T.C.
ERCİYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ARAMİD KUMAŞ ÖZELLİKLERİNE BAĞLI İPLİK ÇEKME (YARN PULL–OUT) TESTİ İLE ÇOK KATLI DİKİŞLİ YAPILARIN BALİSTİK PERFORMANSININ DENEYSEL BELİRLENMESİ

Tezi Hazırlayan
Mahmut KORKMAZ

Tezi Yöneten
Prof. Dr. Abdulkadir BİLİŞİK

Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı
Yüksek Lisans Tezi

Ağustos 2009
KAYSERİ

T.C.
ERCİYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ARAMİD KUMAŞ ÖZELLİKLERİNE BAĞLI İPLİK ÇEKME (YARN PULL–OUT) TESTİ İLE ÇOK KATLI DİKİŞLİ YAPILARIN BALİSTİK PERFORMANSININ DENEYSEL BELİRLENMESİ

Tezi Hazırlayan
Mahmut KORKMAZ

Tezi Yöneten
Prof. Dr. Abdulkadir BİLİŞİK

Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı
Yüksek Lisans Tezi

Bu çalışma Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından FBA-05-531 kodlu proje ile desteklenmiştir.

Ağustos 2009
KAYSERİ

Prof. Dr. Abdulkadir BİLİŞİK danışmanlığında **Mahmut KORKMAZ** tarafından hazırlanan **"Aramid kumaş özelliklerine bağlı iplik çekme (yarn pull–out) testi ile çok katlı dikişli yapıların balistik performansının deneysel belirlenmesi"** adlı bu çalışma, jürimiz tarafından Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalında **Yüksek Lisans** tezi olarak kabul edilmiştir.

20. 08. 2009

JÜRİ:

Başkan : Prof. Dr. Abdulkadir Bilişik

Üye : Doç. Dr. Nazım Paşayev

Üye :Yrd. Doç. Dr. Şükrü SU

ONAY:

Bu tezin kabulü, Enstitü Yönetim Kurulunun 25/08/2009 tarih ve 2009/29-04. sayılı kararı ile onaylanmıştır.

25/.08/2009.

T.C. ERCİYES ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ 1978

N. Ayyıldız

Prof.Dr. Nusret AYYILDIZ

Enstitü Müdürü

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam süresince beni her konuda çok değerli bilgi, düşünce ve üstün deneyimiyle yönlendiren, destekleyen ve yakın ilgisini esirgemeyen, tezin sonuçlandırılmasında ve sonuçlarının değerlendirilmesinde maddi ve manevi yardımlarını hiçbir şekilde esirgemeyen değerli hocam sayın Prof. Dr. Abdulkadir BİLİŞİK'e teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Kumaşların temininde ve atışların yapılmasında yardımlarını esirgemeyen Sayın Ahmet USLU'ya teşekkürü ederim

Her zaman yardımını esirgemeyen Arş. Gör. Gaye YOLAÇAN'a teşekkür ederim.

Kumaşların kesiminde ve dikilmesinde yardımlarını esirgemeyen kardeşim Durdu KORKMAZ'a teşekkür ederim.

Atışların yapılmasında kendi tesislerini kullanmamıza izin veren ve üstün deneyimiyle çalışmamızda yol gösteren Savar Kompozit Balistik Malzeme San. Tic. Ltd. Şti'nin sahibi Mustafa ÇAPAR'a teşekkür ederim.

Atışların yapılmasında emeklerini ve yardımlarını esirgemeyen Kayseri Emniyet Müdürlüğü Özel Harekat Şube Müdürü Sayın Bünyamin ELİTOK, Komser Hüseyin ÇİÇEK ve Polis Memuru Yusuf UYSAL'a teşekkür ederim.

Tez çalısması boyunca bana verdigi manevi destek, göstermiş olduğu sabır ve anlayıştan dolayı değerli eşim Vesile Hanım KORKMAZ'a ve her akşam afacanlıkları ve yaramazlıkları ile yüzümüzü güldüren, sıkıntımızı unutturan kızım Ceyda KORKMAZ ve oğlum Yavuz KORKMAZ'a teşekkür ederim.

ARAMİD KUMAŞ ÖZELLİKLERİNE BAĞLI İPLİK ÇEKME (YARN PULL–OUT) TESTİ İLE ÇOK KATLI DİKİŞLİ YAPILARIN BALİSTİK PERFORMANSININ DENEYSEL BELİRLENMESİ

Mahmut KORKMAZ
Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
Yüksek Lisans Tezi, Ağustos 2009
Tez Danışmanı: Prof. Dr. Abdulkadir BİLİŞİK

ÖZET

Bu çalışmanın amacı kumaştan geliştirilen katlı yapıların belirli tehlike tiplerine karşı performanslarının belirlenmesi ve bozunma modları üzerinden enerji absorplama mekanizmasının anlaşılmasıdır.

Bu amaç doğrultusunda paraaramid kumaşlar (twaron CT 714 ve CT 716) ki çözgü ve atkı lineer yoğunluğu 110 tex, iplik sıklıkları birbirine eşit sırası ile 85 ve 122 tel/10cm., birim alan ağırlıkları 190 ve 280 g/m^2, kumaş kalınlıkları 0.3 ve 0.4mm olarak alınarak bunlardan 14 kat, 0˚/90˚ de doğrultulanmış dikişsiz ve tek yön, iki yön, dört yön naylon 6.6 lı iplikle dikili ve sadece dört yön kevlar 129'la dikili yapılar geliştirilmiştir.

Bu geliştirilen yapılara 9mm lik farklı hızlarda (300-400 m/s) mermilerle atışlar yapılarak genel olarak balistik enerji absorplama mekanizması anlaşılmaya çalışılmıştır. Enerji absorblama mekanizmasının anlaşılması için iplik çekme aparatı geliştirilmiş ve tek kat kumaşlara iplik çekme testleri (yarn pull out) yapılmıştır.

Atışlar sonucunda belirli bir tehlike tipinde mermi yapıya bir kinetik enerji uygulamaktadır. Bu enerji eğer iplik kopma uzamasının altında bir değerde ise kumaş yapısındaki ortogonal ipliklerde önce krimp düzelmesi (crimp removal) sonra iplik çekilmesi (pull out) yapı düzleminde gerçekleşmekte (longutidunal wave propagation) daha sonar da düzlem dışında şekil değişimi gerçekleşmektedir (transverse wave propagation). Bu olaylar dış kattan iç kata doğru uygulanan kinetik enerji seviyesine göre devem etmektedir.

Eğer uygulanan kinetik enerji iplik kopma uzamasının üzerinde bir değerde ise bu durumda önce tamamı ile ve kısmi iplik kırılmaları sonra krimp düzleşmesi ve iplik çekilmesi meydana gelmektedir. Bu olaylar dış katlarda yoğunluklu iplik kırılmaları olarak iç katlara doğru ise krimp düzleşmesi ve iplik çekilmesi olarak kendini göstermektedir.

Dikişli yapıların enerji absorplaması dikişsize göre bir miktar yüksek çıkmıştır. Bunun nedeni enerjinin bir kısmının dikiş ipliğinin kilitlediği katlararasını açmada kullanıldığı şeklinde gözönüne alınmıştır. Ayrıca dikişli yapılardaki konik çökme dikişsize göre daha düşük çıkmıştır.

Kompozit plakalı – esnek katlı yapılar da modüler olarak geliştirilmiştir. Kullanılan tehlike tipi 7.65mm. li AK 47 ile ortalama 725 m/s hızda yapıya atılmıştır. Yapılardaki bozunma modları incelendiğinde üç boyutlu ortogonal karbon/epoksili plakada bozunma dar bir hacimde, çok eksenli kesişmesiz ve dikişsiz E-cam/polyester plakada katlararası açılma ve geniş bir çevrede ve ayrıca katlı kumaşlı yapıda da iplik kırılmaları, krimp düzleşmesi ve iplik çekilmesi esaslı bozunma ile kendini göstermiştir. Sonuç olarak bu çalışma ile katlı kumaşlı yapıların enerji absorplama mekanizması düşük tehlike tipleri açısında bir derece anlaşılmıştır. İleriki çalışmalarda iplik sürtünmesi ve nano malzemelerin bu amaç doğrultusunda kullanılarak balistik performansları iyileştirilmiş yapıların geliştirilmesi üzerine gerçekleşeceği tahmin edilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Balistik kumaş, Çok katlı dikişli yapılar, İplik çekme testi (yarn pull out), Krimp düzelmesi, Enerji absorplama mekanizması, Konik çökme.

EXPERIMENTAL DETERMINATION OF BALLISTIC PERFORMANCE OF MULTILAYERED ARAMID FABRIC STITCHED STRUCTURES BY YARN PULL OUT TEST

Mahmut KORKMAZ
Erciyes University, Graduate School of Natural and Applied Sciences
M. Sc. Thesis, August 2009
Thesis Supervisor: Prof. Dr. Abdulkadir BİLİŞİK

ABSTRACT

The aim of this study is to understand the energy absorption mechanism and failure modes of the newly developed layered fabric structures which resist the certain threat types.

For this reason paraaramid woven fabrics which is denoted as twaron™ CT 714 and CT 716 were used. They have 110 tex linear density fibers; warp and filling densities in the fabrics 85 and 122 ends/10cm. respectively; fabric unit weight 190 and 280 g/m^2 respectively; fabric thickness 0.3 and 0.4 mm. respectively. The developed structures from these fabrics are unstitched and stitched structures which have 14 layers and oriented 0˚/90˚. In stitched structures, nylon 6.6 yarns are used to stitch the structure one, two and four directions whereas kevlar™ 129 yarn is used to make only the four directional stitched pattern structures.

It is try to understand the energy absorption mechanism of the developed structures after the ballistic shooting is performed. The bullet is 9 mm full metal jacketed and its speed between 300-400 m/s.

Yarn pull out fixture was developed to understand the energy absorption mechanism and yarn pull out test was performed to the paraaramid single woven fabric.

After shooting, bullet applies the kinetic energy to the structure for certain type of threat. If this energy level is under the yarn breaking extension, crimp in the orthogonal yarns at the fabric structure is firstly removed and thereafter yarn pull out takes place in the structure plane which is called longitudinal wave propagation and later stage fabric

deformation was occurred to the out of plane direction of the structure which is called transverse wave propagation. This phenomenon continues from outside layers to the inside layers depending upon applied kinetic energy level.

If the applied kinetic energy level is above the yarn breaking extension, in this case partial and total filament breakages occurs. After that, crimp removal and yarn pull out stages occur. These phenomenon take place multiple yarn failure in the outer layers and, crimp removal and yarn pull out towards the inside layers.

Energy absorption level of the stitched structures was slightly higher than that of the unstitched structures. The reason is that some amount of the energy was absorbed to delaminate the interlayer which was locked by the stitching yarns. Also, conical depth in the stitched structure was low compared to that of the unstitched structure.

Also, soft layered structures supported by composite panels have been developed. The structures were impacted by AK 47 automatic weapon in where 7.65 mm caliber bullet with speed of 725 m/s was used. After shooting the failure mode was analyzed. It was found out that failure zone in the three dimensional (3D) orthogonal woven carbon/epoxy composite is small whereas multiaxis uncrimped and unstitched E-glass/polyester composite has delaminated and resulted large damaged zone. Damaged zone in the unstitched layered fabric structures has fiber breakages and crimp removal and yarn pull out.

As a result, energy absorption mechanism of the layered fabric structures was somehow understood for low threat types. For future study in this field should be concentrated on understanding the fiber friction and possibility to use nano material to enhance the ballistic performance of such structures.

Keywords : Ballistic fabric, Stitched multilayered structures, Yarn pull out test, Crimp recovery, Energy absorption mechanism, Conical depth.

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY I

TEŞEKKÜR..... II

ÖZET…… III

ABSTRACT..... V

TABLOLAR LİSTESİ ..... ……..XII

ŞEKİLLER LİSTESİ..... ……..XVII

1. BÖLÜM

GİRİŞ …… ..... …….1

2. BÖLÜM

GENEL BILGILER …… ..... …….3

3. BÖLÜM

KUMAŞLARA UYGULANAN TESTLER VE GELİŞTİRİLEN YAPILAR…..…….14

3.1 Tez Çalışmasında Kullanılan Kumaşlar ……..... …….14

3.2. Kumaştan İplik Çekme Aparatı …… ..... …….14

3.3. İplik Çekme Deney Planı ……..... …….17

3.4. Kumaştan Çıkarılan İpliklerin Mukavemetinin Ölçülmesi …… ….30

3.5. Krimp Ölçümü …… ..... …….30

3.6. Kumaş Kalınlığının Ölçülmesi …… ..... …….31

3.7. Kumaş Gramajının Ölçülmesi ……..... …….31

3.8. Kumaştan Çıkarılan İpliklerin Numarasının Ölçülmesi …… ..... ….31

3.9. Geliştirilen Dikişli Katlı Yapılarda İpliklerin Çekilmesi (Pull-out) . …….31

3.10. Atış İçin Geliştirilen Dikişsiz ve Dikişli Yapılar ……..... …….35

3.11. Atış Testleri Deney Planı ……..... …….41

3.12. Atışlarda Kullanılacak Silah ve Mermiler …… ..... …….42

3.13. Atış Tesisi ve Kullanılan Malzemeler ……..... …….44

4. BÖLÜM

TESTLER SONUCUNDA ELDE EDİLEN VERİLER……..…..…….46

4.1. Kullanılan Kumaşların Ölçülen Parametreleri ……..... …….46

4.2. Kumaşların Ortalama Atkı Ve Çözgü Krimp Değerleri …… . …….46

4.3. Kumaşlardan Çıkarılan İpliklerin Mukavemet Değerleri …… ..... …….47

4.3.1. Twaron™ CT 716 Kodlu Kumaşın Çözgü İpliklerinin Ortalama Mukavemet Değerleri ve grafikleri ……..... …….47

4.3.2. Twaron™ CT 716 Kodlu Kumaşın Atkı İpliklerinin Ortalama Mukavemet Değerleri ve grafikleri ……..... …….48

4.3.3. Twaron™ CT 714 Kodlu Kumaşın Çözgü İpliklerinin Ortalama Mukavemet Değerleri ve grafikleri ……..... …….49

4.3.4. Twaron™ CT 714 Kodlu Kumaşın Atkı İpliklerinin Ortalama Mukavemet Değerleri ve grafikleri ……..... …….51

4.4. Tek Katlı Kumaşlarda Yapılan İplik Çekme Testi Değerleri ……..... ….52

4.4.1. Twaron™ CT 716 Kumaşın Çözgü Yönünde Yapılan İplik Çekme Testi Değerleri …… ..... …….55

4.4.2. Twaron™ CT 716 Kumaşın Atkı Yönünde Yapılan İplik Çekme Testi Değerleri …… ..... …….69

4.4.3. Twaron™ CT 714 Kumaşın Çözgü Yönünde Yapılan İplik Çekme Testi Değerleri …… ..... …….73

4.4.4. Twaron™ CT 714 Kumaşın Atkı Yönünde Yapılan İplik Çekme Testi Değerleri …… ..... …….87

4.5. Dikişli Yapılarda İplik Çekme Deneyi …… ..... …….91

4.5.1. Twaron™ CT 716 Kumaştan Geliştirilen 14 Katlı Dikişli Yapılarda İplik Çekme Deney Sonuçları …… ..... …….94

4.5.1.1. Twaron™ CT 716 Kumaştan 14 Katlı Tek Yön Dikişli Kumaştan Atkı Yönünde Yapılan İplik Çekme Deney Sonuçları …… .. …….94

4.5.1.2. Twaron™ CT 716 Kumaştan 14 Katlı Tek Yön Dikişli Kumaştan Çözgü Yönünde Yapılan İplik Çekme Deney Sonuçları …… . …….97

4.5.1.3. Twaron™ CT 716 Kumaştan 14 Katlı İki Yön Dikişli Kumaştan Çözgü Yönünde Yapılan İplik Çekme Deney Sonuçları …… ..... …….100

4.5.1.4. Twaron™ CT 716 Kumaştan 14 Katlı Dört Yön Dikişli Kumaştan Çözgü Yönünde Yapılan İplik Çekme Deney Sonuçları …… …….103

4.5.2. Twaron™ CT 714 Kumaştan Geliştirilen 14 Katlı Dikişli Yapılarda İplik Çekme Deney Sonuçları …… ..... …….106

4.5.2.1. Twaron™ CT 714 Kumaştan 14 Katlı Tek Yön Dikişli Kumaştan Atkı Yönünde Yapılan İplik Çekme Deney Sonuçları …… ..... …….106

4.5.2.2. Twaron™ CT 714 Kumaştan 14 Katlı Tek Yön Dikişli Kumaştan Çözgü Yönünde Yapılan İplik Çekme Deney Sonuçları … ..... …….109

4.5.2.3. Twaron™ CT 714 Kumaştan 14 Katlı İki Yön Dikişli Kumaştan Çözgü Yönünde Yapılan İplik Çekme Deney Sonuçları …… …….112

4.5.2.4. Twaron™ CT 714 Kumaştan 14 Katlı Dört Yön Dikişli Kumaştan Çözgü Yönünde Yapılan İplik Çekme Deney Sonuçları …… ..... …….115

4.6. Atış Sonuçları ……..... …….118

4.6.1. Twaron™ CT 714 Kodlu Kumaştan Geliştirilen Yapıların Atış Sonuçları …… ..... …….118

4.6.1.1. Twaron™ CT 714 Kodlu Kumaştan 14 Katlı Dikişsiz Yapının Atış Sonuçları …… ..... …….118

4.6.1.2. Twaron™ CT 714 Kodlu Kumaştan 14 Katlı Tek Yön Dikişli Yapının Atış Sonuçları ……..... …….122

4.6.1.3. Twaron™ CT 714 Kodlu Kumaştan 14 Katlı İki Yön Dikişli (Nylon 6,6 Dikişli) Yapının Atış Sonuçları …… ..... …….125

4.6.1.4. Twaron™ CT 714 Kodlu Kumaştan 14 Katlı Dört Yön Dikişli (Nylon 6,6 Dikişli) Yapının Atış Sonuçları …… ..... …….128

4.6.1.5. Twaron™ CT 714 Kodlu Kumaştan 14 Katlı Dört Yön Dikişli (Kevlar 129 Dikişli) Yapının Atış Sonuçları …… ..... …….131

4.6.2. Twaron™ CT 716 Kodlu Kumaştan Geliştirilen Yapıların Atış Sonuçları … ..... .134

4.6.2.1. Twaron™ CT 716 Kodlu Kumaştan 14 Katlı Dikişsiz Yapının Atış Sonuçları …… ..... …….134

4.6.2.2. Twaron™ CT 714 Kodlu Kumaştan 14 Katlı Tek Yön Dikişli (Nylon 6,6 Dikişli) Yapının Atış Sonuçları …… ..... …….136

4.6.2.3. Twaron™ CT 714 Kodlu Kumaştan 14 Katlı İki Yön Dikişli (Nylon 6,6 Dikişli) Yapının Atış Sonuçları …… ..... …….139

4.6.2.4. Twaron™ CT 714 Kodlu Kumaştan 14 Katlı Dört Yön Dikişli (Nylon 6,6 Dikişli) Yapının Atış Sonuçları …… ..... …….142

4.6.2.5. Twaron™ CT 716 Kodlu Kumaştan 14 Katlı Dört Yön Dikişli (Kevlar 129 Dikişli) Yapının Atış Sonuçları …… ..... …….145

5. BÖLÜM

TARTIŞMA, SONUÇ VE ÖNERİLER ……..... …….149

5.1. İplik Çekme (Pull-out) Verilerinin Değerlendirilmesi …….. …….149

5.2. Atış Verilerinin Değerlendirilmesi …… ..... …….166

5.2.1. Tehlikenin Kinetik Enerjisi …….... …….166

5.2.2. Bozunan Katın Spesifik Enerji Absorblaması (BSEA)…… .. …….166

5.2.3. Yapının Spesifik Enerji Absorblaması (YSEA) …… ..... …….166

5.2.4. Twaron™ CT 714 Esaslı Geliştirilen Yapıların Bozunan Kat Ve Yapının Yoğunluğu Üzerinden Enerji Absorblaması ……... …….167

5.2.5. Twaron™ CT 716 Esaslı Geliştirilen Yapıların Bozunan Kat Ve Yapının Yoğunluğu Üzerinden Enerji Absorblaması ……... …….173

5.2.6. Atış Sonrası Geliştirilen Balistik Yapıların Kıyaslanması …… ….180

5.2.7. Geliştirilen Plakalı Esnek (Panel-Soft) Yapıların Atış Sonrası Enerji Absorplaması …… ..... …….183

5.2.8. Atış Sonrası Geliştirilen Balistik Yapıların Bozunma Modlarının İrdelenmesi ……..... …….186

5.2.9. Genel Sonuçlar ve Öneriler ……..... …….201

KAYNAKLAR ……. ..... …….204

ÖZGEÇMİŞ ……. ..... …….208

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 3.1. Kullanılan Twaron kumaşlara ait özellikler ……..…..... …….14

Tablo 3.2. Çözgü yönünde hazırlanan numuneler ……..... …….17

Tablo 3.3. Atkı yönünde hazırlanan numuneler ……..…..... …….27

Tablo 3.4. Twaron™ CT 714 ve CT 716 kumaşlardan hazırlanan Dikişli İplik Çekme (Pull-put) deney Numuneleri ……..... …..….32

Tablo 3.5. Twaron™ CT 714 kodlu kumaştan geliştirilen yapıların özellikleri ……..... …..….36

Tablo 3.6. Twaron™ CT 716 kodlu kumaştan geliştirilen yapıların özellikleri ……..... …..….36

Tablo 3.7. Twaron™ CT 714 kodlu kumaştan geliştirilen yapılar …… …..….41

Tablo 3.8. Twaron™ CT 716 kodlu kumaştan geliştirilen yapılar …… .. …….42

Tablo 3.9. Tehlike tipleri ve özellikleri ….... …….42

Tablo 4.1. Kullanılan kumaşların ölçülen değerleri ….... …….46

Tablo 4.2. Krimp testi ortalama değerleri ……..…. ..... …….46

Tablo 4.3. Twaron™ CT 716 kumaşın çözgü ipliğinin ortalama mukavemet değerleri ……..…. ..... …….47

Tablo 4.4. Twaron™ CT 716 kumaşın atkı ipliğinin ortalama mukavemet değerleri ……..…. ..... …….49

