler ve integoller sonucunda

$$4\pi N_1 R - P(R + 2l) = 0 \quad (8a)$$

$$\pi M_1 - \pi N_1 R + P\left(2\frac{R}{\pi} + \frac{\pi l}{8}\right) = 0 \quad (8b)$$

denklemler elde edilir [15]. Denklemlerinin çözümüyle, alt kesime etki eden normal kuvvet

$$N_1 = \frac{1}{4\pi} \left(1 + 2\frac{l}{R}\right) Q, \quad (9)$$

alt yarım dairedeki eğilme momenti

$$M_1 = \left(-0,12 + 0,034\frac{l}{R}\right) QR \quad (10)$$

ve üst yarım dairedeki eğilme momenti

$$M_2 = 2N_1 R - \left(\frac{1}{4}\frac{l}{R} + \frac{1}{\pi}\right) QR - M_1 \quad (11)$$

olarak elde edilir. Kanca traversinin orta eksenindeki eğilme gerilmesi ise $\sigma = (M_2 / W) + (N_2 / F)$ olur ve

$$\sigma = \left(+0,12 - \frac{1}{2\pi} + \frac{0,034l}{R}\right) \frac{QR}{W} + \left(\frac{l}{2\pi R} - \frac{3}{4\pi}\right) \frac{Q}{F} \quad (12)$$

ifadesi ile hesaplanabilir.

Eğer ekstenel bilyalı yatağın dış dairesi traversin içerisine basınçla yerleştirilirse bu traversin işletmesi sırasında rijitliğini arttıracak şekilde etki eder. Bu durum hesaplamalarda göz ardı edilmiştir [16-17].

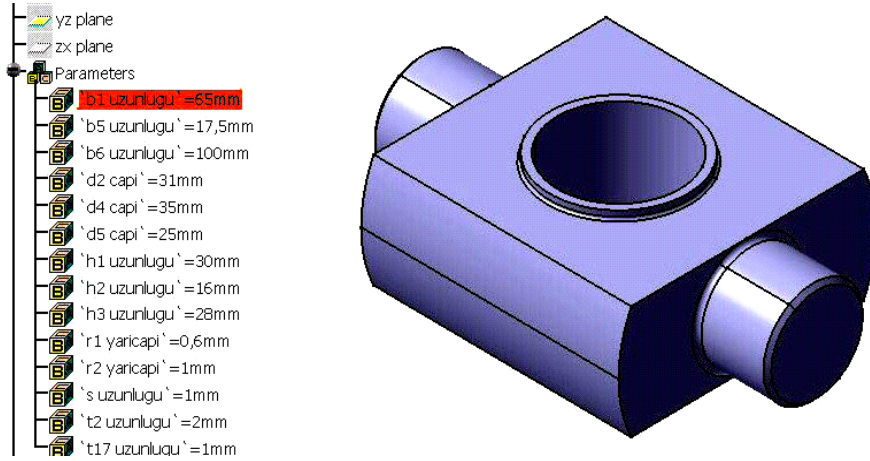
4. SONLU ELEMANLARLA MODELLEME VE ANALİZ

Hazırlanan kanca traversi seçim ve katı modelleme programı yardımıyla, kanca traversi malzemesi, işletme grubu ve kaldırma yükü verileri giriş değerleri olarak alınarak ve kanca numarası ve kanca tipi elde edilmekte ve yazılım ile sonlu elemanlar analizinde kullanılmak üzere bir veri dosyası yaratılmaktadır [3, 4].

Geliştirilen yazılım sayesinde bilgisayar destekli mühendislik yazılımları (CATIA ve SolidWorks), kanca traversinin parametrik olarak katı modelinin yaratılmasında ve sonlu elemanlar analizinde kullanılmıştır. Seçim programından elde edilen parametrik veriler kullanılarak, kanca traversi, CATIA ortamında Şekil 5’de görüldüğü gibi elde edilmiştir.

Sonlu elemanlar analizinde kanca traversi muyluları “slider connection” ile sabitlenmiş, traversin asıldığı askı saçları ise üst kısımlarından mesnetlenerek, analizler yapılmıştır. Genellikle basit hesaplamalarda işlem dışı bırakılan yarım dairenin ağırlık merkezi hesabın içerisinde kullanılmış ve yükün düzgün yayılı olarak kanca traversine etki ettiği varsayılmıştır.

Katı modeli parametrik olarak elde edilen kanca traversinde ağ yapısı olarak yazılma özgü “octree tetrahedron” ağ kullanılmış ve sınır şartları ile yüklemeler uygulandıktan sonra von Mises gerilme dağılımları elde edilmiştir.



