



TÜBİTAK

2006-359

CD'ler @

TÜRKİYE BİLİMSEL VE TEKNOLOJİK ARAŞTIRMA KURUMU
THE SCIENTIFIC AND TECHNOLOGICAL RESEARCH COUNCIL OF TURKEY

Sağlık Bilimleri Araştırma Grubu
Health Sciences Research Group

9/ 90484

Yumuşak ve Sert Doku Malzeme Deney Sistemine Elektronik Veri Toplama Biriminin Eklenmesi

Proje Numarası: 104S402 (SBAG-AYD-479)

Prof. Dr. Alaitih ELHAN

Prof. Dr. İbrahim Tekdemir

Dr. Halil İbrahim Açar

Dr. Nihal Apaydın

Dr. Ali Fırat Esmer

Dr. Simel Kendir

Dr. Ayhan Cömert

Dt. Burak Bilecenoğlu

Dr. Tülin Şen

Doç. Dr. Murat Bozkurt

Prof. Dr. S. Turgut Tümer

Y.,Doç. Dr. Ergin Tönük

Yük. Müh. Gürol İpek

İbrahim Uçak

Ocak 2006

Ankara

Gerek yumuşak ve sert dokuların gerekse eklem gibi sistemlerin kontrollü koşullarda yüklenmesi ve yükleme karşısında mekanik tepkisinin ölçülmesi hem anatomik hem de biyomekanik çalışmalarda önemli bir yer tutar. Bu amaçla bugüne kadar çoğunlukla Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Anatomi Anabilim Dalındaki Ernst Leitz Wetzlar deney sistemi kullanılmıştır. Bu sisteme hareket bir kol aracılığıyla elle verilmekte, kolun attığı tur sayısı ile deney sisteminin yer değiştirmesi belirlenmekte, deney örneği üzerindeki yaylı el kantarı ile deney örneğine uygulanan yük ölçülmekteydi. Kuvvet ölçümünün yaylı el kantarı ile yapılması hem kuvvet ölçümünün istenen hassasiyette yapılamamasına neden olmakta hem de kantarın ucunda kuvvete bağlı olarak oluşan ihmal edilemeyecek düzeydeki yer değiştirme nedeniyle deney örneğindeki uzamanın hassas olarak belirlenebilmesi güçleşmektedir. Gerçekleştirilen TÜBİTAK altyapı destek projesi kapsamında, ülkemizde üretilen üç değişik kapasitede yükölçer ve yurt dışından alınan doğrusal yer değiştirme ölçer aracılığıyla deneyler sırasında deney örneği üzerinde oluşan kuvvet ve yer değiştirme bilgisi çok hassas olarak ölçülecek ve bilgisayar ortamına eşzamanlı olarak aktarılabilmekte, hazırlanan arayüz programı ile bu verilerin zaman içerisindeki değişimleri hassas olarak incelenebilmekte ve kolaylıkla değişik grafiklerle temsil edilebilmektedir.

Anahtar Sözcükler: Çekme deneyi, kopma deneyi, çekme kuvveti, uzama, mekanik deney

ABSTRACT

Mechanical testing of soft and hard biological tissues as well as biological systems like joints is important both anatomically and biomechanically. Till now, Ernst Leitz Wetzlar equipment available in Ankara University Faculty of Medicine Department of Anatomy was utilized for the mechanical tests. This equipment was driven by a hand-crank and the displacement applied to the test specimen was calculated by counting the number of revolutions of the hand crank whereas the load on the test specimen was measured by a spring-scale. Spring-scale is not a precise equipment, further, there is a considerable amount of elongation which deteriorates the calculated displacement of the test specimen. Within the scope of this project, three loadcells of different capacity, produced in Turkey and a linear displacement transducer was mounted on the existing equipment. Using the computer interface developed within the scope of this project, the load and displacement data can be logged to a computer simultaneously and can be represented in different forms of graphs rather easily.

Keywords: Tensile test, failure test, tension force, axial elongation, mechanical test

GİRİŞ

Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Anatomi Anabilim Dalında bulunan, değişik malzeme örnekleri bağlamak için iki farklı çeneye sahip, 200 mm yer değiştirme yapabilen ve birkaç milimetreden 300 mm'ye kadar değişik uzunluklarda örnekler üzerinde çekme ve kopma deneyleri yapabilen, elle tahrik edilen ve deney örneğinin tepki kuvveti yaylı el kantarıyla ölçülen Ernst Leitz Wetzlar masa üzeri deney sisteminin temel ekipmanları kullanılmıştır. Sistemin bu haliyle temel üç sakıncası bulunmaktaydı:

- Deney örneğinin tepki kuvveti hassasiyeti ve çözünürlüğü düşük, tam kapasitesi 50 kg' olan bir yaylı el kantarıyla ölçülmekteydi
- Deney örneğindeki uzama elle tahrik edilen kolun tür sayısı ile kestirilmekte ancak yaylı el kantarında oluşan ihmal edilemeyecek uzama nedeniyle örnekte oluşan uzama kestirilenden daha az olmaktaydı
- Deney örneğindeki uzama ile tepki kuvvetinin deney sırasındaki değişimi veya kopma deneylerinde kopma anındaki tepki kuvvetinin yaylı el kantarından gözle okunak tam olarak belirlenmesi güç olmaktaydı.

Bu sakıncaların kaldırılması için yük ölçümünün hassas ve uzaması ihmal edilebilecek kadar küçük bir sistemle yapılması, deney örneğindeki uzamanın hassas olarak ölçülmesi, yapılan hassas yük ve uzama ölçümlerinin senkronize olarak bilgisayara aktarılmasının uygun olacağı düşünülmüş ve bu yönde tasarım ve sistem seçimine başlanmıştır.