Tablo 4.5. Twaron™ CT 714 kumaşın çözgü ipliğinin ortalama mukavemet değerleri ……..…. ..... …….50

Tablo 4.6. Twaron™ CT 714 kumaşın atkı ipliğinin ortalama mukavemet değerleri ……..…. ..... …….51

Tablo 4.7. Twaron™ CT 716 kumaşının 5 cm test mesafesinde çözgü yönünde iplik çekme test değerleri …… ..... …….56

Tablo 4.8. Twaron™ CT 716 kumaşının 10 cm test mesafesinde çözgü yönünde iplik çekme test değerleri …. ..... …….58

Tablo 4.9. Twaron™ CT 716 kumaşının 15 cm test mesafesinde çözgü yönünde iplik çekme test değerleri …. ..... …….60

Tablo 4.10. Twaron™ CT 716 kumaşının 20 cm test mesafesinde çözgü yönünde iplik çekme test değerleri ……..…. ..... …….62

Tablo 4.11. Twaron™ CT 716 kumaşının 25 cm test mesafesinde çözgü yönünde iplik çekme test değerleri …… ..... …….64

Tablo 4.12. Twaron™ CT 716 kumaşının 30 cm test mesafesinde çözgü yönünde iplik çekme test değerleri …. ..... …….66

Tablo 4.13. Twaron™ CT 716 kumaşının 35 cm test mesafesinde çözgü yönünde iplik çekme test değerleri …. ..... …….68

Tablo 4.14. Twaron™ CT 716 kumaşının 10 cm test mesafesinde atkı yönünde iplik çekme test değerleri ……..…. ..... …….70

Tablo 4.15. Twaron™ CT 716 kumaşının 30 cm test mesafesinde atkı yönünde iplik çekme test değerleri ……..…. ..... …….72

Tablo 4.16. Twaron™ CT 714 kumaşının 5 cm test mesafesinde çözgü yönünde iplik çekme test değerleri …… ..... …….74

Tablo 4.17. Twaron™ CT 714 kumaşının10 cm test mesafesinde çözgü yönünde iplik çekme test değerleri ……..…. ..... …….76

Tablo 4.18. Twaron™ CT 714 kumaşının15 cm test mesafesinde çözgü yönünde iplik çekme test değerleri …… ..... …….78

Tablo 4.19. Twaron™ CT 714 kumaşını 20 cm test mesafesinde çözgü yönünde iplik çekme test değerleri …. ..... …….80

Tablo 4.20. Twaron™ CT 714 kumaşını 25 cm test mesafesinde çözgü yönünde iplik çekme test değerleri …. ..... …….82

Tablo 4.21. Twaron™ CT 714 kumaşını 30 cm test mesafesinde çözgü yönünde iplik çekme test değerleri ……..…. ..... …….84

Tablo 4.22. Twaron™ CT 714 kumaşını 35 cm test mesafesinde çözgü yönünde iplik çekme test değerleri …… ..... …….86

Tablo 4.23. Twaron™ CT 714 kumaşını 10 cm test mesafesinde atkı yönünde iplik çekme test değerleri ……..…….88

Tablo 4.24. Twaron™ CT 714 kumaşını 30 cm test mesafesinde atkı yönünde iplik çekme test değerleri ……..…….90

Tablo 4.25. Twaron™ CT 716 kumaştan geliştirilen atkı yönü tek yön dikişli yapının iplik çekme test değerleri ……..…….95

Tablo 4.26. Twaron™ CT 716 kumaştan geliştirilen çözgü yönü tek yön dikişli yapının iplik çekme test değerleri ……..…….98

Tablo 4.27. Twaron™ CT 716 kumaştan geliştirilen çift yön dikişli yapının çözgü yönünde iplik çekme test değerleri ……..…….101

Tablo 4.28. Twaron™ CT 716 kumaştan geliştirilen dört yön dikişli yapının çözgü yönünde iplik çekme test değerleri ……..…….104

Tablo 4.29. Twaron™ CT 714 kumaştan geliştirilen atkı yönü tek yön dikişli yapının iplik çekme test değerleri ……..…….107

Tablo 4.30. Twaron™ CT 714 kumaştan geliştirilen çözgü yönü tek yön dikişli yapının iplik çekme test değerleri ……..…….110

Tablo 4.31. Twaron™ CT 714 kumaştan geliştirilen iki yön dikişli yapının çözgü yönünde iplik çekme test değerleri ……..…….113

Tablo 4.32. Twaron™ CT 714 kumaştan geliştirilen dört yön dikişli yapının çözgü yönünde iplik çekme test değerleri ……..…….116

Tablo 4.33. Twaron™ CT 714 kodlu kumaştan geliştirilen 14 katlı dikişsiz yapının atış sonuçları ……..…….121

Tablo 4.34. Twaron™ CT 714 kodlu kumaştan geliştirilen 14 katlı tek yön dikişli yapının atış sonuçları (Nylon 6,6 dikişli) ……..…….124

Tablo 4.35. Twaron™ CT 714 kodlu kumaştan geliştirilen 14 katlı iki yön dikişli yapının atış sonuçları (Nylon 6,6 dikişli) ……..…….127

Tablo 4.36. Twaron™ CT 714 kodlu kumaştan geliştirilen 14 katlı dört yön dikişli yapının atış sonuçları (Nylon 6,6 dikişli) ……..…….130

Tablo 4.37. Twaron™ CT 714 kodlu kumaştan geliştirilen 14 katlı dört yön dikişli yapının atış sonuçları (Kevlar 129 dikişli) ……..…... …….133

Tablo 4.38. Twaron™ CT 716 kodlu kumaştan geliştirilen 14 katlı dikişsiz yapının atış sonuçları …… ..... …….136

Tablo 4.39. Twaron™ CT 716 kodlu kumaştan geliştirilen 14 katlı tek yön dikişli yapının atış sonuçları (Nylon 6,6 dikişli) ……..…..... …….139

Tablo 4.40. Twaron™ CT 716 kodlu kumaştan geliştirilen 14 katlı iki yön dikişli yapının atış sonuçları (Nylon 6,6 dikişli) ……..... …….142

Tablo 4.41. Twaron™ CT 716 kodlu kumaştan geliştirilen 14 katlı dört yön dikişli yapının atış sonuçları (Nylon 6,6 dikişli) …..... …….145

Tablo 4.42. Twaron™ CT 716 kodlu kumaştan geliştirilen 14 katlı dört yön dikişli yapının atış sonuçları (Kevlar 129 dikişli) …..... …….148

Tablo 5.1. Twaron™ CT 714 14 katlı dikişsiz yapının atış sonucu hesaplanan enerji absorplama değerleri ……..…..... …….168

Tablo 5.2. Twaron™ CT 714 14 katlı tek yön dikişli (Nylon 6.6 ipliği ile) yapının atış sonucu hesaplanan enerji absorplama değerleri … .... …….168

Tablo 5.3. Twaron™ CT 714 14 katlı iki yön dikişli (Nylon 6.6 ipliği ile dikilmiş) yapının atış sonucu hesaplanan enerji absorplama değerleri …..... …….169

Tablo 5.4. Twaron™ CT 714 14 katlı dört yön dikişli (Nylon 6.6 ipliği ile dikilmiş) yapının atış sonucu hesaplanan enerji absorplama değerleri …..... …….170

Tablo 5.5. Twaron™ CT 714 14 katlı dört yön dikişli (Kevlar 129 ipliği ile dikilmiş) yapının atış sonucu hesaplanan enerji absorplama değerleri ……..…..... …….171

Tablo 5.6. Twaron™ CT 716 14 katlı dikişsiz yapının atış sonucu hesaplanan enerji absorplama değerleri ……..…..... …….174

Tablo 5.7. Twaron™ CT 716 14 katlı tek yön dikişli (Nylon 6.6 ipliği ile dikilmiş) yapının atış sonucu hesaplanan enerji absorplama değerleri ……..... …….175

Tablo 5.8. Twaron™ CT 716 14 katlı iki yön dikişli (Nylon 6.6 ipliği ile dikilmiş) yapının atış sonucu hesaplanan enerji absorplama değerleri ….... …….176

Tablo 5.9. Twaron™ CT 716 14 katlı dört yön dikişli (Nylon 6.6 ipliği ile dikilmiş) yapının atış sonucu hesaplanan enerji absorplama değerleri ….... …….177

Tablo 5.10. Twaron™ CT 716 14 katlı dört yön dikişli (Kevlar 129 ipliği ile dikilmiş) yapının atış sonucu hesaplanan enerji absorplama değerleri ……..…..... …….178

Tablo 5.11. Twaron™ CT 714 160 katlı dikişsiz yapıya yapılan atış sonucunda hesaplanan enerji absorplama değerleri ……..…. ..... …….184

Tablo 5.12. Twaron™ CT 716 40 katlı dikişsiz yapıya yapılan atış sonucunda hesaplanan enerji absorplama değerleri …… ..... …….185

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 3.1. İplik çekme deney aparatı ullanılan ……..…. ..... …….15
Şekil 3.2. Kumaşların İplik çekme deney aparatına yerleştirilmesi …… …….16
Şekil 3.3. İpliklerin kumaş içinden çekilme mukavemetin ölçülmesi ……..…. …….16
Şekil 3.4. Hazırlanan numunelerde saçaklandırma. ……..…. ..... …….17
Şekil 3.5. Sağ, orta ve sol test alanından teker teker 10 ipliğin çekildiği test numunesi ……. ..... …….18
Şekil 3.6. 2 iplikten 7 ipliğe kadar çoklu iplik çekiminin yapıldığı test numunesi. ……..…. ..... …….18
Şekil 3.7. 8 iplikten 12 ipliğe kadar çoklu iplik çekiminin yapıldığı test numunesi. ……..…. ..... …….18
Şekil 3.8. 5 cm test boyu ve 30 cm test eni olan orta, sağ ve soldan teker teker 10 ipliğe kadar ipliklerin çekildiği numune ……. ..... …….19
Şekil 3.9. 5 cm test boyu ve 30 cm test eni olan 2'den 7'ye kadar toplu iplik çekiminin yapıldığı numune ……..…. ..... …….19
Şekil 3.10. 5 cm test boyu ve 30 cm test eni olan 8'den 10'a kadar toplu iplik çekiminin yapıldığı numune ……..…. ..... …….20
Şekil 3.11. 10 cm test boyu ve 30 cm test eni olan orta, sağ, ve soldan teker teker 10 ipliğe kadar ipliklerin çekildiği numune ……. ..... …….20
Şekil 3.12. 10 cm test boyu ve 30 cm test eni olan 2'den 7'ye kadar toplu iplik çekiminin yapıldığı numune ……..…. ..... …….21
Şekil 3.13. 10 cm test boyu ve 30 cm test eni olan 8'den 10'a kadar toplu iplik çekiminin yapıldığı numune ……..…. ..... …….21
Şekil 3.14. 15 cm test boyu ve 30 cm test eni olan orta, sağ ve soldan teker teker 10 ipliğe kadar ipliklerin çekildiği numune ……. ..... …….22
Şekil 3.15. 15 cm test boyu ve 30 cm test eni olan 2'den 7'ye kadar toplu iplik çekiminin yapıldığı numune ……..…. ..... …….22
Şekil 3.16. 20 cm test boyu ve 30 cm test eni olan orta, sağ ve soldan teker teker 10 ipliğe kadar ipliklerin çekildiği numune ……..…. ..... …….23
Şekil 3.17. 20 cm test boyu ve 30 cm test eni olan 2'den 7'ye kadar toplu iplik çekiminin yapıldığı numune …… ..... …….23

Şekil 3.18. 25 cm test boyu ve 30 cm test eni olan orta, sağ ve soldan teker teker 10 ipliğe kadar ipliklerin çekildiği numune ……..…. ..... …….24

Şekil 3.19. 25 cm test boyu ve 30 cm test eni olan 2'den 7'ye kadar toplu iplik çekiminin yapıldığı numune ……..… ..... …….24

Şekil 3.20. 30 cm test boyu ve 30 cm test eni olan orta, sağ ve soldan teker teker 10 ipliğe kadar ipliklerin çekildiği numune …… ..... …….25

Şekil 3.21. 30 cm test boyu ve 30 cm test eni olan 2'den 7'ye kadar toplu iplik çekiminin yapıldığı numune ……..… ..... …….25

Şekil 3.22. 35 cm test boyu ve 30 cm test eni olan orta, sağ ve soldan teker teker 10 ipliğe kadar ipliklerin çekildiği numune ……..…. ..... …….26

Şekil 3.23. 30 cm test boyu ve 30 cm test eni olan 2'den 7'ye kadar toplu iplik çekiminin yapıldığı numune …… ..... …….26

Şekil 3.24. 30 cm test boyu ve 30 cm test eni olan orta, sağ ve soldan teker teker 10 ipliğe kadar ipliklerin çekildiği numune ……..…. ..... …….27

Şekil 3.25. 30 cm test boyu ve 30 cm test eni olan 2'den 7'ye kadar toplu iplik çekiminin yapıldığı numune ……..… ..... …….28

Şekil 3.26. 10 cm test boyu ve 30 cm test eni olan 8'den 10'a kadar toplu iplik çekiminin yapıldığı numune …… ..... …….28

Şekil 3.27. 30 cm test boyu ve 30 cm test eni olan orta, sağ ve soldan teker teker 10 ipliğe kadar ipliklerin çekildiği numune ……..…. ..... …….29

Şekil 3.28. 30 cm test boyu ve 30 cm test eni olan 2'den 8'e kadar toplu iplik çekiminin yapıldığı numune ……..… ..... …….29

Şekil 3.29. Tautex Dijital Krimp ölçme cihazı …… ..... …….30

Şekil 3.30. Kumaş kalınlık ölçme aleti ……..…. ..... …….31

Şekil 3.31. Düz dikiş (a dkiş iplik gerginliği yüksek, b dikiş iplik gerginliği düşük) ……..... …….32

Şekil 3.32. 14 katlı atkı yönü tek yön dikişli test örneği ……..... …….33

Şekil 3.33. 14 katlı çözgü yönü tek yön dikişli test örneği …..…. ..... …….33

Şekil 3.34. 14 katlı iki yön dikişli test örneği ……..…. ..... …….34

Şekil 3.35. 14 Katlı Dört yön Dikişli test örneği ……..... …….34

Şekil 3.36. Dikişli yapılarda iplik çekme deney planı ……..…. ..... …….35

Şekil 3.37. 14 katlı dikişsiz yapı ……..… ..... …….37
Şekil 3.38. 14 katlı tek yön dikişli (Nylon 6.6 dikişli) ……..... …….37
Şekil 3.39. 14 katlı iki yön dikişli (Nylon 6.6 dikişli) ……..…..... …….38
Şekil 3.40. 14 katlı dört yön dikişli (Nylon 6.6 dikişli) ……..… ..... …….38
Şekil 3.41. 14 katlı dört yön dikişli (Kevlar 129 dikişli) …… ..... …….39
Şekil 3.42. Twaron™ CT 716 40 dikişsiz katlı yapı ve cam ve karbon panelin yerleşimi ……..…..... …….39
Şekil 3.43. Twaron™ CT 716 40 dikişsiz katlı yapı ve cam ve karbon panelin kılıfa yerleştirilmiş görünümü ……..…..... …….40
Şekil 3.44. Twaron CT 714 160 dikişsiz kat cam ve lastikli yapı ……..... …….40
Şekil 3.45. Twaron CT 714 160 kat dikişsiz cam ve lastikli yapının kılıfa yerleştirilmiş görünümü ……..… ..... …….41
Şekil 3.46. 14 katlı yapılarda atış yapılacak noktalar ……..…..... …….43
Şekil 3.47. 7.62mm. NATO FMJ piyade tüfeği mermisi ve 9mm FMJ RN tabanca mermisi …… ..... …….44
Şekil 3.48. Macun ve kasa ……..…..... …….44
Şekil 3.49. Atış yeri fotoğrafı ……..…..... …….45
Şekil 4.1. Twaron™ CT 716 kodlu kumaşın çözgü ipliğinin sırasıyla 5, 10, 15, 20, 25, 30 ve 35 cm test mesafesindeki kuvvet-uzama mukavemet grafikleri ……..…..... …….48
Şekil 4.2. Twaron™ CT 716 kodlu kumaşın atkı ipliğinin sırasıyla 5, 10, 15, 20, 25, 30 ve 35 cm test mesafesindeki kuvvet-uzama mukavemet grafikleri ……..…..... …….49
Şekil 4.3. Twaron™ CT 714 kodlu kumaşın çözgü ipliğinin sırasıyla 5, 10, 15, 20, 25, 30 ve 35 cm test mesafesindeki kuvvet-uzama mukavemet grafikleri ……..…..... …….50
Şekil 4.4. Twaron™ CT 714 kodlu kumaşın atkı ipliğinin sırasıyla 5, 10, 15, 20, 25, 30 ve 35 cm test mesafesindeki kuvvet-uzama mukavemet grafikleri ……..…..... …….52
Şekil 4.5. Kumaş hareketi ve krimpten dolayı iplik uzamasının şematik gösterimi ..… ..... …….53

Şekil 4.6. Kumaş hareketi ve krimpten dolayı iplik uzamasının gösterimi 53
Şekil 4.7. İplik çekilmesinin şematik gösterimi 54
Şekil 4.8. Twaron™ CT 716 kumaşın çözgü yönünde 5 cm test mesafesindeki ortadan, soldan ve sağdan yapılan ilk çekilen ipliklerin kuvvet-uzama grafikleri 56
Şekil 4.9. Twaron™ CT 716 kumaşın çözgü yönünde 5 cm test mesafesindeki 2 ve 3'lü iplik çekmelerinin kuvvet-uzama grafikleri 57
Şekil 4.10. Twaron™ CT 716 kumaşın çözgü yönünde 10 cm test mesafesindeki ortadan, soldan ve sağdan yapılan ilk çekilen ipliklerin kuvvet-uzama grafikleri 58
Şekil 4.11. Twaron™ CT 716 kumaşın çözgü yönünde 10 cm test mesafesindeki 2 ve 3'lü iplik çekmelerinin kuvvet-uzama grafikleri 59
Şekil 4.12. Twaron™ CT 716 kumaşın çözgü yönünde 15 cm test mesafesindeki ortadan, soldan ve sağdan yapılan ilk çekilen ipliklerin kuvvet-uzama grafikleri 60
Şekil 4.13. Twaron™ CT 716 kumaşın çözgü yönünde 15 cm test mesafesindeki 2 ve 3'lü iplik çekmelerinin kuvvet-uzama grafikleri 61
Şekil 4.14. Twaron™ CT 716 kumaşın çözgü yönünde 20 cm test mesafesindeki ortadan, soldan ve sağdan yapılan ilk çekilen ipliklerin kuvvet-uzama grafikleri 62
Şekil 4.15. Twaron™ CT 716 kumaşın çözgü yönünde 20 cm test mesafesindeki 2 ve 3'lü iplik çekmelerinin kuvvet-uzama grafikleri 63
Şekil 4.16. Twaron™ CT 716 kumaşın çözgü yönünde 25 cm test mesafesindeki ortadan, soldan ve sağdan yapılan ilk çekilen ipliklerin kuvvet-uzama grafikleri 64
Şekil 4.17. Twaron™ CT 716 kumaşın çözgü yönünde 25 cm test mesafesindeki 2 ve 3'lü iplik çekmelerinin kuvvet-uzama grafikleri 65
Şekil 4.18. Twaron™ CT 716 kumaşın çözgü yönünde 30 cm test mesafesindeki ortadan, soldan ve sağdan yapılan ilk çekilen ipliklerin kuvvet-uzama grafikleri 66
Şekil 4.19. Twaron™ CT 716 kumaşın çözgü yönünde 30 cm test mesafesindeki 2 ve 3'lü iplik çekmelerinin kuvvet-uzama grafikleri 67

Şekil 4.20. Twaron™ CT 716 kumaşın çözgü yönünde 35 cm test mesafesindeki ortadan, soldan ve sağdan yapılan ilk çekilen ipliklerin kuvvet-uzama grafikleri ……..... …….68

Şekil 4.21. Twaron™ CT 716 kumaşın çözgü yönünde 35 cm test mesafesindeki 2 ve 3'lü iplik çekmelerinin kuvvet-uzama grafikleri ……..…..... …….69

Şekil 4.22. Twaron™ CT 716 kumaşın atkı yönünde 10 cm test mesafesindeki ortadan, soldan ve sağdan yapılan ilk çekilen ipliklerin kuvvet-uzama grafikleri ……..…..... …….70

Şekil 4.23. Twaron™ CT 716 kumaşın atkı yönünde 10 cm test mesafesindeki 2 ve 3'lü iplik çekmelerinin kuvvet-uzama grafikleri ……..... …….71

Şekil 4.24. Twaron™ CT 716 kumaşın atkı yönünde 30 cm test mesafesindeki ortadan, soldan ve sağdan yapılan ilk çekilen ipliklerin kuvvet-uzama grafikleri ……..…..... …….72

Şekil 4.25. Twaron™ CT 716 kumaşın atkı yönünde 30 cm test mesafesindeki 2 ve 3'lü iplik çekmelerinin kuvvet-uzama grafikleri ……..….... …….73

Şekil 4.26. Twaron™ CT 714 kumaşın çözgü yönünde 5 cm test mesafesindeki ortadan, soldan ve sağdan yapılan ilk çekilen ipliklerin kuvvet-uzama grafikleri ……..... …….74

Şekil 4.27. Twaron™ CT 714 kumaşın çözgü yönünde 5 cm test mesafesindeki 2 ve 3'lü iplik çekmelerinin kuvvet-uzama grafikleri ……..…..... …….75

Şekil 4.28. Twaron™ CT 714 kumaşın çözgü yönünde 10 cm test mesafesindeki ortadan, soldan ve sağdan yapılan ilk çekilen ipliklerin kuvvet-uzama grafikleri ……..…..... …….76

Şekil 4.29. Twaron™ CT 714 kumaşın çözgü yönünde 10 cm test mesafesindeki 2 ve 3'lü iplik çekmelerinin kuvvet-uzama grafikleri ……..... …….77

Şekil 4.30. Twaron™ CT 714 kumaşın çözgü yönünde 15 cm test mesafesindeki ortadan, soldan ve sağdan yapılan ilk çekilen ipliklerin kuvvet-uzama grafikleri ……..…..... …….78