Şekil 5. Kanca traversinin katı modeli

5. KANCA TRAVERSİNİN GERİLME ANALİZİNE AİT SAYISAL ÖRNEK

Güç sınıfı S, çalışma grubu 2m, kaldırma kapasitesi 1000kg olan bir kaldırma makinasında 05 kanca grubunun seçilmesi uygun bulunmuştur. Bu durumda, DIN 15412'den 05 numaraya sahip A tipinde kanca traversine ait hesaplamalar yapılmıştır. Standarttan alınan kanca traversine ait teknik büyüklükler Çizelge 1'de görülmektedir.

Çizelge 1. DIN 15412 normundan 1 ton'luk kanca traversinin boyutları

Açıklama	Sembol	Boyut [mm]	Açıklama	Sembol	Boyut [mm]
Travers genişliği	$b_1 (= b)$	45	Yatak ortalama çapı	$d_{1,4} (= D_m)$	31
Travers üstü	b_2	12.5	Travers iç çapı	$d_2 (= d_i)$	21
Makaralar arası mesafe	$b_6 (= l)$	70	Travers yüksekliği	$h_3 (= h)$	25

5.1. Yaklaşık Hesap Yöntemiyle Travers Kontrolü

Yaklaşık hesap yöntemi kullanılarak, DIN 15412 normundan alınan A tipi kanca traversine ait teknik boyutlarla yapılan hesapta öncelikle eğilme momenti

$$M_e = \frac{10000}{2} \left((22.5 + 6.25) - \frac{31}{\pi} \right) = 94412 \text{ Nm}$$

olarak bulunur. Travers ortasındaki eğilme gerilmesi ise (4) eşitliğinden,

$$\sigma_e = \frac{6 \cdot 94412}{(45 - 21)25^2} = 37,8 \text{ N/mm}^2$$

dir.

5.2. Kesin Hesap Yöntemiyle Travers Kontrolü

Yükün tekil noktadan etkimesi yerine, eksenel bilyalı yatağın oturma yüzeylerinden travers üzerine etkili olduğu dikkate alındığı kesin hesap yönteminde, alt kesime etki eden normal kuvvet (9) eşitliğinden,

$$N_1 = \frac{1}{4\pi} \left(1 + 2 \frac{70}{(45+21)/4} \right) 10000 = 7547,8 \text{ N}$$

yazılır ve alt yarım dairedeki eğilme momenti (10) denkleminde

$$M_1 = \left(-0,12 + 0,034 \frac{70}{(45+21)/4} \right) 10000(45+21)/4 = 4000 \text{ Nmm}$$

dir. Üst kesime etki eden normal kuvvet ise (7) eşitliğinden,

$$N_2 = 7547,8 - \frac{10000}{\pi} = 4364,7 \text{ N}$$

ve üst yarım dairedeki eğilme momenti (11) denkleminde

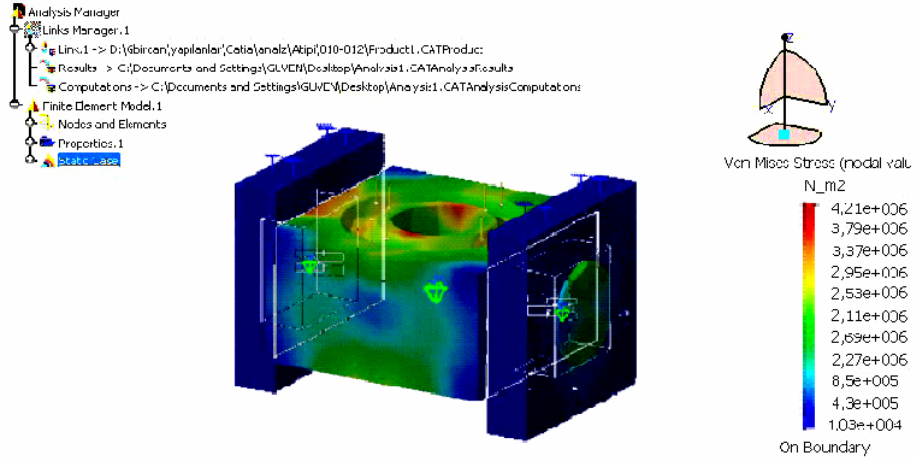
$$M_2 = \left(2 \cdot 7547,8 - \left(\frac{1}{4} \frac{70}{(45+21)/4} + \frac{1}{\pi} \right) 10000 \right) \cdot \left(\frac{45+21}{4} \right) - 4000 = 17556 \text{ Nmm}$$

olarak hesaplanır. Eğilme gerilmesi değeri ise (12) eşitliğinden, 43,75 N/mm² olarak bulunur.

5.3. Sonlu Elemanlarla Kanca Travers Analizi

Geliştirilen parametrik tasarım yazılımıyla hazırlanan katı model üzerine, CATIA yazılımına özgü octree tetrahedron ağ kullanılmış ve sonuçta maksimum gerilme değeri 42,10 N/mm² olarak elde edilmiştir. Şekil 6'da CATIA ortamında A tipi 05 numaralı kanca traversinin analizine ait ekran görüntüsü verilmiştir [4].