GELİŞME

Deney Örneğindeki Uzamanın Ölçümü

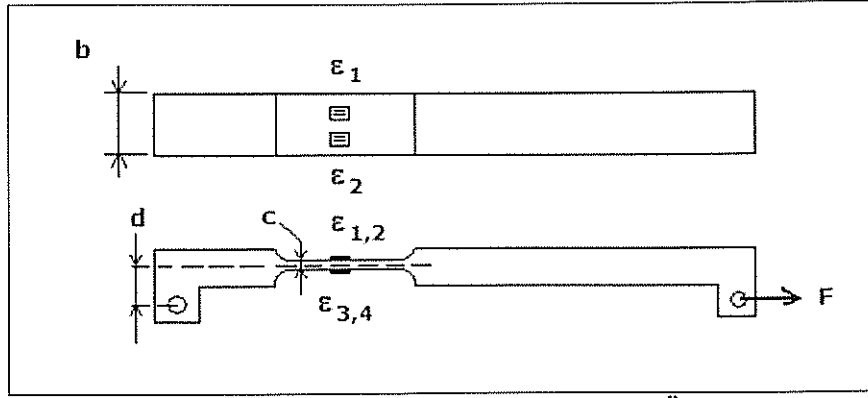
Kuvvet ölçüm sisteminin yeterli rijidlikte olduğu durumlarda, çoğu deney sisteminde sistem çenelerinin yer değişiminin ölçüldüğü göz önüne alınarak çenelerden birinin de bağlı olduğu sistemin sabit kısmı referans olarak alınmak üzere diğer çenenin bağlı olduğu hareketli kısmın yer değiştirmesini ölçmek üzere 200 mm yer değiştirme kapasitesine sahip bir doğrusal yer değiştirici sensör (LVDT, linear variable displacement transducer, Penny+Giles, SLS190/2008K/L66/1 KP 31282) ve bu sensöre ait sinyal şartlandırıcısı seçilmiş, sistemin sabit ve hareketli parçaları arasına, hareket yönünde monte edilmiştir.

Deney Örneği Tepki Kuvvetinin Ölçümü

Değişik büyüklük ve elastik özelliklerdeki deney örnekleri üzerinde hassas deneyler yapabilmek üzere üç farklı tam kapasitede yük hücresi tasarımı öngörülmüştür. Bunlar 10, 100 ve 1 000 N (yaklaşık 1, 10 ve 100 kg) olarak seçilmiştir. Bu tür deney sistemlerinde özellikle hatalı kullanımda hasar görmeye en açık elemanlar yük hücreleri olduğu için, ayrıca bu tür ticari yük hücrelerinde alım maliyetinin çok yüksek olması buna karşılık yük hücresi üretim teknolojisine ülkemizde de sahip olunması nedeniyle yerli olanaklarla tasarım ve üretimine karar verilmiştir.

Yük Hücresi Tasarımı

Mevcut deney sisteminin geometrisi ve yük hücresi yapacak araştırma grubunun deneyimleri ışığında yük hücresinin kaçık geometri ile çekmeyi eğilmeye çeviren ve eğilmeye serbest yüzeylerden birinin uzama diğerinin kısalma durumunda olduğu yük hücresi tipi seçilmiştir (Şekil 1).



Şekil 1 Yük Hücresi Geometrisi ve Gerinme Ölçerlerin Yeri

Yük hücresi ölçüleri belirlenirken kimi ölçüler mevcut cihaza bağlanma gerekliliği nedeniyle doğrudan seçilmiş, diğer ölçüler ise tasarım hesapları ve çeşitli tasarım kriterlerinden sonra belirlenmiştir. Şekil 1'de gösterilen b, c ve d ölçüleri temel tasarım ölçüleri olduğu için tasarıma bu ölçülerle başlanmıştır.

Genel kabul gören yaklaşım [1], yüklerin ölçüleceği yerlerde en yüksek ölçülecek yükte gerinme değerinin 500 $\mu\epsilon$ civarında olmasıdır. Ancak yük hücresinin yanlış kullanımlara karşı dayanıklı olması istendiği için bu değer yarısı kabul edilmiş ve hesaplar 250 $\mu\epsilon$ değerine göre yapılmıştır¹. Yapılan hesaplar sonucu üç farklı tipteki yük hücresine ait ölçüler Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1 Yük hücresi ölçüleri

Yük Hücresi Tipi	10 N	100 N	1000 N
b	26.70 mm	26.70 mm	26.70 mm
c	1.00 mm	3.00 mm	7.00 mm
d	20.50 mm	20.50 mm	20.50 mm

Bu yük hücrelerinden 100 N kapasitede olanın üretim resimleri Ek A'da verilmiştir.

Bu ölçülerle eğilme gerilmesi ve gerinmesi şu şekilde hesaplanır [3]:

¹ Bu tip çelik malzemenin akma genlemesinin 2 me [2] civarında olduğu göz önüne alındığında, yük hücresinin teorik olarak tasarım yükünün 8 katı kadar bir yüke hasar görmeden dayanabileceği açıktır.

$$\sigma_E = \frac{M \frac{c}{2}}{I}$$

burada $M = Fd$, $I = \frac{1}{12}bc^3$ 'tür. Bu değerler formülde yerine konduğunda

$$\sigma_E = \frac{6Fd}{bc^2}$$

elde edilir. 100 N yük hücresi için ölçüler alındığında $\sigma = 0.5119F$ elde edilir. Burada F N, σ MPa cinsindedir.

Ancak yük hücresi eğilmeye ek olarak aksenal bir yüklemeyi de taşır. Aksenal yüklenme için gerilme ise

$$\sigma_c = \frac{F}{bc}$$

olur. Burada 100 N yük hücresi için değerler girildiğinde $\sigma_c = 0.01248F$ değeri elde edilir. Bu iki gerilme için elde edilecek en yüksek gerilme değeri ise

$$\varepsilon_{\max} = \frac{1}{E}(\sigma_E + \sigma_c)$$

olarak ifade edilir. 100 N yük hücresi için bu değer 250 $\mu\epsilon$ 'e yakın bir değer alır.

Yük hücresinin üst yüzündeki ve alt yüzündeki gerilme ölçerler eğilmeyi ölçmek üzere birbirlerine bağlandıkları için her ikisinde ortak oluşan çekme (veya basma) yönündeki gerilmeler birbirini götürür ve elektriksel sinyal çıkışında görünmez [4-5].

$$\varepsilon_1 = -\varepsilon_E + \varepsilon_c$$

$$\varepsilon_2 = -\varepsilon_E + \varepsilon_c$$

$$\varepsilon_3 = \varepsilon_E + \varepsilon_c$$

$$\varepsilon_4 = \varepsilon_E + \varepsilon_c$$

ve

$$\varepsilon = \varepsilon_1 + \varepsilon_2 - \varepsilon_3 - \varepsilon_4$$

değerler yerine konduğunda

$$\varepsilon = 4\varepsilon_E$$

olarak ifade edilir.