Şekil 4.31. Twaron™ CT 714 kumaşın çözgü yönünde 15 cm test mesafesindeki 2 ve 3'lü iplik çekmelerinin kuvvet-uzama grafikleri ……..… …….79

Şekil 4.32. Twaron™ CT 714 kumaşın çözgü yönünde 10 cm test mesafesindeki ortadan, soldan ve sağdan yapılan ilk çekilen ipliklerin kuvvet-uzama grafikleri ……..... …….80

Şekil 4.33. Twaron™ CT 714 kumaşın çözgü yönünde 10 cm test mesafesindeki 2 ve 3'lü iplik çekmelerinin kuvvet-uzama grafikleri ……..…..... …….81

Şekil 4.34. Twaron™ CT 714 kumaşın çözgü yönünde 25 cm test mesafesindeki ortadan, soldan ve sağdan yapılan ilk çekilen ipliklerin kuvvet-uzama grafikleri ……..…..... …….82

Şekil 4.35. Twaron™ CT 714 kumaşın çözgü yönünde 25 cm test mesafesindeki 2 ve 3'lü iplik çekmelerinin kuvvet-uzama grafikleri ……..... …….83

Şekil 4.36. Twaron™ CT 714 kumaşın çözgü yönünde 30 cm test mesafesindeki ortadan, soldan ve sağdan yapılan ilk çekilen ipliklerin kuvvet-uzama grafikleri ……..…..... …….84

Şekil 4.37. Twaron™ CT 714 kumaşın çözgü yönünde 30 cm test mesafesindeki 2 ve 3'lü iplik çekmelerinin kuvvet-uzama grafikleri ……..…. …….85

Şekil 4.38. Twaron™ CT 714 kumaşın çözgü yönünde 35 cm test mesafesindeki ortadan, soldan ve sağdan yapılan ilk çekilen ipliklerin kuvvet-uzama grafikle ……..... …….86

Şekil 4.39. Twaron™ CT 714 kumaşın çözgü yönünde 35 cm test mesafesindeki 2 ve 3'lü iplik çekmelerinin kuvvet-uzama grafikleri ……..…..... …….87

Şekil 4.40. Twaron™ CT 714 kumaşın atkı yönünde 10 cm test mesafesindeki ortadan, soldan ve sağdan yapılan ilk çekilen ipliklerin kuvvet-uzama grafikleri ……..…..... …….88

Şekil 4.41. Twaron™ CT 714 kumaşın atkı yönünde 10 cm test mesafesindeki 2 ve 3'lü iplik çekmelerinin kuvvet-uzama grafikleri ……..... …….89

Şekil 4.42. Twaron™ CT 714 kumaşın atkı yönünde 30 cm test mesafesindeki ortadan, soldan ve sağdan yapılan ilk çekilen ipliklerin kuvvet-uzama grafikleri ……..…..... …….90

Şekil 4.43. Twaron™ CT 714 kumaşın atkı yönünde 30 cm test mesafesindeki 2 ve 3'lü iplik çekmelerinin kuvvet-uzama grafikleri ……..…... …….91

Şekil 4.44. Twaron™ CT 716 kumaştan geliştirilen tek yön dikişli atkı yönü yapıda iplik çekmelerinin gösterimi ……..... …….92

Şekil 4.45. Twaron™ CT 716 kumaştan geliştirilen çözgü yönü tek yön dikişli yapıda iplik çekmelerinin gösterimi ……..…..... …….93

Şekil 4.46. Twaron™ CT 716 kumaştan geliştirilen iki yön dikişli yapıda iplik çekmelerinin gösterimi ……..…..... …….93

Şekil 4.47. Twaron™ CT 716 kumaştan geliştirilen dört yön dikişli yapıda iplik çekmelerinin gösterimi ……..... …….94

Şekil 4.48. 1. kat dikişsiz bölgeden yapılan iplik çekmelerinin orta 1, 2 ve 3'ün kuvvet-uzama grafikleri ……..… ..... …….96

Şekil 4.49. 7. kat dikişsiz bölgeden yapılan iplik çekmelerinin orta 1, 2 ve 3'ün kuvvet-uzama grafikleri ……..… ..... …….96

Şekil 4.50. 14. kat dikişsiz bölgeden yapılan iplik çekmelerinin orta 1, 2 ve 3'ün kuvvet-uzama grafikleri …… ..... …….96

Şekil 4.51. Sırasıyla 1. kat 7. kat ve 14. kattan 1. dikişten çekilen ipliklerin kuvvet-uzama grafikleri ……..… ..... …….96

Şekil 4.52. 1. kat dikişsiz bölgeden yapılan iplik çekmelerinin orta 1, 2 ve 3'ün kuvvet-uzama grafikleri ……..… ..... …….99

Şekil 4.53. 7. kat dikişsiz bölgeden yapılan iplik çekmelerinin orta 1, 2 ve 3'ün kuvvet-uzama grafikleri …… ..... …….99

Şekil 4.54. 14. kat dikişsiz bölgeden yapılan iplik çekmelerinin orta 1, 2 ve 3'ün kuvvet-uzama grafikleri ……..… ..... …….99

Şekil 4.55. Sırasıyla 1. kat 7. kat ve 14. kattan 1. dikişten çekilen ipliklerin kuvvet-uzama grafikleri ……..… ..... …….99

Şekil 4.56. 1. kat dikişsiz bölgeden yapılan iplik çekmelerinin orta 1, 2 ve 3'ün kuvvet-uzama grafikleri …… ..... …….102

Şekil 4.57. 7. kat dikişsiz bölgeden yapılan iplik çekmelerinin orta 1, 2 ve 3'ün kuvvet-uzama grafikleri ……..… ..... …….102

Şekil 4.58. 14. kat dikişsiz bölgeden yapılan iplik çekmelerinin orta 1, 2 ve 3'ün kuvvet-uzama grafikleri ……..… ..... …….102

Şekil 4.59. Sırasıyla 1. kat 7. kat ve 14. kattan 1. dikişten çekilen ipliklerin kuvvet-uzama grafikleri …… ..... …….102

Şekil 4.60. 1. kat dikişsiz bölgeden yapılan iplik çekmelerinin orta 1, 2 ve 3'ün kuvvet-uzama grafikleri ……..… ..... …….105

Şekil 4.61. 7. kat dikişsiz bölgeden yapılan iplik çekmelerinin orta 1, 2 ve 3'ün kuvvet-uzama grafikler ……..…. ..... …….105

Şekil 4.62. 14. kat dikişsiz bölgeden yapılan iplik çekmelerinin orta 1, 2 ve 3'ün kuvvet-uzama grafikleri …… ..... …….105

Şekil 4.63. Sırasıyla 1. kat 7. kat ve 14. kattan 1. dikişten çekilen ipliklerin kuvvet-uzama grafikleri ……..…. ..... …….105

Şekil 4.64. 1. kat dikişsiz bölgeden yapılan iplik çekmelerinin orta 1, 2 ve 3'ün kuvvet-uzama grafikleri ……..…. ..... …….108

Şekil 4.65. 7. kat dikişsiz bölgeden yapılan iplik çekmelerinin orta 1, 2 ve 3'ün kuvvet-uzama grafikleri …… ..... …….108

Şekil 4.66. 14. kat dikişsiz bölgeden yapılan iplik çekmelerinin orta 1, 2 ve 3'ün kuvvet-uzama grafikleri ……..…. ..... …….108

Şekil 4.67. Sırasıyla 1. kat 7. kat ve 14. kattan 1. dikişten çekilen ipliklerin kuvvet-uzama grafikleri ……..…. ..... …….108

Şekil 4.68. 1. kat dikişsiz bölgeden yapılan iplik çekmelerinin orta 1, 2 ve 3'ün kuvvet-uzama grafikleri …… ..... …….111

Şekil 4.69. 7. kat dikişsiz bölgeden yapılan iplik çekmelerinin orta 1, 2 ve 3'ün kuvvet-uzama grafikleri ……..…. ..... …….111

Şekil 4.70. 14. kat dikişsiz bölgeden yapılan iplik çekmelerinin orta 1, 2 ve 3'ün kuvvet-uzama grafikleri ……..…. ..... …….111

Şekil 4.71. Sırasıyla 1. kat 7. kat ve 14. kattan 1. dikişten çekilen ipliklerin kuvvet-uzama grafikleri …… ..... …….111

Şekil 4.72. 1. kat dikişsiz bölgeden yapılan iplik çekmelerinin orta 1, 2 ve 3'ün kuvvet-uzama grafikleri ……..…. ..... …….114

Şekil 4.73. 7. kat dikişsiz bölgeden yapılan iplik çekmelerinin orta 1, 2 ve 3'ün kuvvet-uzama grafikleri ……..…. ..... …….114

Şekil 4.74. 14. kat dikişsiz bölgeden yapılan iplik çekmelerinin orta 1, 2 ve 3'ün kuvvet-uzama grafikleri …… ..... …….114

Şekil 4.75. Sırasıyla 1. kat 7. kat ve 14. kattan 1. dikişten çekilen ipliklerin kuvvet-uzama grafikleri ……..…. ..... …….114

Şekil 4.76. 1. kat dikişsiz bölgeden yapılan iplik çekmelerinin orta 1, 2 ve 3'ün kuvvet-uzama grafikleri ……..…. ..... …….117

Şekil 4.77. 7. kat dikişsiz bölgeden yapılan iplik çekmelerinin orta 1, 2 ve 3'ün kuvvet-uzama grafikleri ……..... …….117

Şekil 4.78. 14. kat dikişsiz bölgeden yapılan iplik çekmelerinin orta 1, 2 ve 3'ün kuvvet-uzama grafikleri ……..…. ..... …….117

Şekil 4.79. Sırasıyla 1. kat 7. kat ve 14. kattan 1. dikişten çekilen ipliklerin kuvvet-uzama grafikleri ……..…. ..... …….117

Şekil 4.80. Twaron™ CT 714 kodlu kumaştan geliştirilen 14 katlı dikişsiz yapının atış sonrası görüntüsü ……..... …….119

Şekil 4.81. Twaron™ CT 714 kodlu kumaştan geliştirilen 14 katlı dikişsiz yapıda atış sonrası ilk kattaki iplik çekilmesi ve krimp düzelmesinin şematik gösterimi ……..…. ..... …….120

Şekil 4.82. Twaron™ CT 714 kodlu kumaştan geliştirilen 14 katlı tek yön dikişli (Nylon 6.6 dikişli) yapıda atış sonrası görüntüsü ……..…. ... …….123

Şekil 4.83. Twaron™ CT 714 kodlu kumaştan geliştirilen 14 katlı tek yön dikişli (Nylon 6.6 dikişli) yapıda atış sonrası ilk kattaki iplik çekilmesi ve krimp düzelmesinin şematik gösterimi …… ..... …….123

Şekil 4.84. Twaron™ CT 714 kodlu kumaştan geliştirilen 14 katlı iki yön dikişli (Nylon 6.6 dikişli) yapıda atış sonrası görüntüsü ……..…. ..... …….126

Şekil 4.85. Twaron™ CT 714 kodlu kumaştan geliştirilen 14 katlı iki yön dikişli (Nylon 6.6 dikişli) yapıda atış sonrası ilk kattaki iplik çekilmesi ve krimp düzelmesinin şematik gösterimi ……..…. ..... …….126

Şekil 4.86. Twaron™ CT 714 kodlu kumaştan geliştirilen 14 katlı dört yön dikişli (Nylon 6.6 dikişli) yapıda atış sonrası görüntüsü …….129

Şekil 4.87. Twaron™ CT 714 kodlu kumaştan geliştirilen 14 katlı dört yön dikişli (Nylon 6.6 dikişli) yapıda atış sonrası ilk kattaki iplik çekilmesi ve krimp düzelmesinin şematik gösterimi ……..…. ..... …….129

Şekil 4.88. Twaron™ CT 714 kodlu kumaştan geliştirilen 14 katlı dört yön dikişli (Kevlar 129 dikişli) yapıda atış sonrası görüntüsü ……..…..... …….132

Şekil 4.89. Twaron™ CT 714 kodlu kumaştan geliştirilen 14 katlı dört yön dikişli (Kevlar 129 dikişli) yapıda atış sonrası ilk kattaki iplik çekilmesi ve krimp düzelmesinin şematik gösterimi ……..... …….132

Şekil 4.90. Twaron™ CT 716 kodlu kumaştan geliştirilen 14 katlı dikişsiz yapıda atış sonrası görüntüsü ……..… ..... …….135

Şekil 4.91. Twaron CT 716 kodlu kumaştan geliştirilen 14 katlı dikişsiz yapıda atış sonrası ilk kattaki iplik çekilmesi ve krimp düzelmesinin şematik gösterimi ……..… ..... …….135

Şekil 4.92. Twaron™ CT 716 kodlu kumaştan geliştirilen 14 katlı tek yön dikişli (Nylon 6.6 dikişli) yapıda atış sonrası görüntüsü …… ..... …….137

Şekil 4.93. Twaron™ CT 716 kodlu kumaştan geliştirilen 14 katlı tek yön dikişli (Nylon 6.6 dikişli) yapıda atış sonrası ilk kattaki iplik çekilmesi ve krimp düzelmesinin şematik gösterimi ……..… ..... …….138

Şekil 4.94. Twaron™ CT 714 kodlu kumaştan geliştirilen 14 katlı iki yön dikişli (Nylon 6.6 dikişli) yapıda atış sonrası görüntüsü ……..… ... …….140

Şekil 4.95. Twaron™ CT 714 kodlu kumaştan geliştirilen 14 katlı iki yön dikişli (Nylon 6.6 dikişli) yapıda atış sonrası ilk kattaki iplik çekilmesi ve krimp düzelmesinin şematik gösterimi …… ..... …….141

Şekil 4.96. Twaron™ CT 716 kodlu kumaştan geliştirilen 14 katlı dört yön dikişli (Nylon 6.6 dikişli) yapıda atış sonrası görüntüsü ……..… …….143

Şekil 4.97. Twaron™ CT 716 kodlu kumaştan geliştirilen 14 katlı dört yön dikişli (Nylon 6.6 dikişli) yapıda atış sonrası ilk kattaki iplik çekilmesi ve krimp düzelmesinin şematik gösterimi ……..…….144

Şekil 4.98. Twaron™ CT 716 kodlu kumaştan geliştirilen 14 katlı dört yön dikişli (Kevlar 129 dikişli) yapıda atış sonrası görüntüsü …… ….146

Şekil 4.99. Twaron™ CT 716 kodlu kumaştan geliştirilen 14 katlı dört yön dikişli (Kevlar 129 dikişli) yapıda atış sonrası ilk kattaki iplik çekilmesi ve krimp düzelmesinin şematik gösterimi ……..… ..... …….147

Şekil 5.1. Twaron™ CT 714 kumaştan çözgü yönünde 5cm, 15 cm ve 30cm mesafelerden ardıl çekilen ipliklerin iplik çekme kuvvetinin grafiği ……..…..... …….150

Şekil 5.2. Twaron™ CT 716 kumaştan çözgü yönünde 5cm, 15cm ve 30cm mesafelerden ardıl çekilen ipliklerin iplik çekme kuvvetinin grafiği ……..... …….150

Şekil 5.3. Twaron™ CT 714 tek kat kumaşta ardıl iplik çekme görüntüleri ……..…..... …….151

Şekil 5.4. Twaron™ CT 716 tek kat kumaşta ardıl iplik çekme görüntüleri ……..…..... …….152

Şekil 5.5. Twaron™ CT 714 kumaştan çözgü yönünde 5cm, 15cm ve 30cm mesafelerden çok uçlu çekilen ipliklerin iplik çekme kuvvetinin grafiği ……..… ..... …….153

Şekil 5.6. Twaron™ CT 716 kumaştan çözgü yönünde 5cm, 15cm ve 30cm mesafelerden çok uçlu çekilen ipliklerin iplik çekme kuvvetinin grafiği ……..… ..... …….153

Şekil 5.7. Twaron™ CT 714 çoklu iplik çekimi görüntüleri …… ..... …….154

Şekil 5.8. TTwaron™ CT 716 çoklu iplik çekimi görüntüleri ……..... …….154

Şekil 5.9. Twaron™ CT 714 kumaştan çözgü yönünde 30cm mesafeden atkı ve çözgü yönünde ardıl çekilen ipliklerin iplik çekme kuvvetinin grafiği ……..... …….155

Şekil 5.10. Twaron™ CT 716 kumaştan çözgü yönünde 30cm mesafeden atkı ve çözgü yönünde ardıl çekilen ipliklerin iplik çekme kuvvetinin grafiği ……..…..... …….155

Şekil 5.11. Twaron™ CT 714 kumaştan çözgü yönünde 30cm mesafeden atkı ve çözgü yönünde çok uçlu çekilen ipliklerin iplik çekme kuvvetinin grafiği ……..… ..... …….156

Şekil 5.12. Twaron™ CT 716 kumaştan çözgü yönünde 30cm mesafeden atkı ve çözgü yönünde çok uçlu çekilen ipliklerin iplik çekme kuvvetinin grafiği …… ..... …….156

Şekil 5.13. Twaron™ CT 714 kumaştan geliştirilen dikişli yapıların ön yüzeyinin dikişli ve dikişsiz bölgelerinden tek iplik çekme kuvvetinin grafiği ……..… ..... …….157

Şekil 5.14. Twaron™ CT 716 kumaştan geliştirilen dikişli yapıların ön yüzeyinin dikişli ve dikişsiz bölgelerinden tek iplik çekme kuvvetinin grafiği ……..… ..... …….158

Şekil 5.15. Twaron™ CT 714 ve 716 kumaşlardan çözgü yönünde 30cm mesafeden ardıl çekilen ipliklerin iplik çekme kuvvetinin grafiği ……..... …….159

Şekil 5.16. Twaron™ CT 714 ve 716 kumaşlardan çözgü yönünde 30cm mesafeden tek katlı ve çok katlı dikişli yapılardan tek iplik çekmeleri ile elde edilen iplik çekme kuvvetlerinin grafiği ……..… ..... …….159

Şekil 5.17. Çözgü yönüne paralel tek yön dikişli yapıda atkı yönünde iplik çekimi ……..…..... …….160

Şekil 5.18. Tek yön dikişli çözgü yönü yapıda iplik çekilmesinin gösterimi ……..…..... …….160

Şekil 5.19. İki yön dikişli yapıda çözgü yönünde dikişli bölgeden iplik çekilmesinin gösterimi ……..…..... …….161

Şekil 5.20. Dört yön dikişli yapıda çözgü yönünde iplik çekilmesinin gösterimi ……..…..... …….161

Şekil 5.21. Twaron™ CT 716 ve CT 714 kumaştan çözgü yönünde 5cm, 10cm, 15 cm, 20 cm, 25 cm, 30 cm ve 35cm mesafelerden ardıl çekilen ipliklerde krimpten dolayı iplik uzamasının grafiği ……..…. …….162

Şekil 5.22. Twaron™ CT 716 sıkı kumaşda tekli iplik çekimi ile krimpten dolayı uzamanın CT 714 seyrek kumaştan iplik çekimine göre daha yüksek olmasını açıklayan şematik görünümü ……. ..... …….163

Şekil 5.23. Twaron™ CT 716 kumaştan çözgü yönünde 5cm, 15 cm ve 30cm mesafelerden çoklu çekilen ipliklerde krimpten dolayı iplik uzamasının grafiği ……..…..... …….163

Şekil 5.24. Twaron™ CT 714 kumaştan çözgü yönünde 5cm, 15 cm ve 30cm mesafelerden çoklu çekilen ipliklerde krimpten dolayı iplik uzamasının grafiği ……..…..... …….164

Şekil 5.25. Twaron™ CT 716 kumaştan atkı yönünde 10cm, 30 cm ve çözgü yönünde 5cm, 10cm, 15 cm, 20 cm, 25 cm, 30 cm ve 35cm mesafelerden ardıl çekilen ipliklerde krimpten dolayı iplik uzamasının grafiği ……..... …….165

Şekil 5.26. Twaron™ CT 714 kumaştan atkı yönünde 10cm, 30 cm ve çözgü yönünde 5cm, 10cm, 15 cm, 20 cm, 25 cm, 30 cm ve 35cm

mesafelerden ardıl çekilen ipliklerde krimpten dolayı iplik uzamasının grafiği ……..…..... …….165

Şekil 5.27. Twaron™ CT 714 kumaştan geliştirilen yapılara CZ 75, baretta ve MP5 tehlike tipleri ile yapılan atış sonucu bozunan kat sayıları üzerinden hesaplanan spesifik enerji absorblama değerinin grafikleri ……..…..... …….171

Şekil 5.28. Twaron™ CT 714 kumaştan geliştirilen yapılara CZ 75, baretta ve MP5 tehlike tipleri ile yapılan atış sonucu yapının toplam yoğunluğu üzerinden hesaplanan spesifik enerji absorblama değerinin grafik ……..…..... …….172

Şekil 5.29. Twaron™ CT 714 kumaştan geliştirilen yapılara CZ 75, baretta ve MP5 tehlike tipleri ile yapılan atış sonucu ölçülen koni derinliği grafikleri ……..…..... …….172

Şekil 5.30. Twaron™ CT 714 kumaştan geliştirilen yapılara CZ 75, baretta ve Mp5 tehlike tipleri ile yapılan atış sonucu ölçülen koni çapı grafikleri ……..... …….173

Şekil 5.31. Twaron™ CT 716 kumaştan geliştirilen yapılara CZ 75, baretta ve Mp5 tehlike tipleri ile yapılan atış sonucu bozunan kat sayıları üzerinden hesaplanan spesifik enerji absorblama değerinin grafikleri ……..…..... …….178

Şekil 5.32. Twaron™ CT 716 kumaştan geliştirilen yapılara CZ 75, baretta ve Mp5 tehlike tipleri ile yapılan atış sonucu yapının toplam yoğunluğu üzerinden hesaplanan spesifik enerji absorblama değerinin grafikleri ……..... …….179

Şekil 5.33. Twaron™ CT 716 kumaştan geliştirilen yapılara CZ 75, baretta ve MP5 tehlike tipleri ile yapılan atış sonucu ölçülen koni derinliği grafikleri ……..…..... …….179

Şekil 5.34. Twaron™ CT 716 kumaştan geliştirilen yapılara CZ 75, baretta ve Mp5 tehlike tipleri ile yapılan atış sonucu ölçülen koni çapı değerinin grafikleri ……..…..... …….180