Krenlerde kullanılan kanca bloğunun St 50 malzemeden yapıldığı kabul edilmiştir. Malzemenin homojen ve isotropik yapıya sahip olduğu kabul edilmektedir. Malzeme özellikleri olarak çeliğin elastisite modülü 2,1x10⁵ N/mm², yoğunluğu 7.85x10⁶ kg/mm³ ve Poisson oranı 0.3 değerleri CATIA yazılımında seçilmiştir.



Şekil 6. A tipi 05 numaralı kanca traversinin analizi

Kanca traversinin statik gerilme analizi sonunda elde edilen gerilme değerler arasındaki fark, kesin hesap yöntemi ve yaklaşık hesap yönteminde yapılan kabullere dayanmaktadır. Yaklaşık hesap yöntemiyle bulunan gerilme ile kesin hesap yöntemiyle bulunan gerilme arasındaki %13.6 mertebesindeki sapma, kanca traversinin düzgün yayılı yüklenmesinin dikkate alınmasından kaynaklanmaktadır. Oysaki kanca traversinin sonlu elemanlarla modellenmesi ve statik gerilme analizinde gerilmeler arasındaki fark %3.77 mertebesine inmektedir.

6. SONUÇ

Bu çalışmada üç ayrı hesap yöntemi ile kanca traverslerinin eğilme gerilmesi değerleri hesaplanmış ve A tipi 05 numaralı kanca traversi için basitleştirilmiş yöntemle $37,8 \text{ N/mm}^2$, kesin hesap yöntemiyle $43,75 \text{ N/mm}^2$ ve sonlu elemanlar analiziyle $42,10 \text{ N/mm}^2$ değerleri elde edilmiştir. Sonlu elemanlar analizinde, eksenel bilyalı rulmanın traversin bir parçası olarak modellenmiş ve statik hal için analizler yapılmıştır. Analitik yöntemler ile sonlu elemanlar metoduyla elde edilen gerilmeler arasındaki fark, basit hesapta yarım dairenin ağırlık merkezinin ve sonlu elemanlar analizinde ise yükün üniform olarak etki ettiğinin dikkate alındığıdır.

KAYNAKLAR

- [1] Kurbanoğlu C., “Transport Tekniği”, Atlas Yayın Dağıtım, İstanbul, 2002.
- [2] Suner F., “Kaldırma ve İletme Makinaları – 2. Cilt”, İstanbul, 1980.
- [3] Demirsoy R., Kesikci M.K., İmrak C.E., “Design and Static Stress Analysis of Hook Crosshead By Means of Finite Element Method”, Proc. of Advanced Manufacturing Technologies 44 (2), Rouse, 2005, 502-507.
- [4] İmrak C.E., Fetvacı M.C., Erdil A.B., “Finite Element Modelling and Static Stress Analysis of Crosshead”, Proceedings of AED2006 - 5th International Conference on Advanced Engineering Design, 2006.
- [5] Scheffler M., Feyrer K., Matthias K., “Fördermaschinen–Hebezeuge, Aufzüge, Flurförderzeuge”, Verlag & Sons, Wiesbaden, 1998.
- [6] Dosdoğru G., “Kaldırma Makinaları”, Ak-Ün Basımevi, İstanbul, 1948.
- [7] Çiçekoğlu B., “Kaldırma Makinaları Cilt -1”, Birsen Yayınevi, İstanbul, 1975.
- [8] Demirsoy M., “Transport Tekniği Cilt – 1”, Birsen Yayınevi, İstanbul, 1999.
- [9] N.N., “DIN Taschenbuh 185 Krane und Hebezeuge 2”, Beuth Verlag, Berlin, 1995.
- [10] İ. Cürgül, E. Feyzullahoğlu, “Transport Tekniği Problemleri”, Birsen Yayınevi, Kocaeli, 2003.
- [11] Ernest H., “Die Hebezeuge Band 1: Grunderlagen und Bauteile”, Verlag Braunschweig, Almanya, 1973.
- [12] Öztepe H., “Transport Tekniği – Kaldırma ve Taşıma Makinaları”, İstanbul, 1999.
- [13] Lemasson G., Tourancheau A.L., “Kaldırma ve Taşıma Makinaları Cilt – 1”, Çev. T. Arıtan, U. Köktürk, Arı Kitabevi Matbaası, İstanbul, 1971.
- [14] Strathausen E., “Hebemaschinen Band 1: Entwerpen und Berechnen Der Einzelteile”, Verlag, Berlin, 1955.
- [15] Rudenko N., “Materials Handling Equipment”, MIR Publishers, Moscow, 1969.
- [16] Timoshenko S., “Cisimlerin Mukavemeti Kısım II”, Berksoy Matbaası, İstanbul, 1965.
- [17] Popov E.P., “Mukavemet - Katı Cisimlerin Mekaniğine Giriş”, Çev. H. Demiray, Çağlayan Kitabevi, İstanbul, 1976.