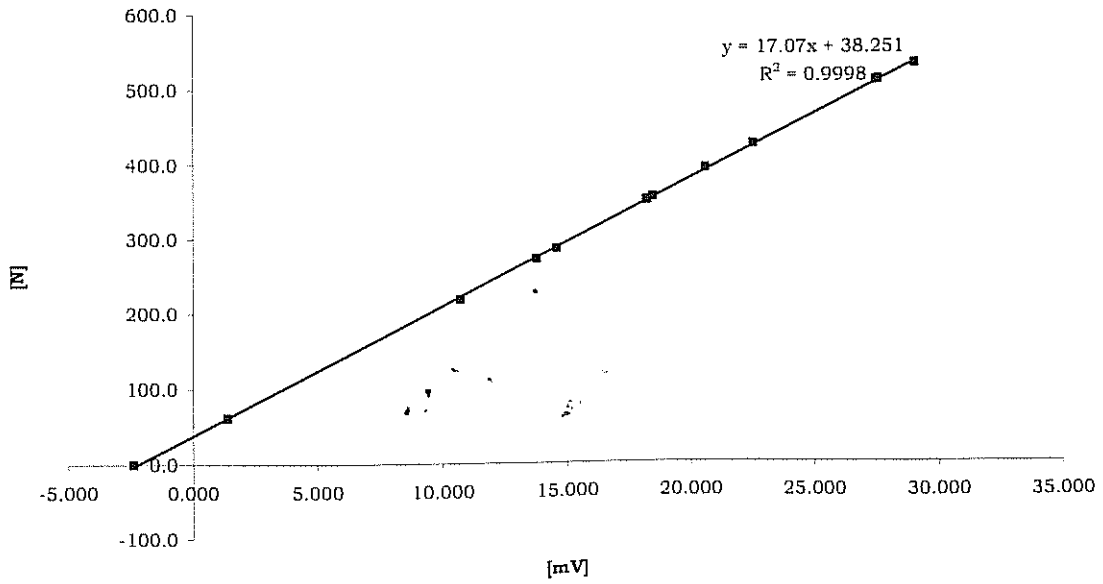
Dört gerinme ölçerden oluşan köprünün çıkış gerilimi

$$V_k = V_{cc} G \epsilon$$

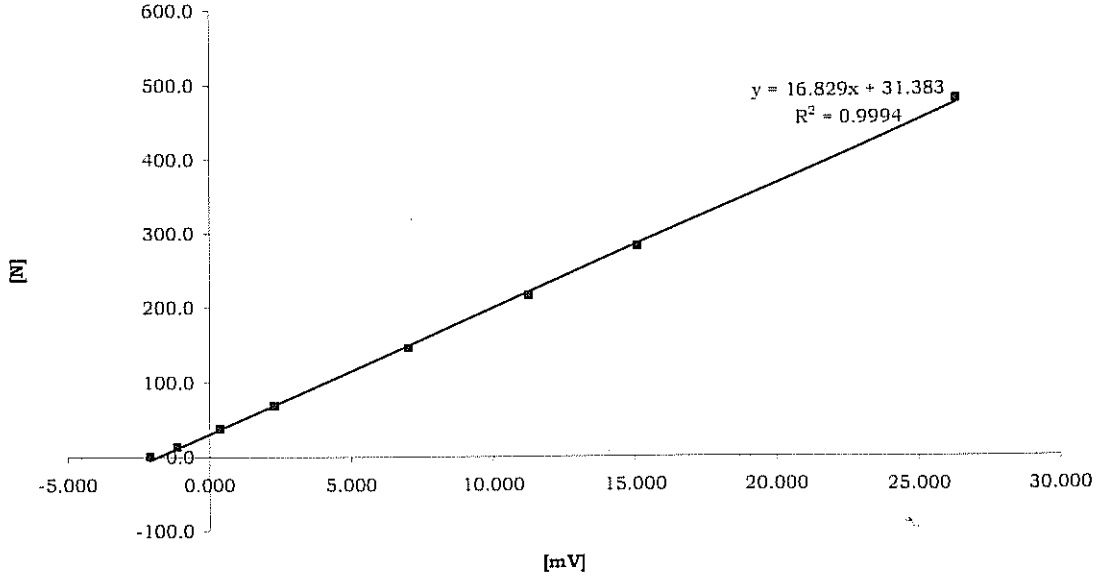
olarak belirlenir. Burada V_{cc} besleme gerilimi (5 V), G ise geyç faktörü (2.10)'dur. Bu durumda teorik olarak $V_k = 25.2 \epsilon$ elde edilir. Elde edilen gerilimin hem gürültüden daha iyi korunması hem de veri toplama kartında hassas biçimde sayısallaştırılması için 500 kazançlı bir ön-yükselticiden geçirilmiştir. Bu ön-yükselticinin kendi beslemesi 12 V olmakla birlikte gerinme ölçerlerden oluşan köprüyü 5 V ile beslemektedir.

Aynı yük ölçerin Orta Doğu Teknik Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Bölümü Biyomekanik Laboratuvarı Lloyd çekme cihazı 2 kN kapasiteli yük ölçeri ile amplifikatörsüz kalibrasyon eğrisi Şekil 2'dedir. Şekilden de görüleceği gibi 100 N kapasitedeki yükölçerde 500 N yüke kadar doğrusallıktan sapma ihmal edilebilecek düzeydedir ve herhangi bir akma ya da kalıcı deformasyon gözlenmemiştir. Yine bu yük ölçere ait tasarım sırasında yapılmış sonlu elemanlar analizleri Ek B'dedir.