Şekil 5.35. Twaron™ CT 714 ve Twaron™ CT 716 kodlu kumaşlardan geliştirilen yapıların yoğunluğunun grafiği ……..… ..... …….181

Şekil 5.36. Twaron™ CT 714 ve Twaron™ CT 716 kodlu kumaşlardan geliştirilen yapıların CZ 75 silah ile yapılan atış sonrası yapılarda bozunan kat sayıları …… ..... …….182

Şekil 5.37. Twaron™ CT 714 ve Twaron™ CT 716 kodlu kumaşlardan geliştirilen yapıların Baretta silah ile yapılan atış sonrası yapılarda bozunan kat sayıları ……..… ..... …….182

Şekil 5.38. Twaron™ CT 714 ve Twaron™ CT 716 kodlu kumaşlardan geliştirilen yapıların MP5 silah ile yapılan atış sonrası yapılarda bozunan kat sayıları ……..… ..... …….183

Şekil 5.39. Twaron™ CT 714 160 katlı dikişsiz yapıda AK 47 (Kaleşnikof) ile atış yapılan bölgelerin gösterimi ……..…..... …….184

Şekil 5.40. Twaron™ CT 716 400 katlı dikişsiz yapıda AK 47 (Kaleşnikof) ile atış yapılan bölgelerin gösterimi ……..…..... …….185

Şekil 5.41. Atışlarda kullanılan mermilerin atış öncesi ve sonrasındaki şekil değişimi ……..…..... …….186

Şekil 5.42. Twaron™ CT 714 kumaşa yapılan atış sonucunda kumaşta ve mermideki şekil değişimi ……..... …….187

Şekil 5.43. Twaron™ CT 714 14 katlı dikişsiz yapıya MP5 silah ile yapılan atışın mermi etkisinin 1. katın ön ve arka yüzeyindeki görünümü ……..…..... …….187

Şekil 5.44. Twaron™ CT 714 14 katlı dikişsiz yapıya MP5 silah ile yapılan atışın mermi etkisinin diğer katlardaki görünümü ……..... …….188

Şekil 5.45. Twaron™ CT 714 14 katlı dört yön kevlar™ 129 dikişli yapıya MP5 silah ile yapılan atışın mermi etkisinin 1. kattaki görünümü ……..…..... …….189

Şekil 5.46. Twaron™ CT 714 14 katlı dört yön nylon 6.6 dikişli yapıya MP5 silah ile yapılan atışın mermi etkisinin 1. kattaki görüntüsü ……..… ….189

Şekil 5.47. Twaron™ CT 716 tek yön dikişli yapının CZ 75 silah ile yapılan 5 nolu atış sonrasında kumaştaki katlarda sırasıyla 1, 2, 3, ve 4 kattaki görünümü ……..… ..... …….190

Şekil 5.48. Twaron™ CT 716 tek yön dikişli yapının baretta silah ile yapılan 2 nolu atış sonrasında kumaşın 1. katının arka yüzeyinin görüntüsü ……..…..... …….191

Şekil 5.49. Twaron™ CT 716 iki yön dikişli yapının MP5 silah ile yapılan 3 nolu atış sonrasında kumaştaki katlarda sırasıyla 1, 2, 3, 4 ve 5. kattaki önden görünümü …… ..... …….192

Şekil 5.50. Twaron™ CT 716 dört yön nylon 6.6 dikişli yapıya MP5 silah ile 3 nolu atış sonrasında 1. katın ön yüzeyinin görünümü ……..…..... …….193

Şekil 5.51. Twaron™ CT 714 160 katlı dikişsiz yapının atış sonrası üstten ve yandan görüntüsü ……..… ..... …….194

Şekil 5.52. Twaron™ CT 714 160 katlı dikişsiz yapı, a) solda lastiğin altındaki mermi izi, sağda aynı yapının direkt kumaşa gelen mermi izi. b) aynı yapının E-cam/polyester kompozit plakayı delerek kumaştan geçen mermi izi …… ..... …….196

Şekil 5.53. Twaron™ CT 716 40 katlı dikişsiz yapıya AK 47 (kaleşnikof) ile yapılan atış sonrası görüntüleri ……..… ..... …….196

Şekil 5.54. Twaron™ CT 716 40 katlı dikişsiz yapıya AK 47 ile ortogonal karbon/epoksi – 2 kat ve çok eksenli E-cam/polyester-2400 teks 4 katlı kompozit plakaya yapılan atış sonucunda merminin panelde meydana getirdiği hasarın üstten ve yandan görüntüsü …… ……197

Şekil 5.55. Twaron™ CT 716 40 katlı dikişsiz yapıya AK 47 ile çok eksenli E-cam/polyester-2400 teks 4 katlı kompozit plakaya yapılan atış sonucunda merminin (sol) cam paneli deldikten sonra soyulan ceketin kumaş tarafından tutulması (orta), geliştirilen yapı tarafından soyularak tutulan ceket (sağalt) ve mermi çekirdeği (sağ üst) görünümü……..… ..... …….197

Şekil 5.56. Twaron™ CT 716 40 katlı dikişsiz yapıya AK 47 ile çok eksenli E-cam/polyester-2400 teks 4 katlı kompozit plakaya yapılan atış sonucunda merminin soyularak kumaş tarfından tutulan ceket kısmının görünümü ……..… ..... …….198

Şekil 5.57. Twaron™ CT 716 40 katlı dikişsiz yapıya AK 47 ile çok eksenli E-cam/polyester-2400 teks 4 katlı kompozit plakaya yapılan atış sonucunda merminin panelde meydana getirdiği hasarın üstten, arkadan ve yandan görüntüsü…….…..... …….198

Şekil 5.58. Twaron™ CT 716 40 katlı dikişsiz yapıya AK 47 ile ortogonal karbon/epoksi – 2 katlı ve çok eksenli E-cam/polyester-600 teks 4 katlı kompozit plakaya yapılan atış sonucunda merminin panelde meydana getirdiği hasarın üstten ve yandan görüntüsü ……. …….199

Şekil 5.59. Twaron™ CT 716 40 katlı dikişsiz yapıya AK 47 ile çok eksenli E-cam/polyester-600 teks 4 katlı kompozit plakaya yapılan atış sonucunda merminin panelde meydana getirdiği hasarın üstten ve yandan görüntüsü……..… ..... …….199

Şekil 5.60. Twaron™ CT 716 40 katlı dikişsiz yapıya AK 47 ile çok eksenli E-cam/polyester-600 teks 4 katlı kompozit plakaya yapılan atış sonucunda merminin plakaları bozundurarak kumaşta hasar verdiği bölgenin görünümü ……..… ..... …….200

Şekil 5.61. Twaron™ CT 716 40 katlı dikişsiz yapıya AK 47 ile ortogonal karbon/epoksi-2 katlı ve çok eksenli E-cam/polyester-600 teks 4 katlı kompozit plakaya yapılan atış sonucunda merminin plakaları bozundurarak kumaşta hasar verdiği bölgenin görünümü ……. ….200

1. BÖLÜM

GİRİŞ

Kişilerin ve eşyaların korunması medeniyet tarihi kadar eski ve günümüzde de koruma kişilerin eğitimi ve sağlığı kadar birincil öncelikli bir yaşam parametresidir. Bu açıdan insanlar savaşlarda tehlikelerden kendilerini korumak için balistik esaslı koruyucular kullanmışlardır. Bunlar önce deri ve ipekli giysiler olmuş daha sonra metalik zırhlar olarak kendini göstermiştir. Günümüzde ise polimer esaslı lifsi giysilerle yine tehlike seviyesine göre seramik ya da rijit ve tok metalik malzemelerdir.

Koruyucu balistik konusunda üniversiteler, araştırma merkezleri ve endüstride yapılan çalışmalarda genellikle göz önüne alınan temel parametreler malzeme özellikleri ki bunlar yüksek modüllü ve dayanımlı lifler, bu liflerin uygun bir tekstil tekniği ile bir araya getirilerek kumaş olarak tanımlanan yüzeyler, bu yüzeylerin bir araya getirilmesi ile katlı yapılar, tehlike tipi ki mermi tipleri göz önüne alınmıştır ve bu tipin geometrisi, mermi hızı, mermi-lif etkileşimini ifade eden sürtünme ve sınır değer koşullarıdır.

Bu parametreler çerçevesinde mermi esaslı tehlikelere karşı balistik yumuşak yapıların genellikle deneme-yanılma esaslı olarak geliştirildikleri ancak deneyimler kazanıldıkça ve hızlı bilgisayarlar ile akıllı fonksiyonel yazılımların geliştirilmesi sonucu günümüzde tahmin esaslı modelleme teknikleri (diagnosis and therapy) ile yapıların tehlike tiplerine göre tasarlandıkları tespit edilmiştir.

Balistik yapı geliştirme üzerine çalışmalar koruyuculuk performansı yüksek ve hafif, aynı zamanda kullanıcıya konfor sağlayacak şekilde sürdürüldüğü tespit edilmiştir. Bu açıdan çalışmaların bir yanı yeni ve iyileştirilmiş yüksek performanslı liflerin geliştirilmesi diğer yanı yeni ve iyileştirilmiş katlı yapıların uygun kimyasallarla birlikte geliştirilmesi ve bir yandan da seramik esaslı malzemeler üzerine yoğunlaştığı bunun içinde nanoteknolojilerden yararlanıldığı söylenebilir.

Bir başka noktada özellikle mermi-lif etkileşiminin yüksek hızlarda (200-850 m/s) ve kısa sürelerde (milisaniye) gerçekleşmesinden dolayı bu esnada meydana gelen olayların anlaşılması üzerine yoğunlaşıldığı görülmüştür.

Bu açıdan çalışma hafif ve performanslı yapıların geliştirilmesi üzerine gerçekleştirilerek para-aramid esaslı liflerden dokunmuş kumaşın balistik performansının artırılması için örgüye bağlı lif kesişmelerinin tek katlı yapıda irdelenerek bunların katlı forma getirildiğinde olası etkileri dikişli ve dikişsiz olarak incelenmiştir.

Bu çalışmada göz önüne alınan parametreler lif tipi, iplik lineer yoğunluğu, örgü tipi, sıklık, dikiş sıklığı ve dikiş yönüdür. Çalışma prensip olarak ikiye ayrılarak incelenmiştir. İlki tek kat kumaşta enerji dağıtım (energy dissipation) mekanizmasının anlaşılması ikincisi ise çok katlı dikişsiz ve dikişli yapıdaki enerji dağıtım mekanizmasının tek kat üzerinden nasıl dağıtıldığının anlaşılması üzerine olacaktır.

Tek katlı yapının lif lineer yoğunluğu-sıklık-örgü üzerinden anlaşılması için bir test tekniği ve aparatı geliştirilecektir. Bu test kumaş içinden iplik çekme (yarn pull-out) testidir. Çok yaygın olmamakla birlikte sadece “USArmy Laboratory” de uygulandığı açık literatürlerden anlaşılmıştır. Bu test ile lif kesişme dayanımı ile her bir kesişme başına düşen çekme esaslı yük değeri belirlenecektir. Bunun iplik toplam dayanımı ile ilişkisi ortaya çıkarılacak ve ani dinamik yükleme için tahminlenecektir. Özellikle lokal enerji absorblama etkinliğinin belirlenmesine çalışılacaktır.

Tek katlı yapıdan anlaşılan enerji dağıtım mekanizmasına göre çok katlı yapılar dizayn edilecektir. Dizayn sabit kumaş katı üzerinden dikişli ve dikişsiz olarak geliştirilecek ve bunlar üzerinde önce çekme (pull-out) testleri ve sonra belirlenen tehlike tiplerine göre balistik atış testleri yapılacaktır. Özellikle dikiş yönünün balistik performansa etkisi üzerine yoğunlaşılacaktır. Buradan elde edilen sonuçlar değerlendirilerek spesifik enerji absorblama değerleri yüksek yapıların deneysel olarak ortaya çıkarılmasına çalışılacaktır.

2. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER

Balistik üzerine geçen yarım asırdan beri yapılan çalışmalar genellikle canlıların ve eşyaların korunması üzerine ileri teknoloji esaslı polimer, seramik ve metal malzemelerin performanslarının artırılması, hafifletilmesi ve ekonomik hale getirilmesi üzerine olduğu anlaşılmıştır. Bu alanda özellikle son 20 yılda yapılan araştırma sonuçları açık bir şekilde ifade edilmiştir.

Kırkwood ve arkadaşları [1], kevlar™ dokuma kumaşın balistik esaslı özellikleri çekici olup merminin çarpması ile önce iplikler üzerindeki krimp kalkar sonra iplikler uzar ve daha sonrada kumaştan çekilirler. Balistik mukavemetine etki eden faktörler iplik tipi, iplik numarası, örgü, çözgü ve atkı iplik özellikleridir. Burada mermi büyüklüğü, geometrisi ve hızını da sayabiliriz. Bu çalışmada kevlar ipliğinin yapı içindeki friksiyon özelliklerinin kumaşın balistik performansını etkilediği ifade edilmiştir. Ayrıca kumaştan ipliğin çekilmesi için gerekli enerji, örnek uzunluğuna, örneğin tutulma gerginliğine, çekilen iplik uç sayısına, çekme sırasına ve ipliğin çekilme uzunluğuna bağlı olduğu, ipliğin çekildiği esnadaki friksiyon direncinin karmaşık olduğu ifade edilmiştir.

Kırkwood ve arkadaşları [2], yüksek hızlarda balistik kumaşlı yapıda bölgesel yükleme sonucu iplikten krimp uzaklaştırılır ve sonra lifte pratik şekil değişimi sonucu kısalma meydana gelir. Ancak düşük hızlarda kumaştaki balistik bozunma ipliklerin krimpleri uzaklaştırması ve sonra ipliklerin yapı içindeki çekilmesi ile gerçekleşir. İplik çekilmesi mermi geometrisi ve çarpmanın konumuna göre değişim gösterir.

Bilişik [3], balistik amaçlı geliştirilen kumaşların yapısal davranışları genellikle tehlike tiplerine gösterdikleri tepki (sonik hız) ile açıklanmaktadır. Bu da yapıların birim hücre esaslı dizaynını lif tipine bağlı olarak göz önüne alınmasına yol açmaktadır. Birim hücre

esaslı tasarımda yapı-özellik ilişkilerine bağlı yapısal parametrelerin seçilip bunların özelliklere etkisini analitik yöntemlerle izah edilmesini gerektirmektedir. Bu çalışmalarda genellikle balistik esaslı yeni liflerin ve yapıların ortaya çıkması ile sonuçlanırken tersine olarak balistik koruyuculuğu yüksek yapıların ortaya çıkması tehlikenin de balistik seviyesinin yükselmesi ile devam etmektedir.

Bazhenov [4], kumaşta iplik çekme bölgesinin en ve boyunun vurma sonrası ortaya çıkan enerjinin life transferinde önemli olduğu ifade edilmiştir. Islak formlu kumaşta çekme bölgesinin eninde azalma gözlenmiştir. İplikler arasındaki sürtünmenin çekme bölgesinin büyümesine yol açtığı ifade edilmiştir. Ayrıca iplik çekme test yönteminin geliştirildiği de ifade edilmiştir. Sonuç olarak ıslak kumaşta mermi-iplik arası sürtünmenin arttığı ifade edilmiştir..

Dong ve Sun [5], kumaş konstrüksiyonundaki farklılık iplik çekme test sonuçlarının da birbirinden farklı olduğu ve kumaşların vurma performansları ile ilgili olduğu sonucuna varılmıştır. İplik çekme kuvveti yüksek olan kumaşların vurma test sonuçlarının da yüksek olduğu ayrıca iplik çekme kuvvetinin lif çapı ve modülü, kumaştaki iplik sıklıkları ile iplik krimpi ve iplik-iplik sürtünmesine bağlı olduğu ifade edilmiştir. Yine iplik çekme kuvvetinin artmasının kumaş sıklığı, lif çapı ve modülü, kumaş krimpi, iplik-iplik sürtünmesinin artmasına bağlı olduğu ileri sürülmüştür.

Erlich ve arkadaşları [6], polybenzobisoxazole (PBO, Zylon™) kumaşa düşük hızlarda uygulanan vurma testinde kumaşta üç tip bozunma modu meydana geldiği ve bunların vurucunun temas ettiği bölgede lokal iplik kırılması, bu bölgenin dışında meydana gelen iplik kırılması ve iplik çekilmesi olarak belirlemiş ve ayrıca kumaş kenarının tutma şekli ile vurma elemanının uç geometrisinin absorblanan enerji miktarı ile bağıntılı olduğu ileri sürmüştür. Tek katlı twaron™ kumaşın balistik performansı üzerine yapılan çalışmalarda dikdörtgen şekilli ve iki ucundan tutulmuş kumaşa farklı geometrideki mermilerle yapılan atışlar sonucunda ortaya çıkan vurma enerjisinin merminin temas ettiği noktadan dışarıya doğru ipliklerin hareket ettiği ve mermi-kumaş sürtünmesinin enerji absorblama mekanizması olduğu ifade edilmiştir.

Rao ve arkadaşları [7], yaptıkları çalışmada sürtünme katsayısı düşük yada orta seviyede olan kumaşların balistik performanslarının yüksek olana karşı daha iyi

sonuçlar verdiği ifade etmiş ve Twaron™ CT716 kumaş için en uygun sürtünme katsayı değerinin $0,1 \leq \mu \leq 0,6$ aralığında olduğu ileri sürülmüştür. Bu çalışmada non-lineer FEA kodlu LS-DYNA™ programı kullanıldığı ve modelleme sonucu ayrıca balistik performansın sürtünme elastik modül ve iplik dayanımına bağlı olduğu ileri sürülmüştür. İpliklerin kesişmeleri doku yapısını meydana getirerek friksiyon artışından hareketle ipliklerin özelliği de friksiyonu etkilediği öne sürülmüştür.

Yüksek modüllü ve dayanımlı liflerden doku oluşumu balistik performansı etkilerken birinci parametreleri sürtünme elastik modülü ve dayanımı, ikincil parametrelerinde doku yapısı sınır koşulları ve mermi özellikleri olduğu ifade edilmiştir.

Yapılan çalışma sonucunda yüksek modüllü ve dayanımlı ipliklerin yapısına iplik-iplik ve mermi-kumaş sürtünmelerinin kumaş sınır koşulları ile birlikte göz önüne alınarak esnek yapıların geliştirilmesine gereksinim olacağı açıklanmıştır.

Duan ve arkadaşları [8], mermi-kumaş sürtünmesi üzerine yapılan çalışmada LS-DYNA™ sonlu eleman analiz kodu kullanılarak hesaplamalar yapılmış ve mermi-lif sürtünmesinin kumaş bozunmasını geciktirdiği ve vurma yükünü artırdığı ileri sürülmüştür. Kumaş bozunmasının gecikmesi ve vurma yükünün artması daha fazla vurma enerjisinin absorblanması ile sonuçlandığı ifade edilmiştir. Ayrıca kumaş kenar koşullarının sürtünmeye etki eden bir faktör olduğu ve eğer kumaş iki kenarından tutulursa merminin hızının efektif olarak düşürüldüğü modelleme ile belirtilmiştir.

Tan ve arkadaşları [9], yapılan başka bir modelleme çalışmasında krimpsiz ipliklerin krimpli ipliklere göre daha çok kayma eğiliminde olduğu bulunmuştur.

Zeng ve arkadaşları [10], iplikler arası sürtünme etkileri balistik amaçlı geliştirilen kumaşlar üzerinde modellenerek incelenmiştir. Kumaşın balistik performansını düşük sürtünme katsayılı ipliklerde hassas ancak belirli bir sürtünme katsayısının üzerindeki ipliklerde hassas olmadığı ayrıca yüksek sürtünme katsayılı ipliklerde de vurma etkisi ile öncül lif kırılmaları olduğu gözlemlenmiştir.

Duan ve arkadaşları [11], bez ayağı kevlar™ kumaş dörtkenarından tutularak küre parçacıklı vurma yüküne maruz bırakıldığında iplikler arası örgü nedeni ile meydana gelen kesişmede sürtünme oluştuğu bununda kumaş şekil değişimini etkilediği ifade

edilmiştir. Vurma yükü ile yüklenen kumaş sürtünme nedeni ile bu yüke bir süre dayanmaktadır. Sürtünmeden dolayı kumaş kalınlığı yönündeki çökmeyi engellemektedir. Buda iplikler üzerine daha çok enerjinin gelmesine ve ipliklerin kırılmasına yol açmaktadır. Absorblanan enerjinin artması sürtünmenin artması ile ilgilidir. Kumaşta vurma olayı FEA LS-DYNA™ da Colomb sürtünme teorisi kullanılarak modellenmiştir. Ayrıca ifade edilmiştir ki iplik kırılmasında sürtünme kaymaları önemli bir enerji dağıtma mekanizmasıdır. İplik kırılmasından önceki absorblanan enerji küçük bir kısmı meydana getirmektedir. Bununla birlikte ipliğin uzama ve kinetik enerjisi friksiyondan dolayı büyüktür. Bu durumda friksiyon sadece sürtünme kaymasına değil aynı zamanda iplik uzaması ve kinetik enerjinin de artmasına yol açmaktadır.

Ayrıca mermi-kumaş arası friksiyonun iplik kırılmasını geciktirdiği ki bu enerjinin geniş bir lokal bölgeye malzemenin temel koordinatlarına dağıtılması ile gerçekleşmektedir. Dolayısı ile kalınlık boyunca şekil değişimini sınırlamaktadır. Kumaştaki örgü nedeni ile sürtünme İpliklerin kesişme bölgesinde hareketine bir sınırlama getirmektedir. Buda krimpin uzaklaştırılmasını etkilemekte ve doku sıklığına yol açmaktadır ki kumaşın erkenden bozunmasına yol açmaktadır.

Modelleme sonucunda vurma enerjisinin absorblanması toplam mermi-kumaş sürtünmesi ve iplik-iplik sürtünmelerinin toplamı ile açıklanmayacak kadar kompleks olduğu ifade edilmiştir.