İlk Yükleme



İlk Yük Eksiltme



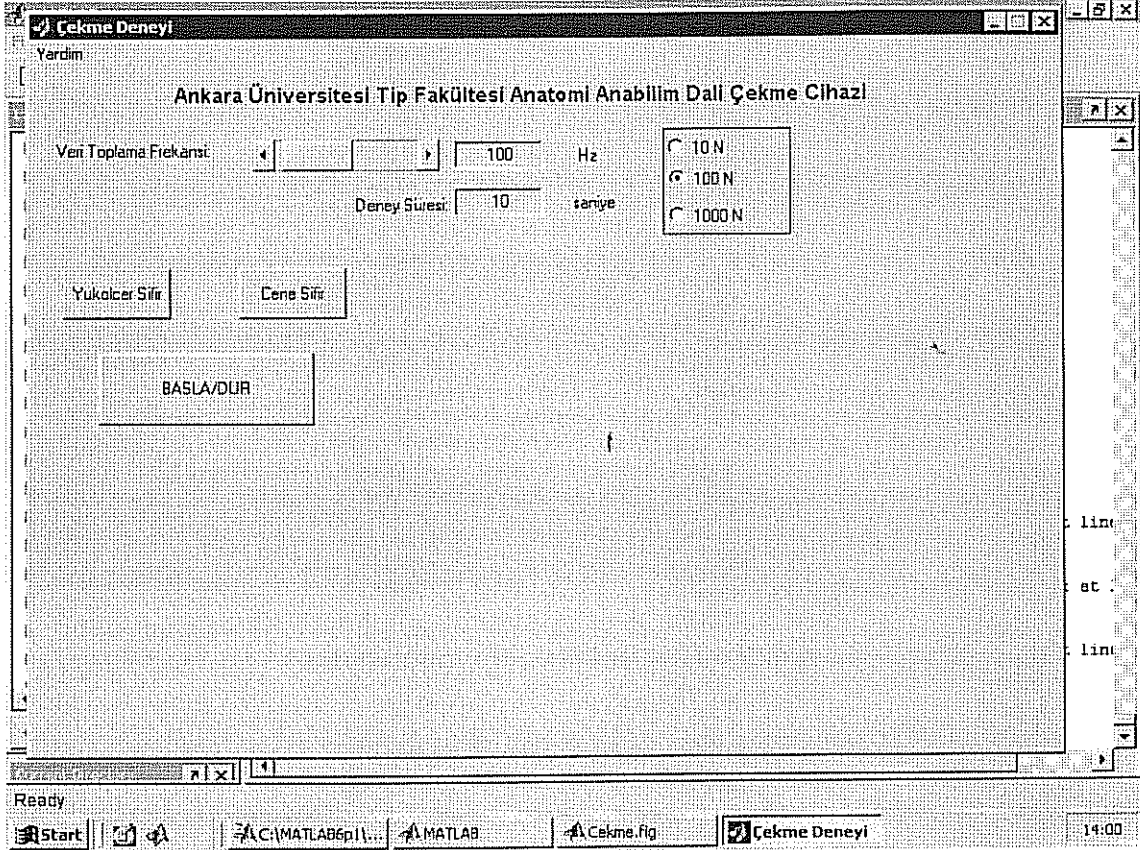
Şekil 2 100 N yükölçerin amplifikatörsüz kalibrasyon eğrisi

Deney Sistemi Arayüz Yazılımının Hazırlanması

Deney sistemi, National Instruments PCI 6023E 12 bit 16 kanal tek (ortak) uçlu veya 8 kanal çift uçlu veri toplama kartı aracılığıyla bilgisayara yer değiştirme ve kuvvet verisini aktarmaktadır. Ayrıca yükölçer ve ön yükselticisi ile yer değiştirme ölçer ve sinyal şartlandırıcısı için gerekli olan regüle edilmiş elektriksel gürültüden arındırılmış 12 V DC gerilim de deney bilgisayarının güç kaynağından temin edilmektedir. Deney bilgisayarı Windows 2000 Professional işletim sistemli, Intel Celeron 366 MHz işlemcili, 128 MB bellekli ve 3 GB sabit diske sahiptir. Veri toplama yazılımı, proje ortaklarından Orta Doğu Teknik Üniversitesi yerleşke lisansına sahip Matlab[®] 6.1 üzerinde hazırlanmıştır ve kullanıcıdan gelecek talepler doğrultusunda geliştirilmeye uygun biçimde modüler olarak hazırlanmıştır.

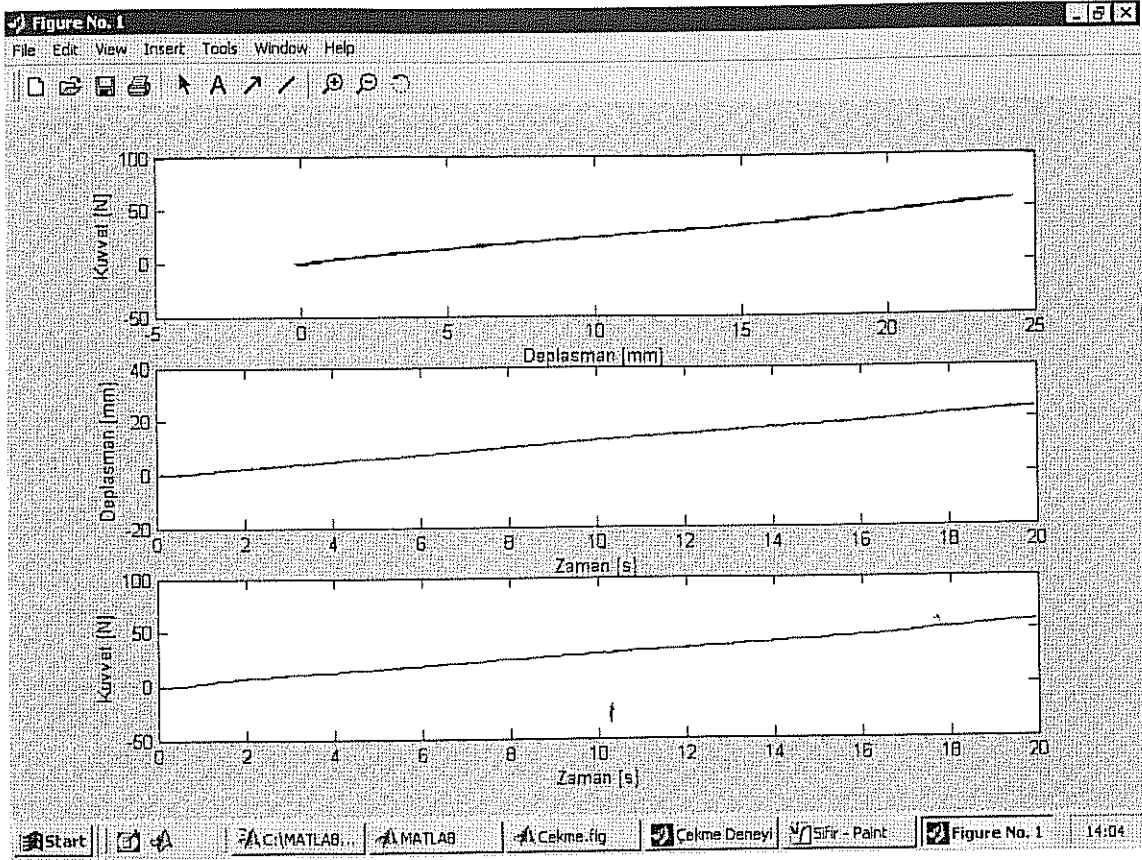
Deney arayüz programının şimdiki sürümünde üç tip (10, 100, 1000 N tam kapasiteli) yükölçerden hangisinin sisteme takılı olduğunu gösteren bir seçme düğmesi, bir sürgü ile denetlenen veri toplama frekansı (0.01 ile 1000

Hz arasında değiştirilebilen), belirli bir çene konumunu referans olarak kabul eden *Cene Sıfır* dğmesi, yköler üzerindeki belirli bir ykü sıfır kabul eden *Yukolcer Sıfır* dğmesi, en fazla deney süresini belirleyen pencere ve deneyi başlatan ve süre dolmadan durdurmaya yarayan bir *BASLA/DUR* dğmesi vardır (şekil 3).



şekil 3 Deney Sistemi Arayüz Penceresi

Deney yapılırken deney başlangıç anından itibaren zaman, çene yer değiştirmesi ve deney örneği- tepki kuvveti verileri sistem tarafından, kullanıcının seçtiği örnekleme frekansında kaydedilmektedir. Deney bitiminde aynı pencere içinde tepki kuvveti-yer değiştirme, yer değiştirme-zaman ve kuvvet-zaman grafikleri çizilmektedir (şekil 4). Ayrıca toplanan verinin kullanıcı tarafından başka yazılımlarda daha ileri incelemelerine olanak vermek üzere ASCII dosya olarak sabit diske saklanmaktadır.

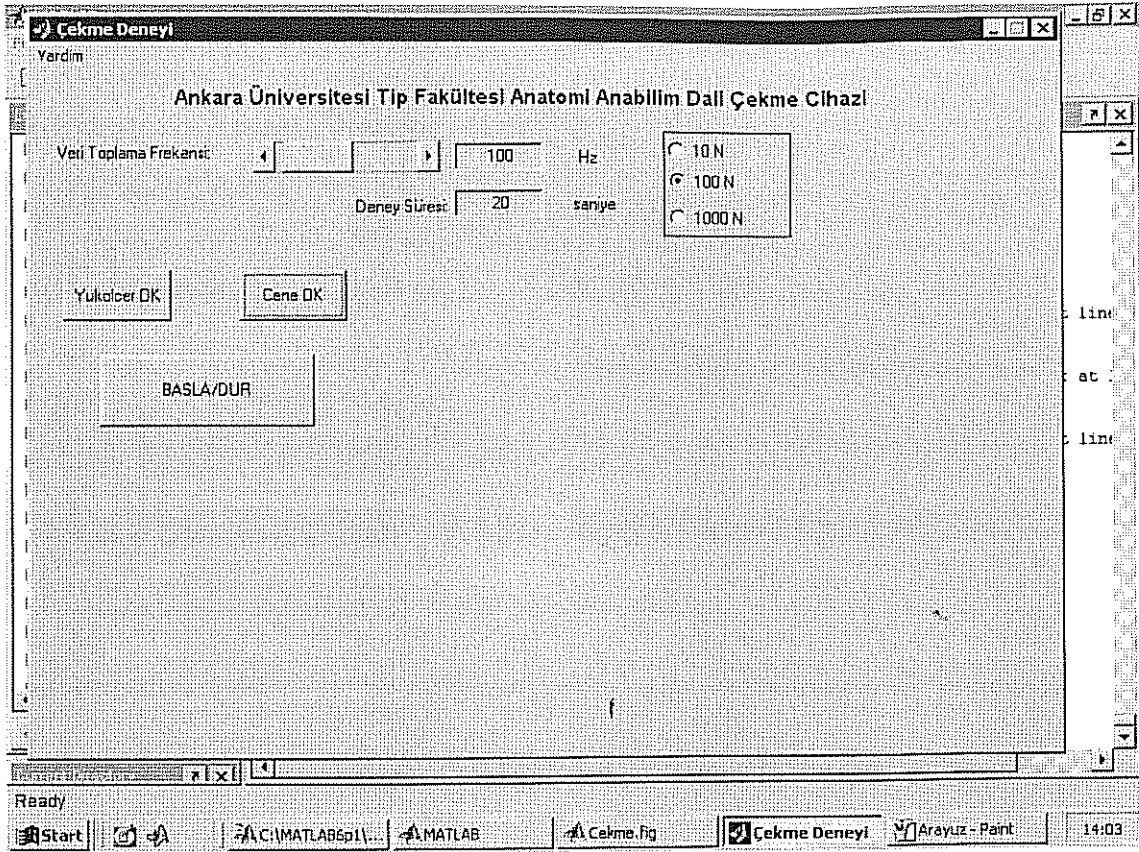


Şekil 4 Sentetik (biyolojik olmayan) bir malzeme üzerinde yapılan çekme deneyinden elde edilen sonuç grafikleri

Geliştirilen çekme deney sistemi ile bir malzeme deneyi şu şekilde yapılabilir:

1. Sisteme, gereksinim duyduğunuz en yüksek yük miktarına göre en uygun yükölçeri takınız. Eğer en yüksek yükünüz yükölçer kapasitesinden fazla ise yükölçere zarar verme olasılığınız olabilir. Eğer yükölçeriniz en yüksek yükünüzün on katı veya daha fazla kapasitedeyse ölçümünüzün hassasiyeti iyi olmayacaktır, daha düşük kapasitedeki yükölçeri kullanınız. Kullandığınız yükölçeri yazılımdan seçiniz (her yükölçerin ayrı bir kalibrasyon sabiti olduğundan bilgisayarın gösterdiği kuvvet değerlerinin hassas olması için bu aşama çok önemlidir).
2. Deneye başlamadan en az yarım saat önce (mümkünse bir saat önce) kullanacağınız cihazları enerjileyerek ısı olarak kararlı duruma gelmelerini sağlayınız.