Reifler ve arkadaşları [12], yaptıkları çalışmada soft kişisel koruyucu yeleğin su iticilik işlemine tutulması gerektiği çünkü yelekteki aramid'in su etkisi ile performansın düştüğü ve ayrıca iplik-iplik mermi-kumaş friksiyonunun da düştüğü ifade edilmiştir. Bunun önüne geçilmesi için su iticilik bitim işlemi kumaş formundaki aramid'e uygulanmaktadır

Zhang ve arkadaşları [13], tek katlı ve 10 katlı kevlar kumaşlara 9 mm'lik içi kurşun dışı bakır kaplı ve 8 gram'lık mermi ile atış yapmışlar. Atış etkisini kumaşın boyutu ve kumaşı tutan çerçevenin 2 ya da 4 kenarlı oluşuna ve bunlara uygulanan basınç miktarları açısından irdelemiştir. Bu çalışmada elde edilen veriler FEM LS-DYNA™ bilgisayar programı kullanılarak analiz edilmiştir. Çalışma sonuçları kevlar™ kumaşın

tutulduğu çerçeve kenar sayısına ve buraya uygulanan basınçla ilgili olduğunu göstermiştir. Kumaşın iki kenardan düşük basınçla tutulması sonucu mermi enerjisinin daha iyi absorblandığı ifade edilmiştir.

Tan ve arkadaşları [14], yaptıkları çalışmada mermi geometrisinin kumaşın balistik performansına etkilerini incelenmiştir. Burada sivri uçlu mermiler yüksek hızlarda balistik yapının sonik hızının düşük olmasından dolayı deldiği ve bozunmanın lokal olduğu ifade edilmiştir. Ancak yassı uçlu mermilerde gerek düşük gerekse yüksek hızlarda vurma enerjisinin daha iyi absorbe olduğu ve daha geniş bir yüzeye enerjinin dağıtılarak bunların kumaş deformasyonu ile kinetik enerjiye, iplik uzaması ile uzama enerjisine, iplik-iplik sürtünmeleri ile sürtünme enerjisine dönüştürüldüğü ifade edilmiştir. Kritik vurma hızına bağlı olarak kumaşta vurma sonrası lif kırılması, liflerin yassılaşarak ayrılması, liflerin fibriler bozunmaya maruz kalması ve çözgü-atkı ipliklerinin ortagonal durumdan konumunu değiştirmediği şeklinde bozunmaların meydana geldiği ifade edilmiştir.

Tan, Ching ile Lim ve arkadaşları [15–25], yaptıkları çalışmada FEA analizi ile balistik kumaşa küresel çekirdeğin çarpması ile ipliklerin çarpmanın merkezine doğru çekildiğini (pull-out) tespit ederek geliştirdikleri modelde bunu göz önüne aldıkları ve deneysel verilerle modelin uygunluğunu ifade etmişlerdir.

Young ve arkadaşları [16], aramid lifini epoksi yapıştırıcı ile muamele ederek vurma esnasında kumaş içindeki lifin çekilme dayanımını incelemişler. Bu çalışmada epoksi ile muamele edilmiş aramid liflerinin yüksek ara yüzey kayma direnci gösterdiği kanıtlanmıştır.

Termonia [17], genel bir model ileri sürerek Roylance'nin ortaya koyduğu modeli daha da geliştirmiştir. Bu modelde vurma etkisi ile kumaştaki iplik kaymaları ve kısalmaları göz önüne alınarak deneylerde elde edilen verilerle karşılaştırıldığında yaklaşık olarak uyumlu olduğu ileri sürülmüştür.

Gu [18], yaptığı çalışmada mermideki kinetik enerji ve hız değişimini çok katlı aramid kumaş'a vurduğu durumda meydana gelen kumaşın kinetik ve uzama enerjisine şekil değişimi ile absorbe olan enerjiyi, enerjinin korunumu denkliği üzerinden geliştirdiği modelin balistik olayı açıkladığını ileri sürmüştür

Cheeseman ve Bogetti [19], yaptıkları çalışmada mermi, lifli yapıya çarptığında uzunluk ve kalınlık yönünde çarpmanın olduğu noktadan itibaren dalga oluşur. Bu arada uzunluk yönünde dalga lif eksenine paralel ancak kalınlık yönündeki dalgası lifin vurma noktası doğrultusunda şekil değişimi ile meydana gelir ve ses hızında hareket eder.
Vurma iplerde hareketlenmelere yol açarak iplik kesişmelerinin olduğu noktalarda iplik-iplik sürtünmeleri meydana gelir (fractional forces) ve malzemenin temel ekseninden bazı ipliklerin yer değiştirmesine yol açar (bowing), kalınlık boyunca şekil değişimi ipliğin kırılma noktasına kadar devam eder.

Mermideki vurma enerjisi kalınlık yönündeki dalga (transverse wave)'den hareket eden temel ipliklerin bunu kinetik ve uzama (strain) enerjisine dönüştürmesi ile absorblarken ortagonal ipliklerin bu işlemde katkısı bulunmamaktadır.

İplik kesişmelerinin vurma noktasında uzunlamasına uzama dalgası (longitudinal strain wave)'nı iletmesi ve geri dönüşünde bir katkısının olmadığı ifade edilmiştir.
Vurma olayında malzeme özellikleri, kumaş yapısı, mermi geometrisi, vurma hızı, çoklu atış, katlı yapıdaki kat etkileşmeleri, barut koşulları ve iplik sürtünmeleri etkin bir rol oynamaktadır.

Düşük vurma hızlarında ''kritik hız''da yani lifin kırılmadan önceki maksimum lif uzamasına yol açan hızlarda transverse wave ile enerjisinin absorbe edildiği ve bunun için lifin tepki süresine sahip olması sağlandığı ancak yüksek hızlarda lifin tepki süresi çok kısa olduğu için enerjinin etkin absorblanmadığıdır.

Ayrıca yüksek modüllü ve düşük yoğunluklu yani yüksek dalga hızlı malzemelerde enerjinin etkin absorblandığı ve buna daha fazla lifin katkı sağladığı ifade edilmiştir.

Lif tokluğu $$U^* = \frac{\sigma\varepsilon}{2\rho}\sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

Burada,

U= Gerilme
σ= Dayanım
ρ= Yoğunluk
ε= Uzama

Formülü ile ifade edilmiş ancak lif tek katlı kumaş ilişkisi net olarak ortaya konulmamıştır. Sonuç olarak malzeme özelliklerinden lifin yoğunluğu, çekme modülü ve dayanımı ile kırılma uzamasının vurma olayından önceki olduğu ifade edilmiştir.

Seyrek ve dengesiz kumaş yapısının balistik davranışı düşüktür. Kumaşta bez ayağı ve panama örgülerinin kullanıldığı ve örtme faktörünün de, çözgü ve atkı sıklıklarının belirli bir değerde olması gerektiği ve genellikle yüksek olması balistik performansı artırdığı ifade edilmiştir. Yüksek örtme faktörünün elde edilmesinde ise prosesten dolayı kumaş yapısında düşme olduğu ifade edilmiştir.

Gevşek yapıların mermi enerjisinin geniş bir alana yayılmasında etkileri olabileceği ifade edilmişse de bunun aynı zamanda mermi geometrisi ve ipliklerin hareket etme kabiliyetleri ile de ilgili olduğu ifade edilmiştir. Ancak katı yapılarda liflerin mermi tarafından hareketlerinin kısıtlanması sonucu daha yüksek düzeyde enerji absorblanması gerçekleşmekte bunun karşılığı olarak ta daha fazla lif kırılması meydana gelmektedir. Ayrıca düşük krimpli yapılarda ipliğin vurma etkisi ile daha kısa sürede deforme olarak uzadığı ve dolası ile daha efektif enerji sönümlemesi gösterdiği ileri sürülmüştür.

Sonuç olarak kumaş yapısında örgü, örtme faktörü ve krimpin önemli olabileceği belirtilmiştir.

Mermi geometrisinin vurma olayında etki eden bir parametre olduğu sivri uçlu geometrili mermilerin kolayca kumaştan geçtiği küt uçluların ise lif tarafından vurma enerjilerinin daha fazlasının alındığı ifade edilmiştir. Ancak kumaş kat sayısı arttığında mermi geometrisinin etkilerinin azaldığı ifade edilmiştir.

Mermi hızı diğer önemli bir balistik parametredir. Yüksek mermi hızı ve sivri uçlu mermilerin delici özelliklerinin yüksek olduğu ifade edilmiştir.

Düşük hızlarda mermi enerjisi yapı tarafından şekil değişimi ile yüksek mermi hızlarında lokal olarak absorblanmaktadır. Ayrıca yüksek hızlarda mermi lifleri kesmekte ve düşük erime sıcaklığına sahip liflerde kısmi erime meydana geldiği bununda sürtünmelerden kaynaklandığı rapor edilmiştir.

Yüksek mermi hızında (1015 m/s) kevlar/epoksi plaka faz değişimine uğrayarak partikül haline gelmektedir.

Katlı yapıların vurma davranışı mermi vuruş hızı (Vs) ile çıkış hızı (Vr) arasındaki farkın yapı tarafından absorbe ettiği toplam enerji üzerinden genellikle ifade edilmektedir.

$$E_k = \frac{1}{2} m(V_S - V_r)^2$$

Boşluklu çift katlı yapı ile boşluksuz katlı yapılar üzerinde yapılan çalışmalarda anlaşılır bir değer elde edilememiştir.

Katlı yapılarda tehlike tipine göre lif-matris ara yüzleri tanımlanmalıdır. Örneğin gerçek lif-matris birleşimi ya da kuvvetli lif-matris birleşimi gibi.

Katı kompozit plaka vurma etkisi ile ilk tabakalarda kesme ile malzeme sıkıştırılmakta daha sonra ardıl katlar arası açılma şeklinde bozunma meydana gelmektedir. Malzemenin en alt yüzeyinde ki liflerde çekme esaslı bozunmalar meydana geldiği ifade edilmiştir. Yani vurma ile lifler kalınlık yönünde bastırılmakta ve bu vurma bölgesinin etrafına lif uzamaları şeklinde dağıtılmaktadır.

Sivri uçlu mermilerden yapılan atışlarda çok katlı yapıların üst katlarında malzeme elastik olmayan davranış gösterirken alt katlarda elastik davranış gösterdiği gözlenmiştir.

Balistik yapıların hibritlenmesi bir başka çalışma alanı olmuş ve karbon lifinin % 25 yüzeyde ve % 75 polietilen dokuma olarak hibritlenmesi balistik limitin artmasına yol açtığı ifade edilmiştir.

Balistik örnek boyutu ve bunun tutulduğu çerçeve boyutu ile tutulma boyutları ve bunu tutmak için uygulanan basıncın ve tutma kenar sayısının balistik performansı etkilemesi için önemli olduğu ifade edilmiştir.

Balistik örnek üzerinde gerdirerek atış testi yapılmasının gerdirilmemiş duruma göre daha yüksek balistik performans sağladığı ifade edilmiştir. Deney örnek boyutunun küçük tutulması düşük balistik performansla sonuçlanmıştır.

İki kenardan tutulan örnek dörtkenardan tutulan örneğe göre daha iyi enerji absorblaması göstermektedir. Ayrıca dörtkenardan tutulan örnekteki vurma olayı yüksek hızlı vurma olayındaki bozunmaya benzerlik göstermektedir. Bunu da iplik-iplik sürtünmesi ile ilgili olduğu ifade edilmiştir.

Balistik olayında friksiyon diğer bir önemli parametre olarak göz önüne alınmıştır. Burada kumaş mermi arasında ve iplik-iplik arasında friksiyon meydana geldiği ifade edilmiştir.

Kumaşa uygulanan kimyasallarla iplik-iplik sürtünmesi araştırılmış ve kimyasal oranı yüksek olan liflerde çekme kuvveti en düşük çıkmıştır.

İplik-iplik ve filament arası sürtünmelerin artması balistik performansı artırdığı ifade edilmiştir.

Friksiyon belki de kumaş katları arasında, iplik-iplik arasında ve filamentler arasında birlikte tanımlanarak bunların balistik etkileri detaylı olarak incelenebilir.

Walker [20], yaptığı çalışmada balistik kevlar™ kumaşa bir miktar resin eklenmesi ile bu yapının balistik performansının artırılabileceği ifade edilmiştir.

Chan ve arkadaşları [21], kevlar™ katlı yapı, farklı açı ve katta hazırlanarak yüksek hızlarda atış testine tabi tutularak elde edilen veriler LS-DYNA™'da analiz edilerek deneysel veriler modelle karşılaştırılmış ve enerji absorblamada katlar arası açılmanın önemli bir bozunma modu olduğu ileri sürülmüştür.

Tan ve arkadaşları [22], polyphenylene terephthalamide (PPTA) lif ya da aramid lif çekme testi ile davranışı belirlenmiş aynı çekme kumaş formunda da gerçekleştirilmiş ve iki durum arasında lifte meydana gelen bozunma modları irdelenmiştir. Düşük hızlarda lifte daha çok bozunma, yüksek hızlarda ise daha az bozunma meydana geldiği ifade edilmiştir.

Barauskas ve Abreitiene [23], sanal ortamda FEA LS-DYNA™ kullanılarak katlı balistik yapı geliştirilerek bunun üzerinde balistik performans tahminleri yapılarak önemli öneriler sunulmuştur.

Ahmad ve arkadaşları [24], yaptıkları çalışmada lastikli ve dikişli balistik yapılar irdelenmiş ve lastikli ve dikişli yapıların balistik performanslarını özellikle çökme açısından geliştirdiği ifade edilmiştir.

Cunniff ve arkadaşları [26], polypyridobisimidazole (PIPD) M5™ olarak tanımlanan lifin aramidden (Kevlar, Twaron) daha iyi polybenzobisaxazole (PBO.Zylon™) lifi ile başa baş özellikler gösterdiği ve ultraviyole ışın ve ortam koşullarında zylona kıyasla etkilenmediği ifade edilmiştir. Bu liflerin kompozit formundaki balistik performansları eşdeğer alındığında M5™ lifi yaklaşık yarı hafiflikte olduğu ileri sürülmüştür.

Zohdi [27], yaptığı çalışmada analitik tekniklerin kullanılması ile yüksek modüllü lifli (PBO) kumaşın düşük reçineli yapıda balistik performansı tehlike derecesi belli vuruşlar için gerekli kat sayıların belirlenmesi amaçlanmış ve böyle bir hesaplama örneği sunulmuştur.

Novonty ve arkadaşları [28], balistik olayın başlangıç aşamasının anlaşılması için FEA esaslı TEXIM™ analitik program geliştirilmiş ve bunun doğrulanması aramid (Kevlar 129™) lifli panel yapı üzerinde yapılan deneysel çalışmalarla gerçekleştirilmiştir.

Roylance ve arkadaşları [29], balistik konusunda önde gelen ilk çalışmalardan biri olan FEA esaslı nümerik kodlar geliştirerek vurma olayı yumuşak ve katı formlu aramid lif esaslı tek ve çok katlı yapılarda denenerek deney sayısını azaltıcı analitik çalışmalar yapılmış ve doğası gereği non-lineer olan balistik olaylar izah edilmeye çalışılmıştır.

Ahmad ve arkadaşları [30], yüksek modüllü doğal lastiğin Twaron™ kumaşla kullanılması ile elde edilen yapıların balistik limitlerinin arttığı ifade edilmiştir. Bu artımın lastiğin iplik-iplik sürtünmesinin artması nedeni ile olduğu öte yandan lastiğin balistik yapının ağırlığını da artırdığı gözlenmiştir.

Lee [31], yaptığı çalışmada ise balistik kevlar yapılar nano-silika ile muamele edilmiş ve balistik testler yapılmıştır. Çalışma sonucunda delinme özelliğinin iyileştiği bunun yanı sıra yapının ağırlığının artmadığı ve esnekliğini de kaybetmediği ileri sürülmüştür.

Carr [32], yaptığı çalışmada UHMWPE ipliği ile para-aramid ipliklerin vuruş davranışı irdelenmiş ve UHMWPE'de kesme bozunma modu para-aramid'de ise fibrilleşme gözlemlenmiştir.

Jacobs ve Dingenen [33], HPPE esaslı panel üzerinde balistik atış testleri gerçekleştirilmiş ve balistik olay aşağıdaki bağıntılarla modellenmiştir.
Bunlar

$$E_{sp} = 0.5\,\sigma_{rupt} * \varepsilon_{rupt}/\rho$$

$$V_s = \sqrt{E/\rho}$$

bağıntılarıdır.

Karahan ve arkadaşları [34], Twaron™ kumaşla gerçekleştirilen dikişli ve dikişsiz yapılar balistik olarak performansları tanımlanmış ve dikişin balistik performansı artırdığı ancak koşullandırılmış ortamın etkisinin olmadığı sonucuna varılmıştır.

Bilişik ve Turhan [35], çok katlı ve çok yönlü dikişli ve dikişsiz kevlar™ kumaşlı balistik yapılar geliştirilerek test edilmiştir. Bunun için K129™ ve K29™ kevlar lifi kullanılmıştır. Balistik test sonucunda dikiş yapıların kalınlık yönünde çökmesini azaltmakla birlikte enerji absorblaması açısından dikişsiz yapılarla büyük bir paralellik elde edilmiştir. Ayrıca dikişli yapıların esnekliği düşürerek olası kullanım konforunu etkileyebileceği iddia edilmiştir.

3. BÖLÜM

MATERYAL VE METOT

KUMAŞLARA UYGULANAN TESTLER VE GELİŞTİRİLEN YAPILAR

3.1. Tez Çalışmasında Kullanılan Kumaşlar

Çalışmada tekstil esaslı balistik yapıları oluşturmak ve ipliğin kumaş içinden çekilme kuvvetini ölçmek için sıklıkları birbirinden farklı Twaron™ CT 714 ve Twaron™ CT 716 kodlu kumaşlar kullanılmıştır. Bu kumaşlara ait özellikler Tablo3.1'de gösterilmiştir.

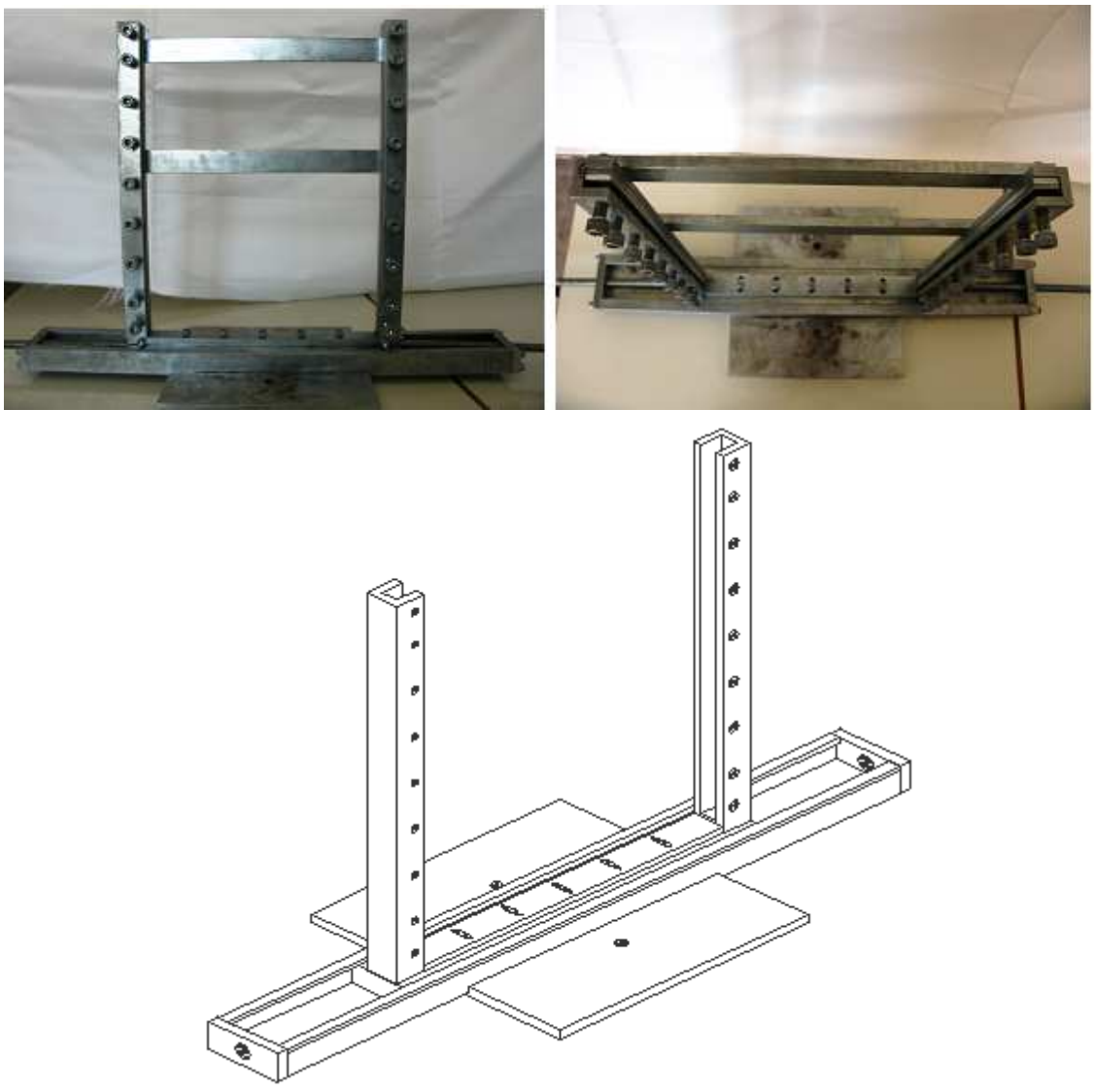
Tablo 3.1. Kullanılan Twaron kumaşlara ait özellikler

Kumaş tipi	**İplik numarası [Tex] Çözgü/Atkı**	**Dokuma tipi**	**Sıklık (Tel /10 cm) Çözgü/Atkı**	**Kumaş Ağırlığı (g/m^2)**	**Kalınlık (mm)**
Twaron CT 714	110/110	Bezayağı	85/85	190	0.30
Twaron CT 716	110/110	Bezayağı	122/122	280	0.40

3.2.Kumaştan İplik Çekme Aparatı

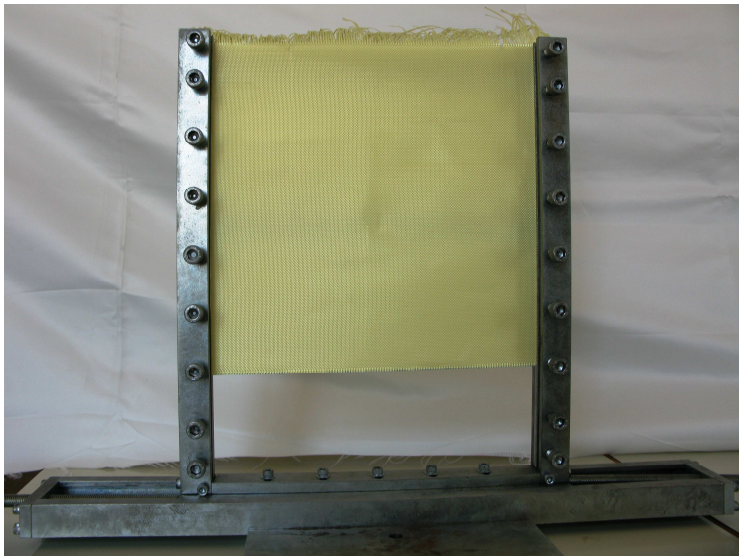
Kumaş içinden iplik çekme deneyi için deney aparatı geliştirildi. İplik çekme aparatının görünümü Şekil 3.1 de verilmiştir. İplik çekme deney aparatının test eni 30cm boyu 50cm olarak tasarlandı. En 30 cm sabit olacak Şekilde tasarlanan deney aparatına istenilen boyda kumaş yerleştirilerek iplik çekme deneyi yapılabilmektedir. Ayrıca tek katlı kumaşların eni ve boyunca istenilen yerinden ve dikişli katlı yapıların istenilen

katından iplik çekebilmek için deney aparatı sağa sola ve ileri geri hareket edebilecek Şekilde tasarlandı.