3. Deney yapmayı planladığınız süreden daha uzun bir süreyi deney süresi penceresine giriniz.
4. Veri toplama frekansınızı seçiniz. Frekansın çok düşük olması özellikle hızlı deneylerde ve kopma deneylerinde bazı anlık değerleri kaçırmaya neden olabilir. Frekansın gereğinden yüksek olması ise çok fazla sayıda gereksiz veri alınmasına neden olur. Genellikle düşük hızlı malzeme deneylerinde 10-50 Hz, yüksek hızlı malzeme deneylerinde 40-200 Hz ve kopma deneylerinde de 500 Hz önerilebilir.
5. Uygun çenelere deney örneğini bağlayıp örnek sarkmayacak (ama üzerinde de gerilim olmayacak) biçimde çeneleri ayarlayınız. Bu durum başlangıç durumu olarak alınabilir ve yükölçer ve çene konumu ilgili düğmeler kullanılarak sıfırlanabilir (İlk sıfırlama yapıldıktan sonra bu düğmelerdeki yazılar *Yukolcer OK* ve *Cene OK* biçiminde değişir. Daha sonraki sıfırlamalarda da aynı yazılar kalır, Şekil 5).
6. *BAŞLA/DUR* düğmesi ile veri almayı başlatınız, hemen ardından istediğiniz hızda deney örneğini yüklemek üzere cihazın kolunu çevirmeye başlayınız.
7. Deney cihazı tanımladığınız süre dolana veya siz *BAŞLA/DUR* düğmesine yeniden basarak sistemi durdurana kadar veri almaya devam edecektir. Veri alımı bittiğinde açılan pencerede deneye ait kuvvet-yer değiştirme, yer değiştirme-zaman ve kuvvet-zaman grafikleri çıkacak ayrıca deney verisini saklamak üzere size izin ve dosya ismi soran bir pencere açılacaktır. Deney verileri başka yazılımlar aracılığıyla daha ileri incelemeler yapmak üzere sizin seçeceğiniz izin altında sizin belirleyeceğiniz dosya ismiyle ASCII formunda saklanacaktır. Grafikler ise deneyin istediğiniz gibi sonuçlanıp sonuçlanmadığı ya da belirgin deney hataları olup olmadığı konusunda size bir ön-fikir verecektir.

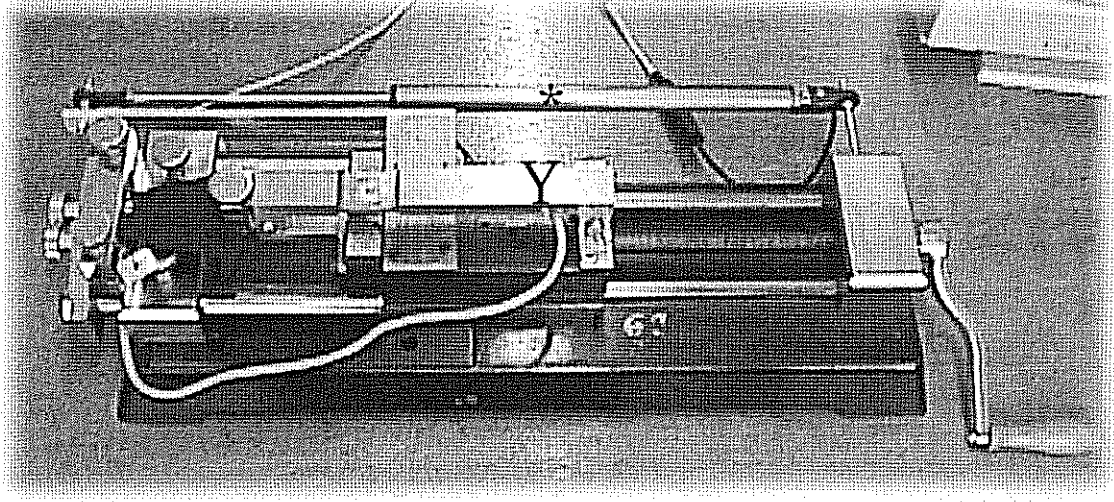


Şekil 5 Yükölçer ve çenenin sıfır ayarları yapıldıktan sonra ilgili düğmelerdeki yazılar Yukolcer OK ve Cene OK biçiminde değişir

Deney sistemi ve arayüz yazılımlarında kullanıcıdan gelecek değişiklik taleplerini karşılamak üzere gerekli değişiklikler yapılabilecektir.

TARTIŞMA

Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Anatomi Anabilim Dalının değişik birimlerle ortaklaşa yaptığı klinik anatomi ve biyomekanik ağırlıklı çalışmalarında ortaya çıkan biyomekanik malzeme deney taleplerine yanıt verebilmesi amacıyla mevcut Ernst Leitz Wetzlar masa üstü deney sistemi modernize edilmiştir (Şekil 6).



Şekil 6 Çekme cihazı elektronik uzama ölçer (*) ve elektronik yük hücresi (Y) monte edildikten sonra

Mevcut sistemde tahrik kolunun turunu sayarak yapılan deplasman ölçümü elektronik bir doğrusal yer değiştirici sensör ile, yaylı el kantarı ile yapılan kuvvet ölçümü ise gerinme ölçer tabanlı bir elektronik yükölçer ile, insan aracılığıyla ve gözlemlenilen veri toplama işlemi ise analog/sayısal çevirici bir veri toplama kartı ile yapılmaya başlanmıştır. Öte yandan, yeni sistem de eskisi gibi elle tahrik edilmekte ve eski sistemdeki deney çenelerini kullanmaktadır.

Yenilenmiş sistemin eski sistemden üstünlükleri şunlardır:

- Elektronik yer değiştirme ölçer ve ölçülen yükler altında rijid kabul edilebilecek bir yükölçer sayesinde deney örneğinde oluşan uzamalar hassas olarak ölçülebilmektedir.

- Üç farklı kapasitedeki gerinimölçer tabanlı yük hücresi sayesinde 0.1 N (yaklaşık 10 gr) ile 1 kN (yaklaşık 100 kgf) arasındaki deney örneği tepki kuvvetleri hassas olarak ölçülebilmektedir.
- Elektronik veri toplama birimi ve arayüz programı sayesinde deney süresince deney örneğinde oluşan uzama ve deney örneğinin tepki kuvveti eşzamanlı olarak ve istenen örnekleme hızında bilgisayara aktarılmaktadır. Elde edilen veri deney bitiminde ilk değerlendirme amaçlı olarak kullanıcıya sunulmakta, ayrıca daha ileri incelemeler için ASCII formatında kullanıcının istediği bir dizine onun istediği bir isimle kaydedilmektedir.

Bu üstünlükler sayesinde eski sitemde görülen deney sistemindeki uzamanın hassas olarak belirlenememesi, deney örneği tepki kuvvetinin dar bir aralıkta (2-50 kgf) ve kaba olarak kestirilmesi ve deney süresince çok sayıda eş zamanlı kuvvet-uzama-zaman verisi alınmaması sorunları giderilmiştir. Öte yandan yenilenmiş sistem de elle tahrik edildiği için deney hızının denetimi kullanıcının beceri ve deneyimiyle doğrudan ilgilidir. Deney örneğinin uyguladığı tepki kuvvetinin sabit tutulduğu (ve kapalı bir denetim algoritması gerektiren) sünme deneyleri, deney sisteminin şimdiki haliyle yapılamamaktadır.

SONUÇ

Mevcut Ernst Leitz Weltzer mekanik çekme cihazına takılan 200 mm kapasiteli elektronik yer değıştirme ölçer ve 10, 100 ve 1000 N kapasiteli üç yükölçer sayesinde mekanik çekme cihazından gelen deney örneğine ait uzama ve tepki kuvveti bilgileri eşzamanlı olarak bilgisayar ortamına aktarılmış, deney sırasında elde edilen tepki kuvveti-uzama, uzama-zaman ve tepki kuvveti-zaman grafikleri yapılan deneyin kalitesi ile ilgili fikir vermesi amacıyla hemen ekranda gösterilmiştir. Öte yandan farklı yazılımlarla daha ileri incelemelerin yapılabilmesi için zaman, uzama ve tepki kuvveti bilgileri ASCII formatında diskte istenen bir dizin altına saklanmıştır. Cihazın yeni durumuyla biyomekanik çalışma yapan kullanıcılara eskisinden daha hassas bilgiler sağlayacağı umulmaktadır.

Cihazı kullanacak arařtırmacılarđan gelen talepler doğrultusunda arayüz yazılımında, cihazın deney örneklerini tutan çene çeşitlerinde değışiklikler yapılabilir, farklı kapasitede yük hücreleri sisteme eklenebilir. Mevcut veri toplama kartı ve arayüz yazılımı, gerek duyulması halinde deney sisteminin bir adım motor ile istenen hızda tahrik edilmesine olanak verecek özelliktedir.

KAYNAKÇA

- [1] Strain Gage Based Transducers, Their Design and Consideration Measurements Group, Inc., Raleigh, North Carolina 27611, USA.
- [2] Shigley, J. E., Mechanical Engineering Design, First Metric Edition, McGraw-Hill, Singapore, 1988.
- [3] Beer, F. P., Johnston, E. R., DeWolf, J. T., Mechanics of Materials, Fourth Edition in SI Units, McGraw-Hill, Singapore, 2006.
- [4] Vishay Measurements Group, Micro-Measurements Catalog 500, Precision Strain Gages, USA, TD, 2000.
- [5] -, National Instruments Application Note 078, <http://ni.com>, 1998.

EKLER

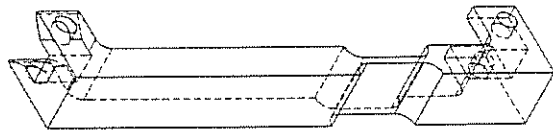
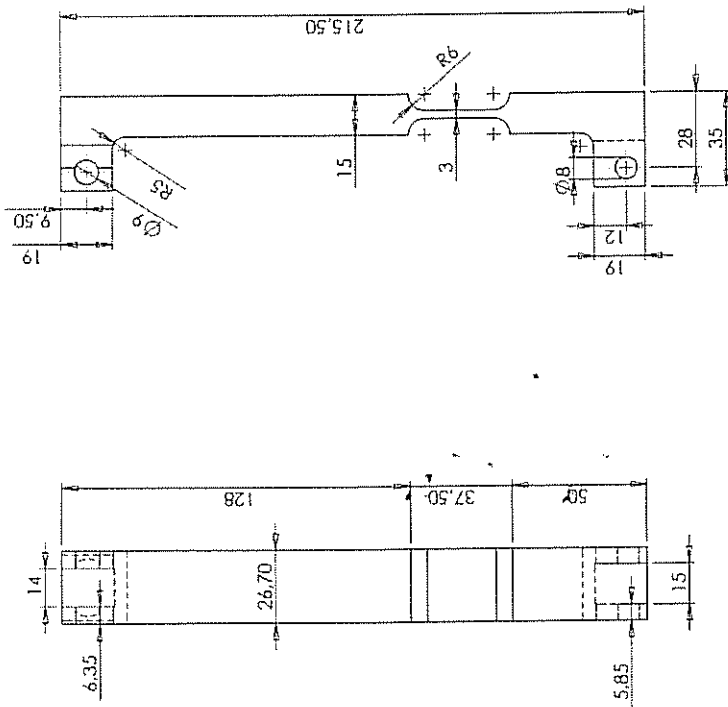
EK A

100 N Kapasitedeki Yk Hcresinin retim Resimleri

REV.	DATE	APPROVED

REV.	DATE	APPROVED

REV.	DATE	APPROVED



Tüm Ölçüler +/- 1%
Hassasiyet Toleransa
Sahiptir

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:	NAME	DATE
CHAMFERS ARE IN INCHES		
TOLERANCES		
HORIZONTALS		
VERTICALS		
ANGLES		
FINISH		
TEXT		
DATE		
BY		
CHECKED		
ENG APPR.		
MFG APPR.		
Q.A.		
COMMENTS		