Şekil 3.1. İplik çekme deney aparatı.

İplik çekme deney planındaki ölçülere göre hazırlanan kumaşlar iplik çekme aparatına yerleştirilerek kenarlardaki sıkıştırma vidaları ile sıkıştırılmıştır. Bu Şekil 3.2'de görülmektedir.



Şekil 3.2. Kumaşların İplik çekme deney aparatına yerleştirilmesi.

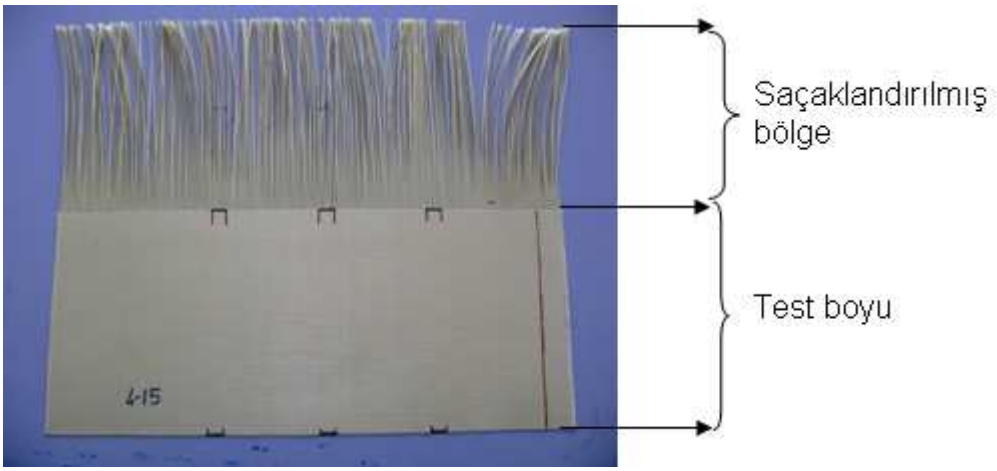
İplik çekme deney aparatına yerleştirilen kumaşlar Şekil 3.3'de gösterildiği gibi mukavemet cihazına yerleştirilerek kumaş içinden ipliklerin çekilme kuvvetleri ölçülmüştür.



Şekil 3.3. İpliklerin kumaş içinden çekilme mukavemetin ölçülmesi.

3.3. İplik Çekme Deney Planı

İplik çekme deneyi instron 4411 mukavemet cihazında yapılmıştır. Test hızı 100mm/dak. olarak belirlenmiştir. Twaron™ CT 714 ve Twaron™ CT 716 kumaşlardan çözgü yönünde hazırlanan test numunesi ölçüleri aşağıdaki Tablo 3.2'de belirtilmiştir. Hazırlanan test numuneleri çözgü yönündeki iplikleri kumaş içinden çekebilmek ve mukavemet cihazının çenesine yerleştirebilmek için çözgü yönünde 15 cm fazla olarak hazırlandı. Şekil 3.4'de gösterildiği gibi 15 cm'lik mesafede atkı iplikleri çıkarılarak saçaklandırıldı.

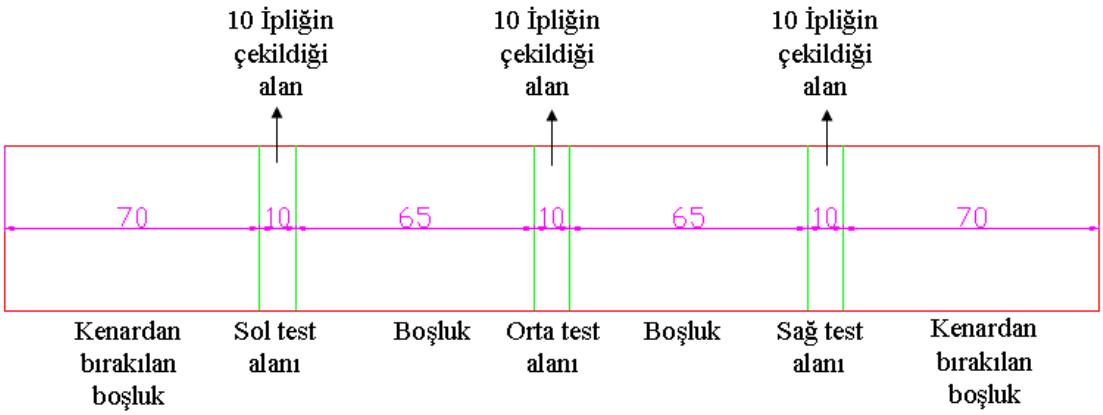


Şekil 3.4. Hazırlanan numunelerde saçaklandırma.

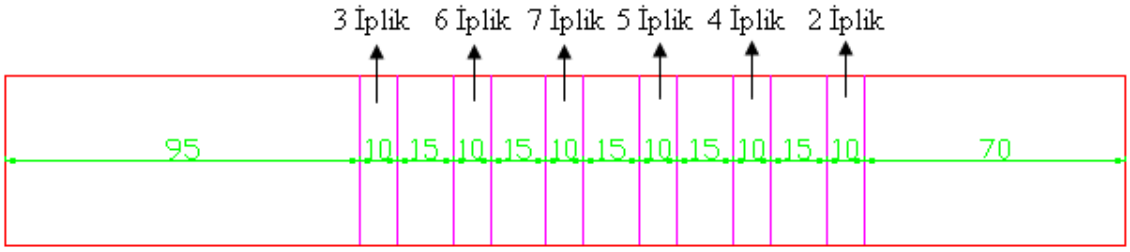
Tablo 3.2. Çözgü yönünde hazırlanan numuneler

Test boyutu Atkı x Çözgü	Numune boyutu Atkı x Çözgü	Hazırlanan numune sayısı
30 x 5 cm	36 x 20 cm	3
30 x 10 cm	36 x 25 cm	3
30 x 15 cm	36 x 30 cm	2
30 x 20 cm	36 x 35 cm	2
30 x 25 cm	36 x 40 cm	2
30 x 30 cm	36 x 45 cm	2
30 x 35 cm	36 x 50 cm	2

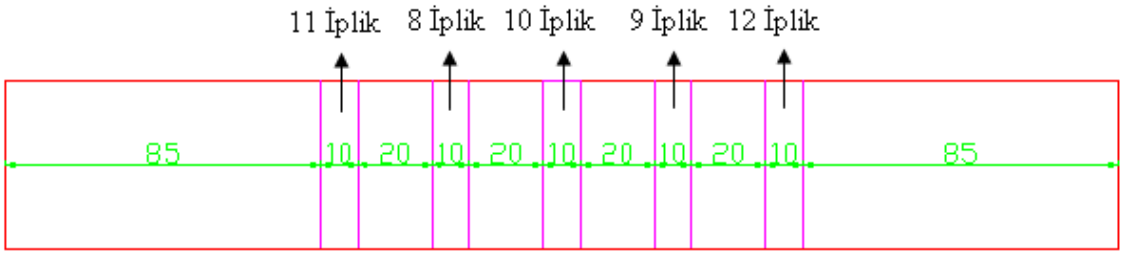
Deney numunelerine göre çekilecek ipliklerin deney planı sağ, sol ve orta olmak üzere sırayla yan yana teker teker 1 iplik çekilerek 10 ipliğe tamamlanmıştır. İpliklerin çekilmesi Şekil 3.5'de belirtildiği gibi yapılmıştır. Çoklu iplik çekimleri 2.3.4.5.6.7.8.9.10.11.12 ipliğe kadar Şekil 3.6 ve Şekil 3.7'de belirtildiği gibi yapılmıştır.



Şekil 3.5. Sağ, orta ve sol test alanından teker teker 10 ipliğin çekildiği test numunesi.

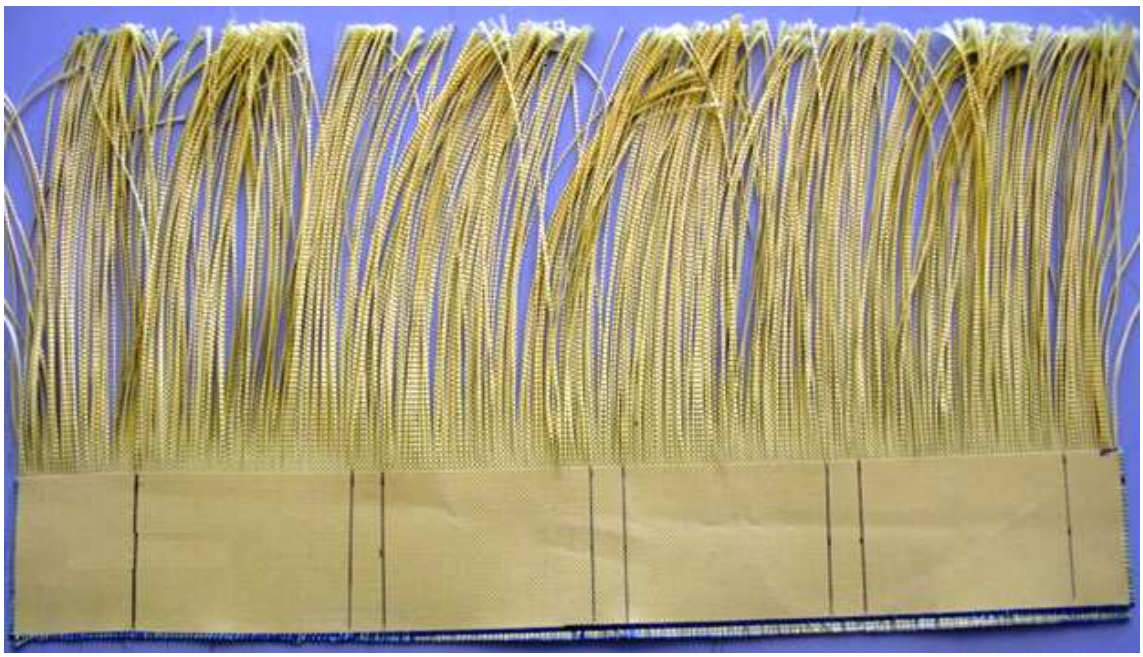


Şekil 3.6. 2 iplikten 7 ipliğe kadar çoklu iplik çekiminin yapıldığı test numunesi.

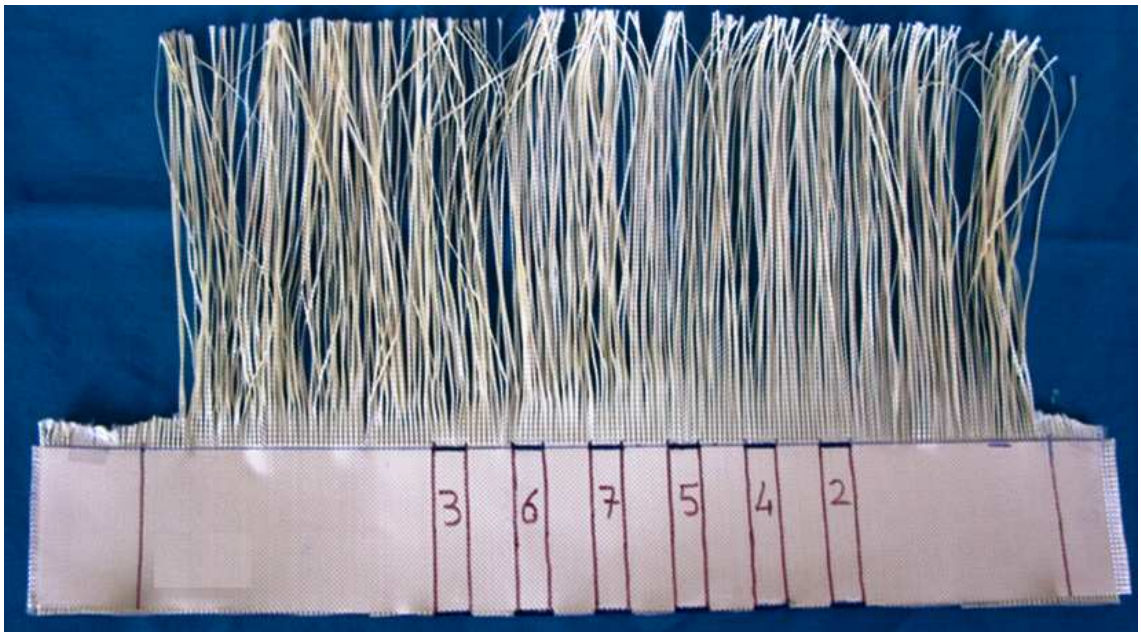


Şekil 3.7. 8 iplikten 12 ipliğe kadar çoklu iplik çekiminin yapıldığı test numunesi.

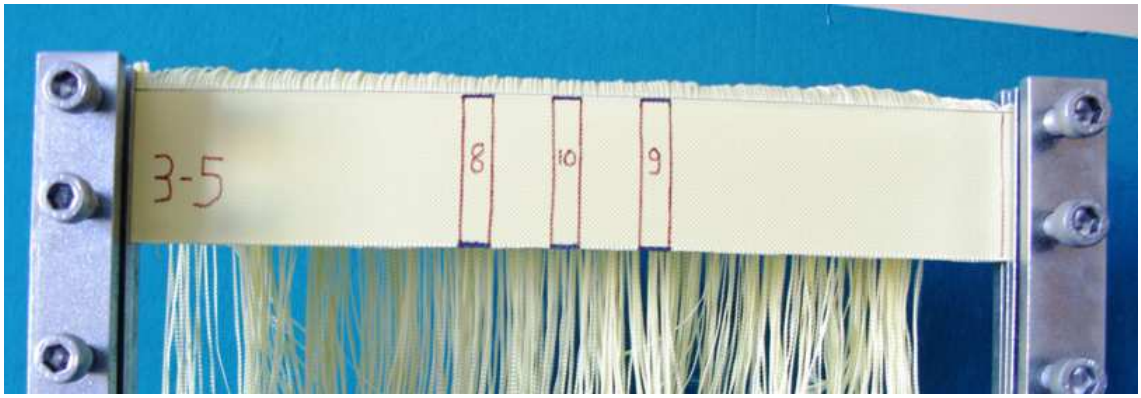
Twaron™ CT714 ve Twaron™ CT726 kumaşlardan her biri için çözgü yönünde hazırlanan numuneler Şekil 3.8 – 3.23 de verilmiştir.



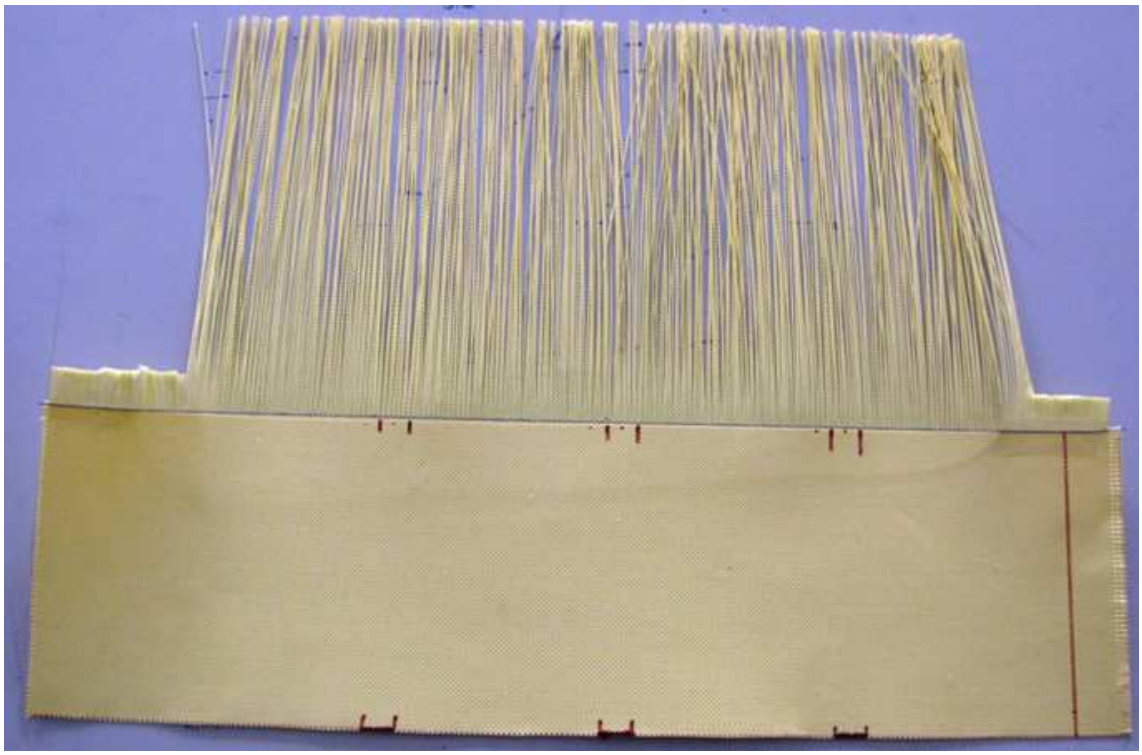
Şekil 3.8. 5 cm test boyu ve 30 cm test eni olan orta, sağ ve soldan teker teker 10 ipliğe kadar ipliklerin çekildiği numune.



Şekil 3.9. 5 cm test boyu ve 30 cm test eni olan 2'den 7'ye kadar toplu iplik çekiminin yapıldığı numune.



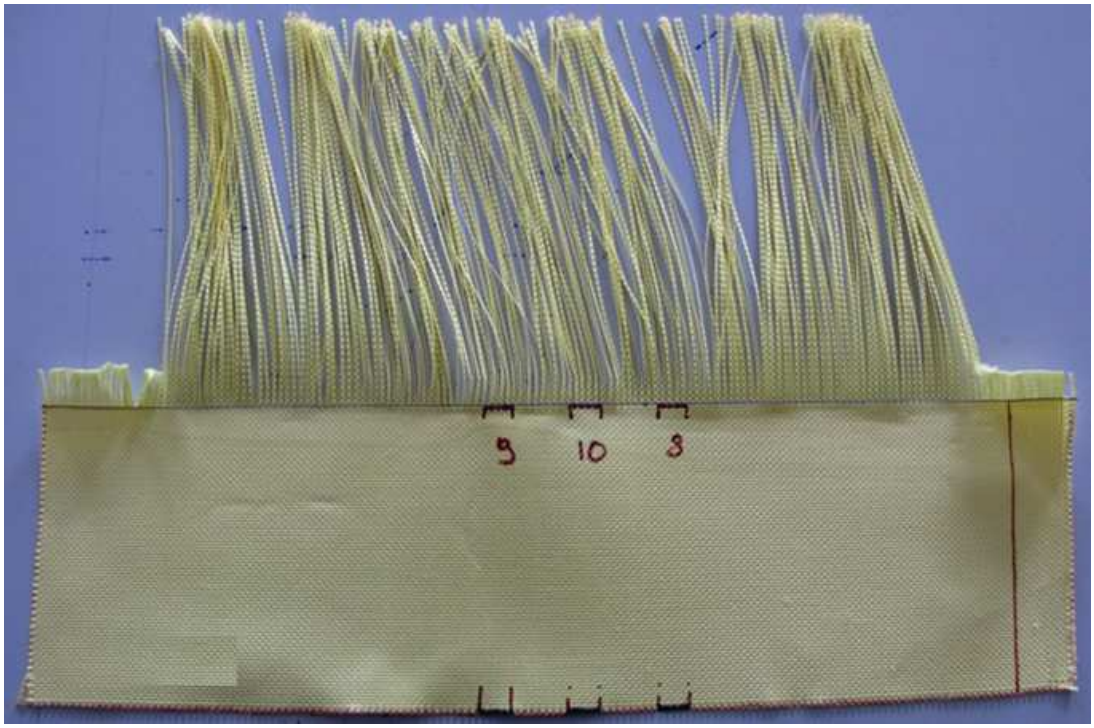
Şekil 3.10. 5 cm test boyu ve 30 cm test eni olan 8'den 10'a kadar toplu iplik çekiminin yapıldığı numune.