DRWING
CHECKED
ENG APPR.
MFG APPR.
Q.A.
COMMENTS

TITLE:
100N Yük Hücresi

SIZE
A

IDWG. NO.
REV

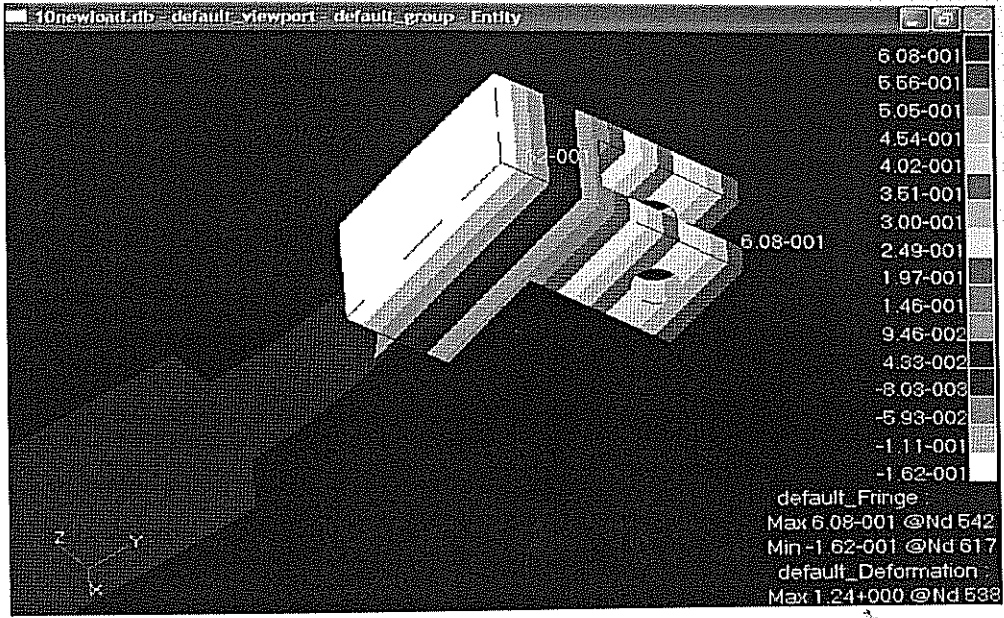
SCALE

SHEET OF 1

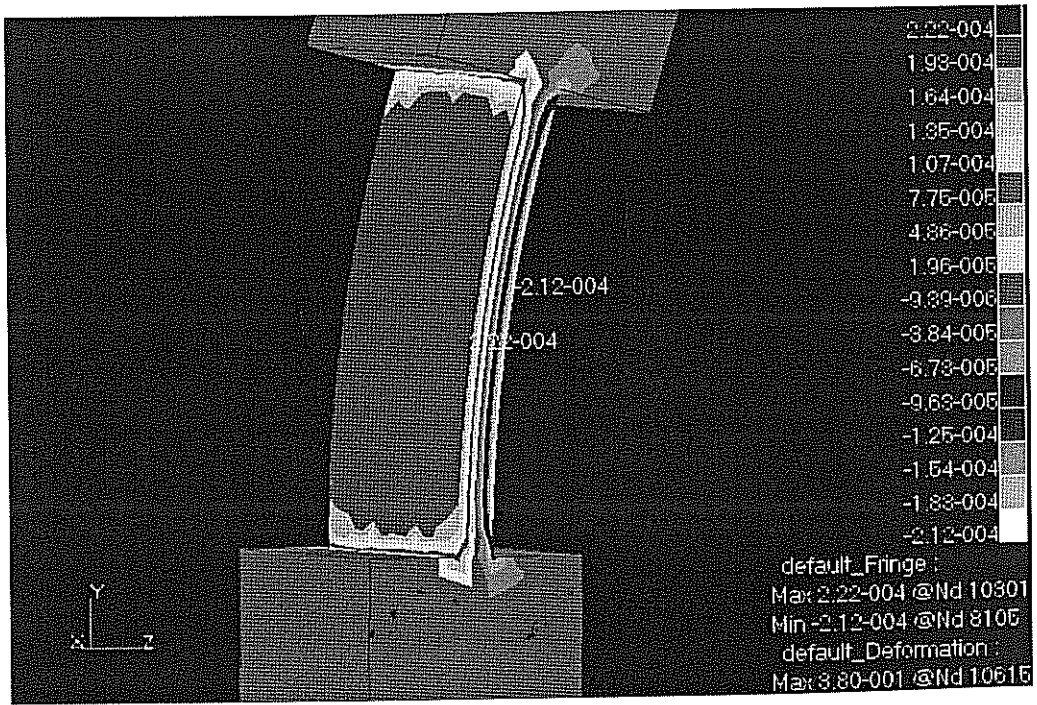
PROPRIARY AND CONFIDENTIAL
ALL INFORMATION CONTAINED IN THIS
DRAWING IS THE SOLE PROPERTY OF
SINERTEK COMPANY. NO REPRODUCTION,
PHOTOCOPYING, RECORDING, OR BY ANY
MEANS, IS PERMITTED WITHOUT THE
WRITTEN PERMISSION OF SINERTEK
CORPORATION.

EK B

100 N Kapasitedeki Yük Hücresinin Sonlu Elemanlar Analiz Sonuçları



Şekil B-1 Çekme Yönünde Yer Değişirme



Şekil B-2 Ölçüm kesitindeki gerinimler

PROJE ÖZET BİLGİ FORMU

Proje Kodu: SBAG-AYD-479
Proje Başlığı: Yumuşak ve Sert Doku Malzeme Deney Sistemine Elektronik Veri Toplama Biriminin Eklenmesi
Proje Yürütücüsü ve Yardımcı Araştırmacılar: Prof. Dr. Alaittin Elhan (Yürütücü), Prof. Dr. İbrahim Tekdemir, Dr. Halil İbrahim Açar, Dr. Nihal Apaydın, Dr. Ali Fırat Esmer, Dr. Simel Kendir, Dr. Ayhan Cömert, Dt. Burak Bilecenoğlu, Dr. Tülin Şen, Doç. Dr. Murat Bozkurt, Prof. Dr. S. Turgut Tümer, Y. Doç. Dr. Ergin Tönük, Yük. Müh. Gürol İpek, İbrahim Uçak
Projenin Yürütüldüğü Kuruluş ve Adresi: Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Anatomi Anabilim Dalı, Anatomi Anabilim Dalı Morfoloji Binası, Sıhhiye, Ankara
Destekleyen Kuruluş(ların) Adı ve Adresi: ODTÜ Makina Mühendisliği Bölümü, 06531 Ankara BİAS Mühendislik, ODTÜ Teknokent Silikon Binası BK:36, 06531 Ankara
Projenin Başlangıç ve Bitiş Tarihleri: 01. Şubat. 2005 – 01. Şubat. 2006
Öz (en çok 70 kelime) Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Anatomi Anabilim Dalında bulunan ve yaylı el kantarı ile deney örneği tepki kuvvetini ölçen, tahrik kolundaki tur sayısı ile de deney örneğindeki uzamayı ölçen Ernst Leitz Wetzlar deney sistemine elektronik bir yerdeğiştirme ölçer ile üç farklı kapasitede (10-100 ve 1000 N) gerinme ölçer tabanlı elektronik yükölçer eklenmiş, hazırlanan arayüz programı aracılığıyla bu ölçümler eş zamanlı olarak bilgisayara aktarılmıştır. Sistem modüler yapısı sayesinde gelişmeye açıktır.
Anahtar Kelimeler: Çekme deneyi, kopma deneyi, çekme kuvveti, uzama, mekanik deney
Projeden Kaynaklanan Yayınlar: -
Bilim Dalı: Makine Mühendisliği, Biyomekanik Doçentlik B. Dalı Kodu: 1.022 Biyomekanik