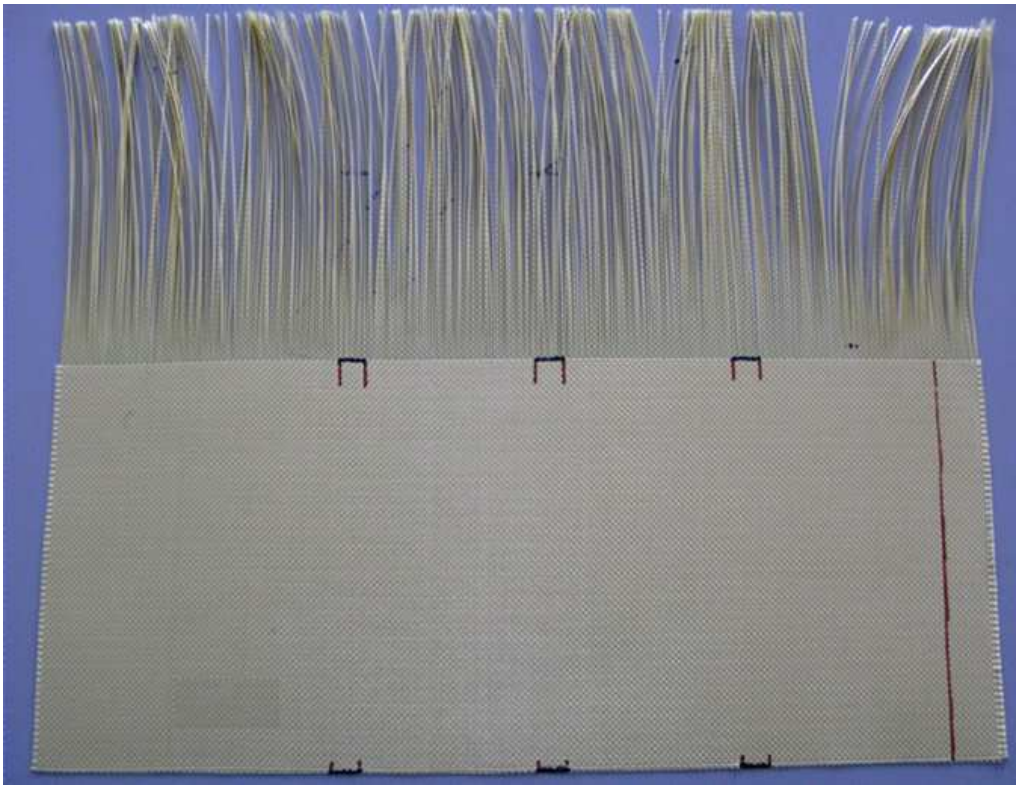
Şekil 3.11. 10 cm test boyu ve 30 cm test eni olan orta, sağ ve soldan teker teker 10 ipliğe kadar ipliklerin çekildiği numune.



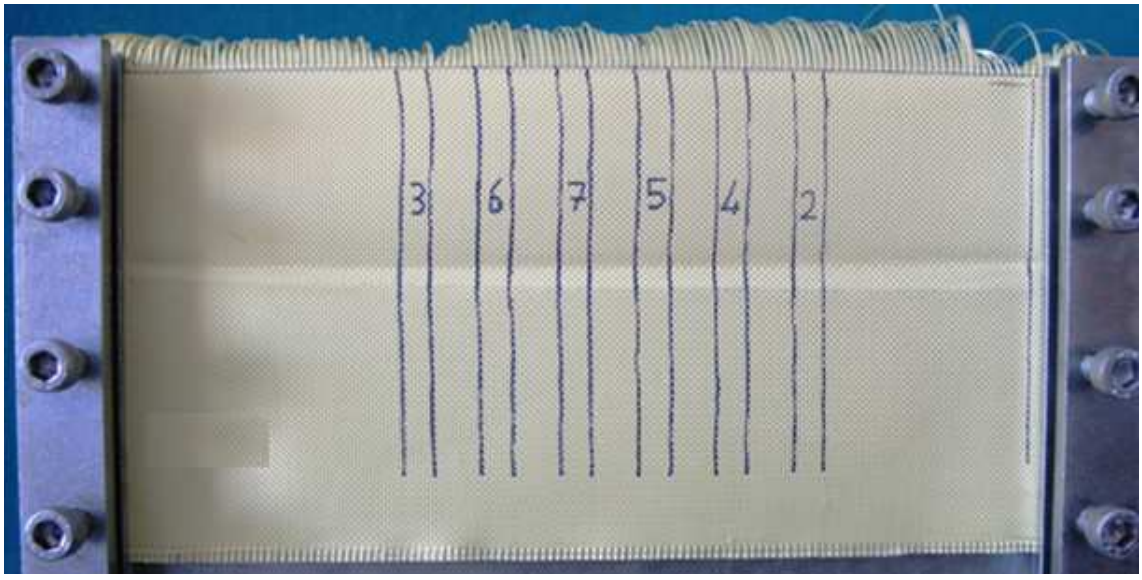
Şekil 3.12. 10 cm test boyu ve 30 cm test eni olan 2'den 7'ye kadar toplu iplik çekiminin yapıldığı numune.



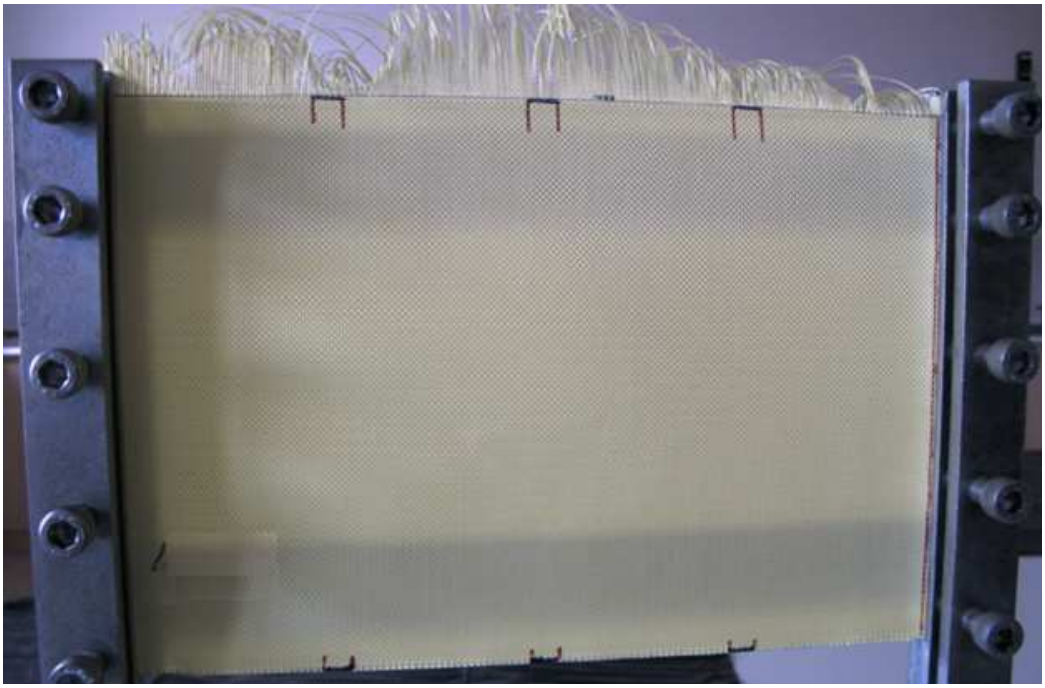
Şekil 3.13. 10 cm test boyu ve 30 cm test eni olan 8'den 10'a kadar toplu iplik çekiminin yapıldığı numune.



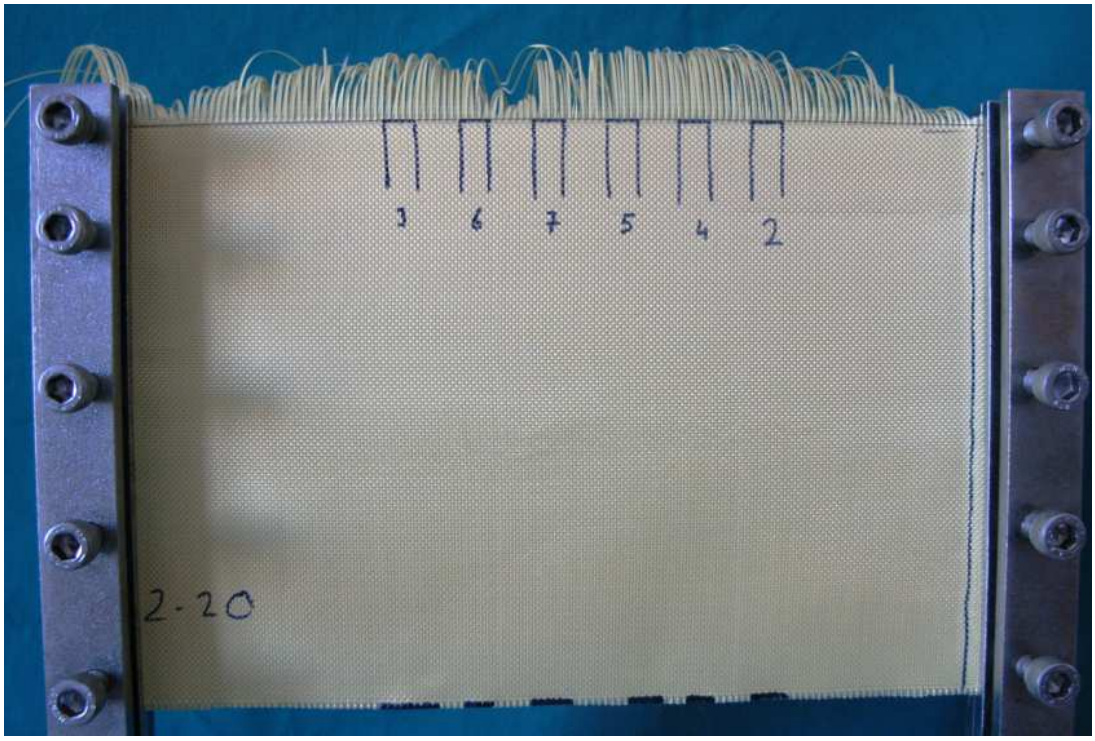
Şekil 3.14. 15 cm test boyu ve 30 cm test eni olan orta, sağ ve soldan teker teker 10 ipliğe kadar ipliklerin çekildiği numune.



Şekil 3.15. 15 cm test boyu ve 30 cm test eni olan 2'den 7'ye kadar toplu iplik çekiminin yapıldığı numune.



Şekil 3.16. 20 cm test boyu ve 30 cm test eni olan orta, sağ ve soldan teker teker 10 ipliğe kadar ipliklerin çekildiği numune.



Şekil 3.17. 20 cm test boyu ve 30 cm test eni olan 2'den 7'ye kadar toplu iplik çekiminin yapıldığı numune.



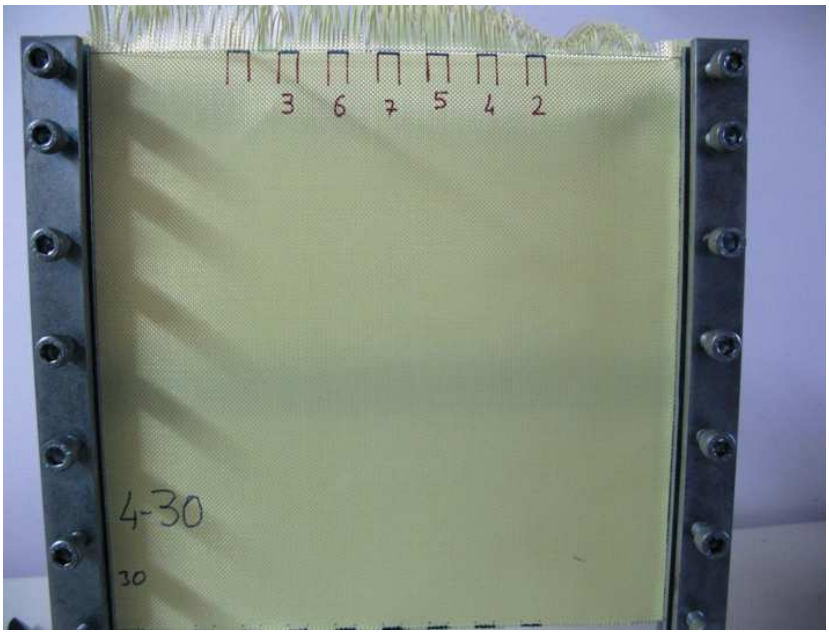
Şekil 3.18. 25 cm test boyu ve 30 cm test eni olan orta, sağ ve soldan teker teker 10 ipliğe kadar ipliklerin çekildiği numune.



Şekil 3.19. 25 cm test boyu ve 30 cm test eni olan 2'den 7'ye kadar toplu iplik çekiminin yapıldığı numune.



Şekil 3.20. 30 cm test boyu ve 30 cm test eni olan orta, sağ ve soldan teker teker 10 ipliğe kadar ipliklerin çekildiği numune.



Şekil 3.21. 30 cm test boyu ve 30 cm test eni olan 2'den 7'ye kadar toplu iplik çekiminin yapıldığı numune.



Şekil 3.22. 35 cm test boyu ve 30 cm test eni olan orta, sağ ve soldan teker teker 10 ipliğe kadar ipliklerin çekildiği numune.

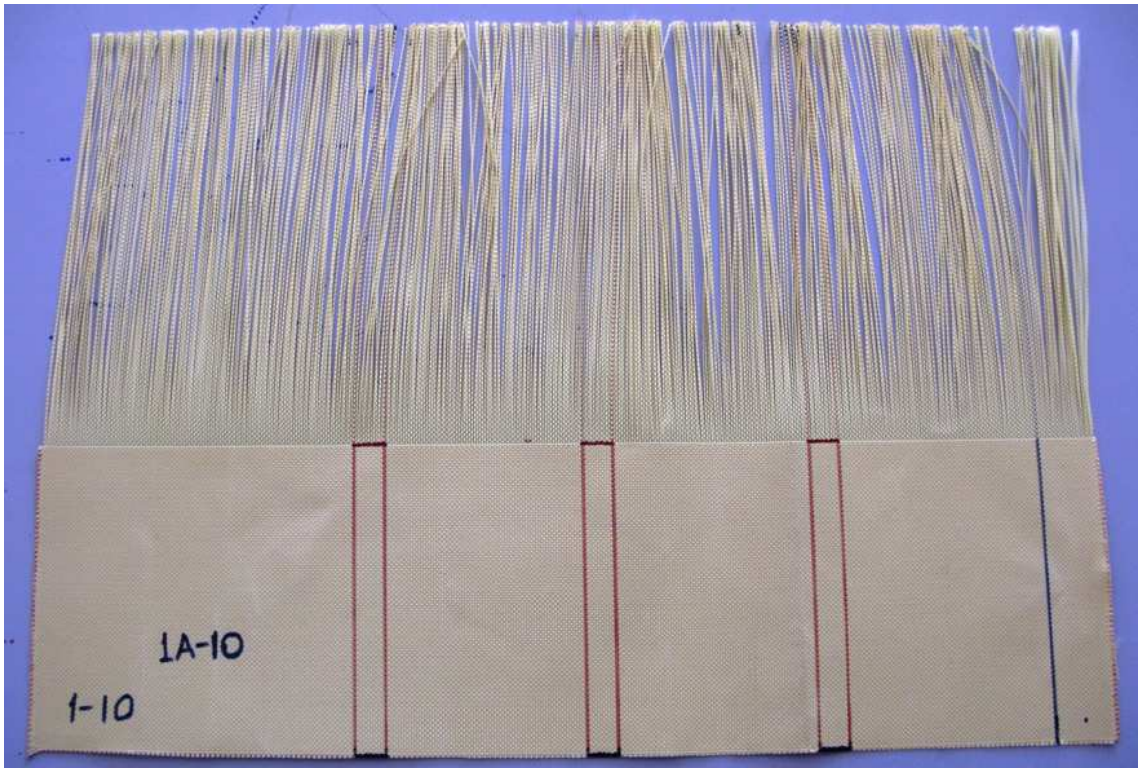


Şekil 3.23. 30 cm test boyu ve 30 cm test eni olan 2'den 7'ye kadar toplu iplik çekiminin yapıldığı numune.

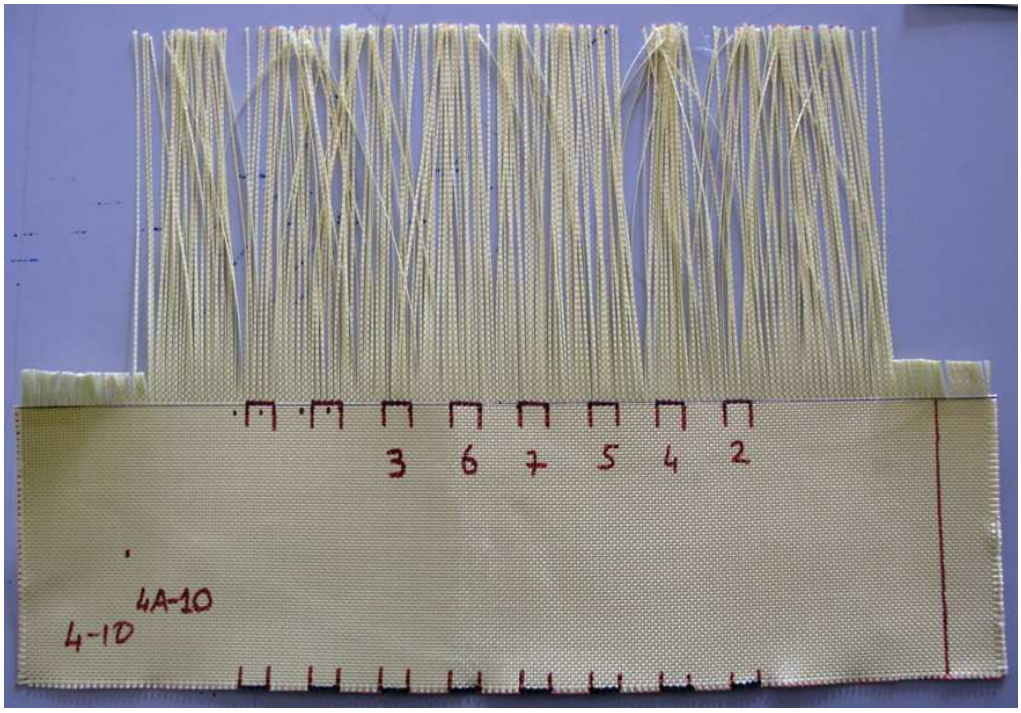
Twaron™ CT 714 ve Twaron™ CT 716 kumaşlardan her biri için atkı yönünde test numunesi ölçüleri Tablo 3.3'de belirtilmiştir. Hazırlanan test numunelerinde atkı yönündeki iplikleri kumaş içinden çekebilmek ve mukavemet cihazının çenesine yerleştirebilmek için atkı yönünde 15 cm fazla olarak hazırlandı. 15 cm'lik mesafede çözgü iplikleri çıkarılarak saçaklandırıldı. Kumaştan atkı yönünde iplik çekimi için hazırlanan örnekler Şekil 3.24-3.28 de verilmiştir.

Tablo 3.3. Atkı yönünde hazırlanan numuneler

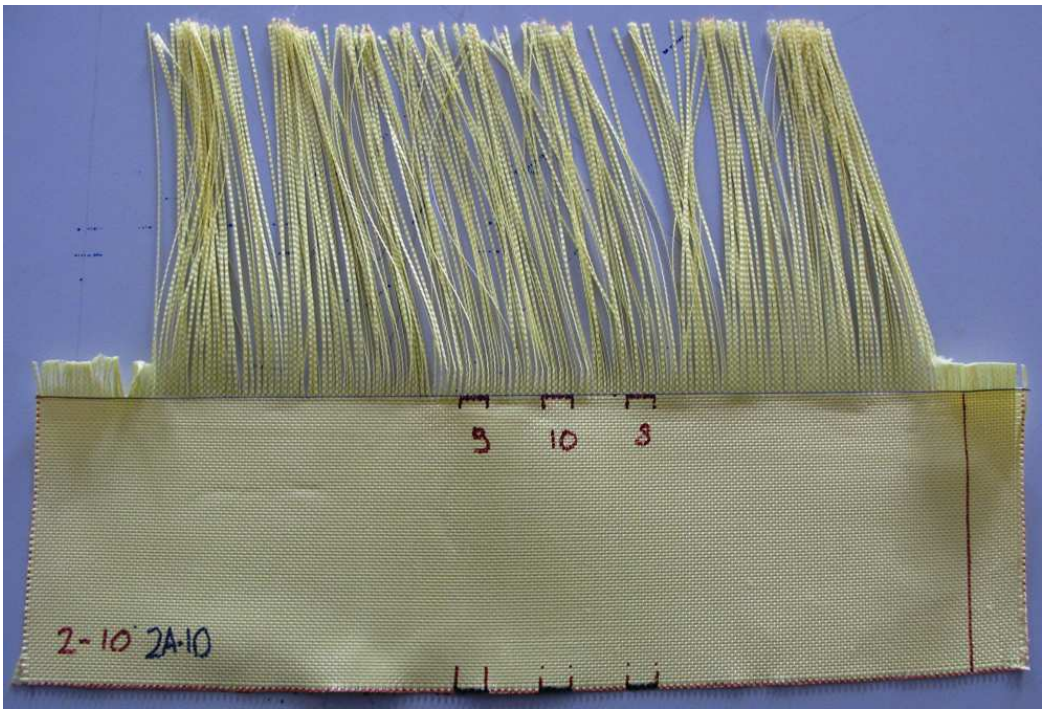
Test boyutu Atkı x Çözgü	**Numune boyutu Atkı x Çözgü**	**Hazırlanan numune sayısı**
30 x 10 cm	36 x 25 cm	3
30 x 30 cm	36 x 45 cm	2



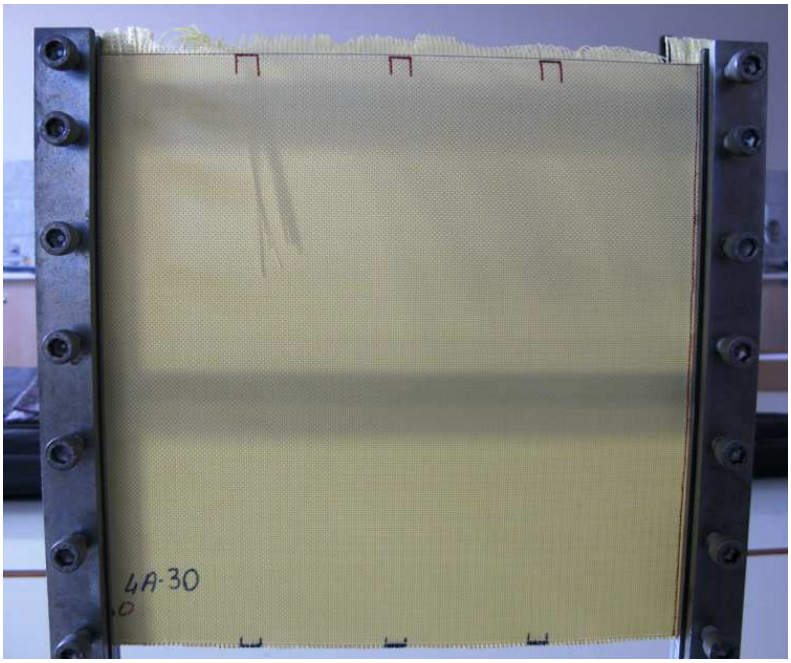
Şekil 3.24. 10 cm test boyu ve 30 cm test eni olan orta, sağ ve soldan teker teker 10 ipliğe kadar ipliklerin çekildiği numune.



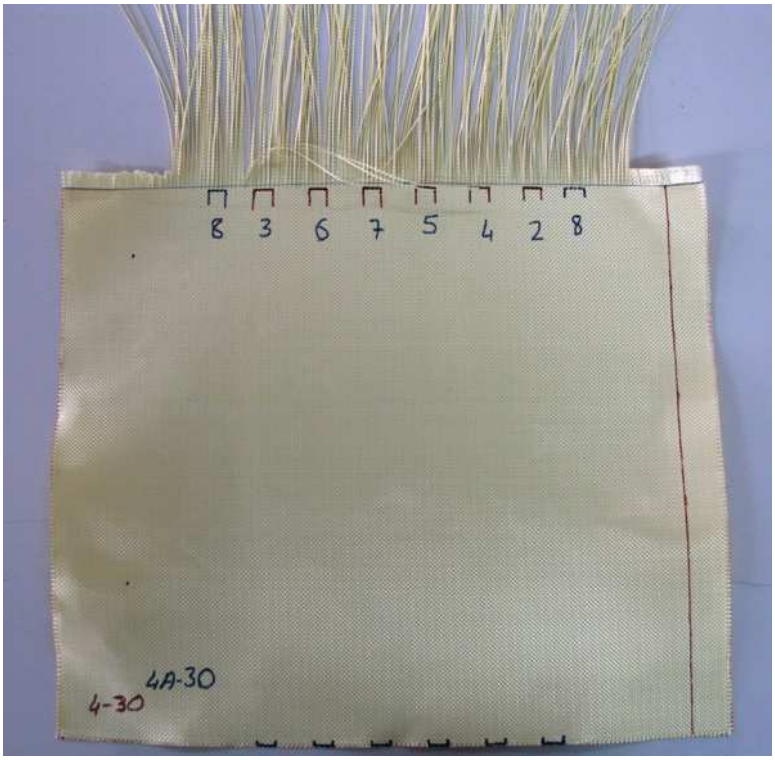
Şekil 3.25. 10 cm test boyu ve 30 cm test eni olan 2'den 7'ye kadar toplu iplik çekiminin yapıldığı numune.



Şekil 3.26. 10 cm test boyu ve 30 cm test eni olan 8'den 10'a kadar toplu iplik çekiminin yapıldığı numune.



Şekil 3.27. 30 cm test boyu ve 30 cm test eni olan orta, sağ ve soldan teker teker 10 ipliğe kadar ipliklerin çekildiği numune.



Şekil 3.28. 30 cm test boyu ve 30 cm test eni olan 2’den 8’e kadar toplu iplik çekiminin yapıldığı numune.

3.4. Kumaştan Çıkarılan İpliklerin Mukavemetinin Ölçülmesi

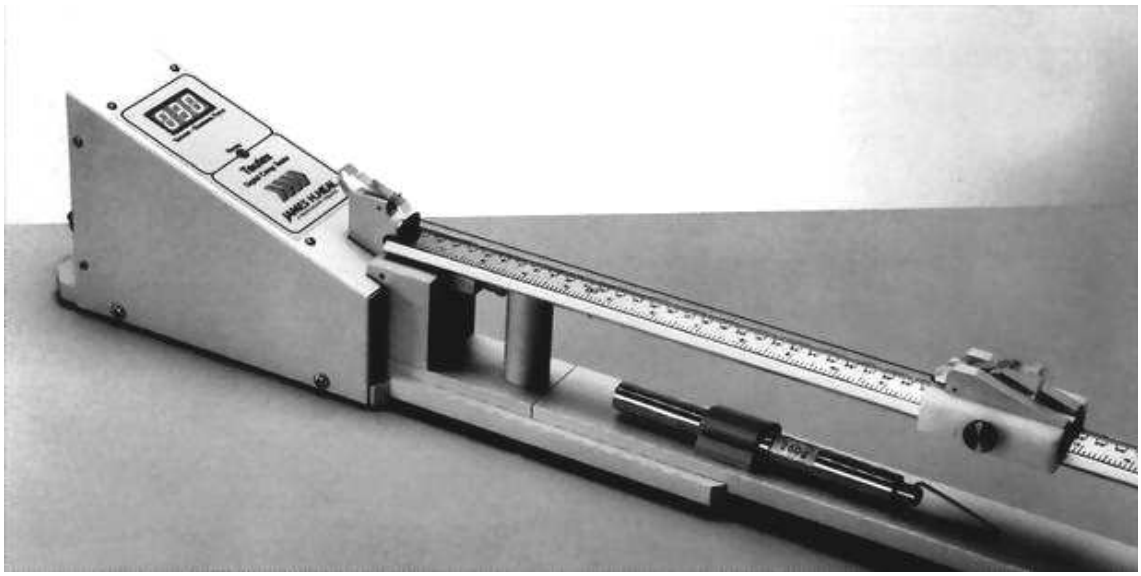
Twaron™ CT 714 ve Twaron™ CT 716 kumaştan atkı ve çözgü yönünde çıkarılan ipliklerin mukavemetleri Instron 4411 modelinde ölçülmüştür. Test hızı 100mm/dak. hızla atkı ve çözgü yönünde 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 cm test mesafelerinde yapılmıştır.

3.5. Krimp Ölçümü

Twaron™ CT 714 ve Twaron™ CT 716 kumaşların atkı ve çözgü yönünde krimp testi yapılmıştır. Testler TS 254 nolu standarda göre Şekil 3.29'de gösterilen Tautex dijital krimp ölçme cihazında (James Heall) yapılmıştır. Krimp hesaplamalarında aşağıdaki bağıntı göz önüne alınmıştır.

$$S = \frac{\ell - X}{X} * 100$$

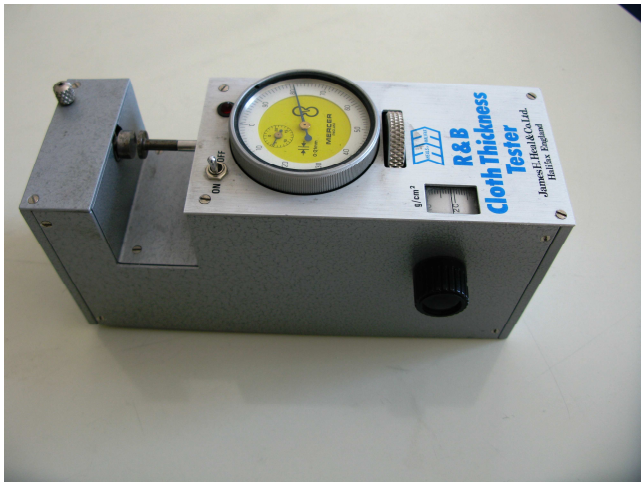
S: Krimp
X:Kumaş eni (cm)
ℓ: gergin iplik uzunluğu (cm)



Şekil 3.29. Tautex Dijital Krimp ölçme cihazı

3.6. Kumaş Kalınlığının Ölçülmesi

Geliştirilen tek katlı, katlı dikişli ve dikişsiz yapıların kalınlıkları kumaş numunelerinin kalınlığının ölçümü BS 2544 standardına göre R&B cloth thickness tester (James Heall) ile yapılmıştır.



Şekil 3.30. Kumaş kalınlık ölçme aleti

3.7. Kumaş Gramajının Ölçülmesi

Twaron™ CT 714 ve Twaron™ CT 716 kumaşlardan 10x10 cm ebatlarında 5 adet numune kesilerek ölçülmüştür. Kumaş gramajı TS 251/Şubat 1991 standardına göre yapılmıştır.

3.8. Kumaştan Çıkarılan İpliklerin Numarasının Ölçülmesi

Twaron™ CT 714 ve Twaron™ CT 716 kumaşlardan atkı ve çözgü yönünde 10 adet iplik çıkarılarak numaraları hesaplanmıştır. İplik numarası testi TS 255/Ocak 1989 standardına göre yapılmıştır.

3.9. Geliştirilen Dikişli Katlı Yapılarda İpliklerin çekilmesi (Pull-out)

Twaron™ CT 714 ve Twaron™ CT 716 kumaşlardan dikişli katlı yapılar geliştirilmiştir. Geliştirilen kumaşlar Tablo 3.4'de gösterildiği gibidir.

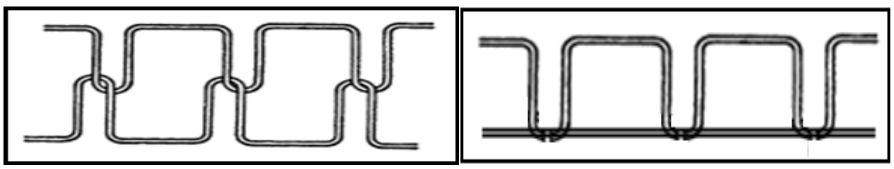
Tablo 3.4. Twaron™ CT 714 ve Twaron™ CT 716 kumaşlardan hazırlanan dikişli iplik çekme (Pull-out) deney numuneleri.

Twaron™ CT 714 14 katlı atkı yönü tek yön dikişli
Twaron™ CT 714 14 katlı çözgü yönü tek yön dikişli
Twaron™ CT 714 14 katlı iki yön dikişli
Twaron™ CT 714 14 katlı dört yön dikişli
Twaron™ CT 716 14 katlı atkı yönü tek yön dikişli
Twaron™ CT 716 14 katlı çözgü yönü tek yön dikişli
Twaron™ CT 716 14 katlı iki yön dikişli
Twaron™ CT 716 14 katlı dört yön dikişli

Kullanılan her iki kumaş tipinden de 14 katlı atkı yönü 33,5 cm ve çözgü yönü 45 cm olarak kumaşlar hazırlanmıştır. Çözgü yönünde 15 cm atkı iplikleri sökülüp saçaklandırılarak çözgü yönünde test boyu 30 cm olmuştur.

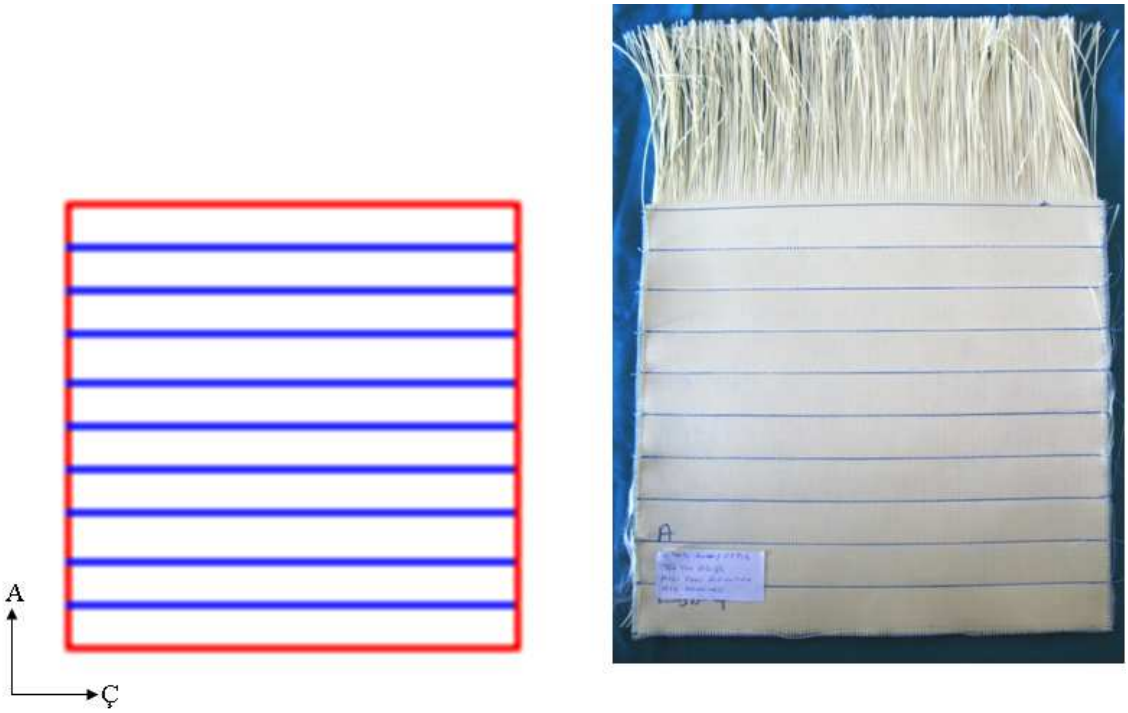
Test boyu 33,5 x 30 cm ölçülerinde dikişli yapılar geliştirilmiştir. Geliştirilen yapılarda dikişler arası mesafe 3 cm olarak belirlendi. Dikiş ipliği olarak 405 denye nylon 6.6 ipliği kullanıldı. Brother marka (DB2-B736-3TR model, yıl 1995) dikiş makinesi kullanılarak düz dikiş ve dikiş sıklığı 4/cm olarak kumaşlar dikilmiştir. Belirlenen dikiş yönleri atkı ve çözgü yönünde tek yön, çift yön ve dört yön olarak belirlenmiştir. Dikiş tipi Şekil 3.31 de şematik olarak yüksek ve düşük gerginliklerde verilmiştir.

Geliştirilen çok katlı dikişli yapıların iplik çekme testleri için hazırlanan yapı örnekleri Şekil 3.32 – 3.35 aralığında şematik görünümleri ile birlikte verilmiştir.

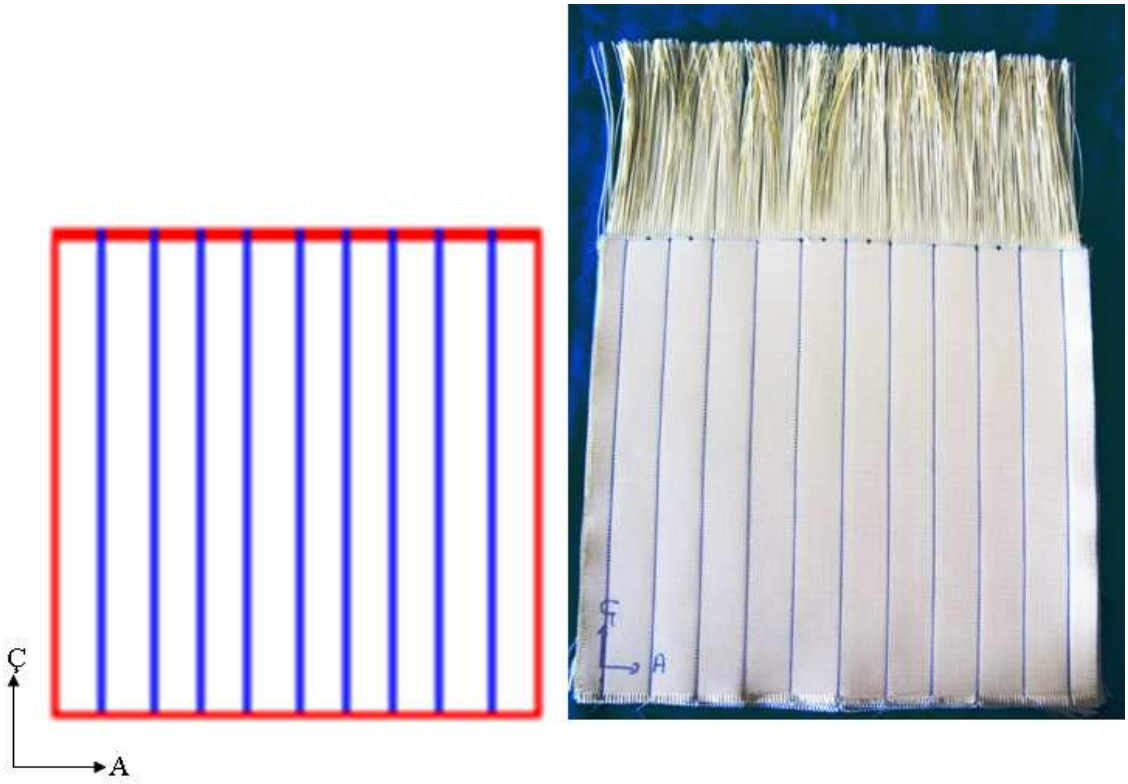


a b

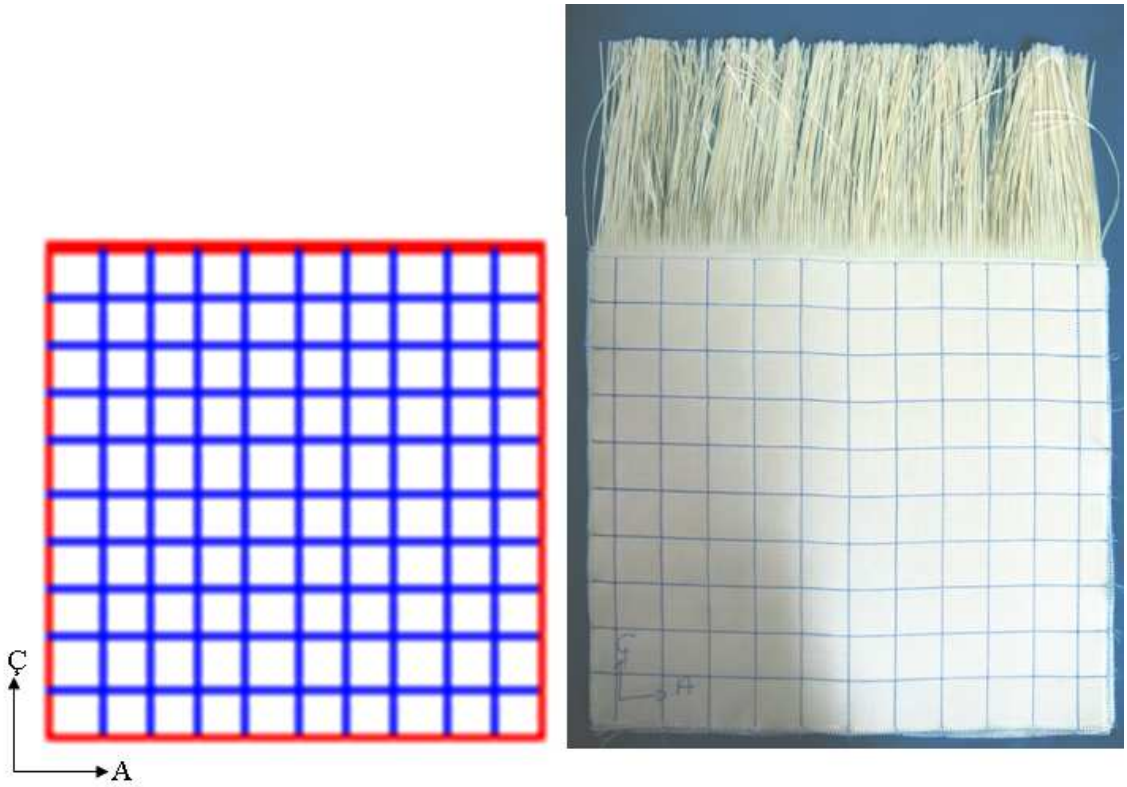
Şekil 3.31. Düz dikiş (a dikiş iplik gerginliği yüksek, b dikiş iplik gerginliği düşük)



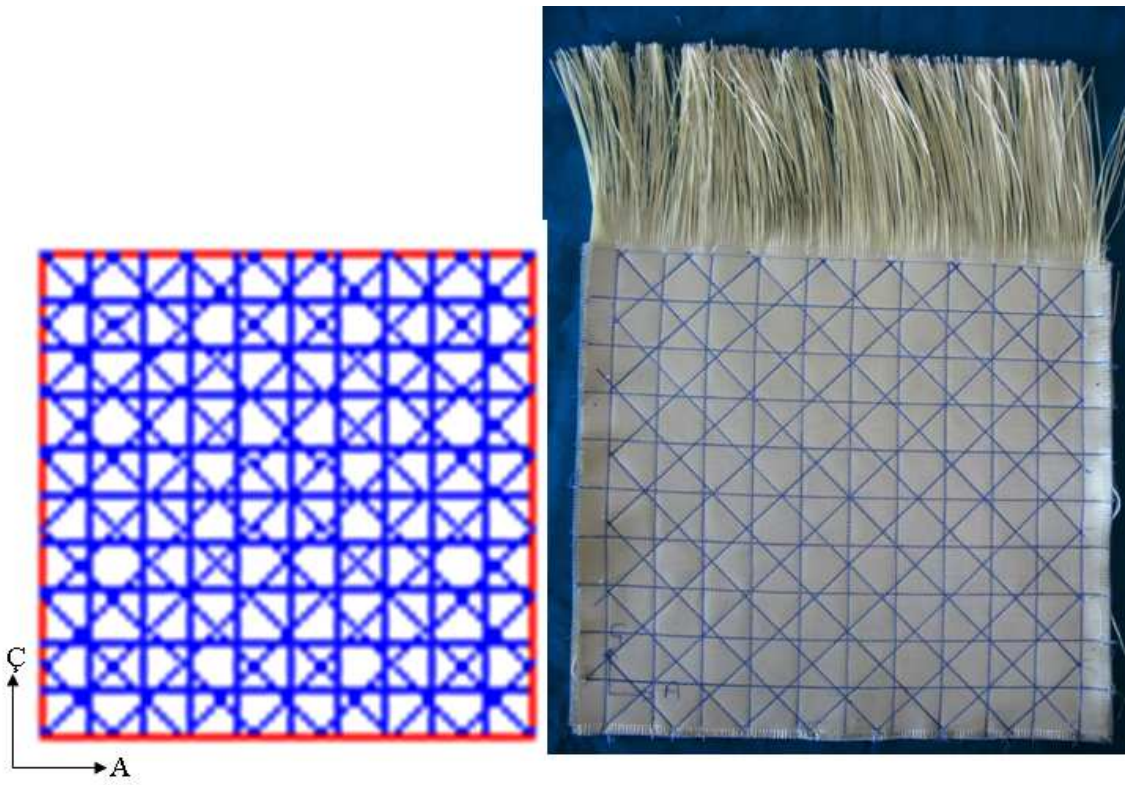
Şekil 3.32. 14 katlı atkı yönü tek yön dikişli test örneği.



Şekil 3.33. 14 katlı çözgü yönü tek yön dikişli test örneği.

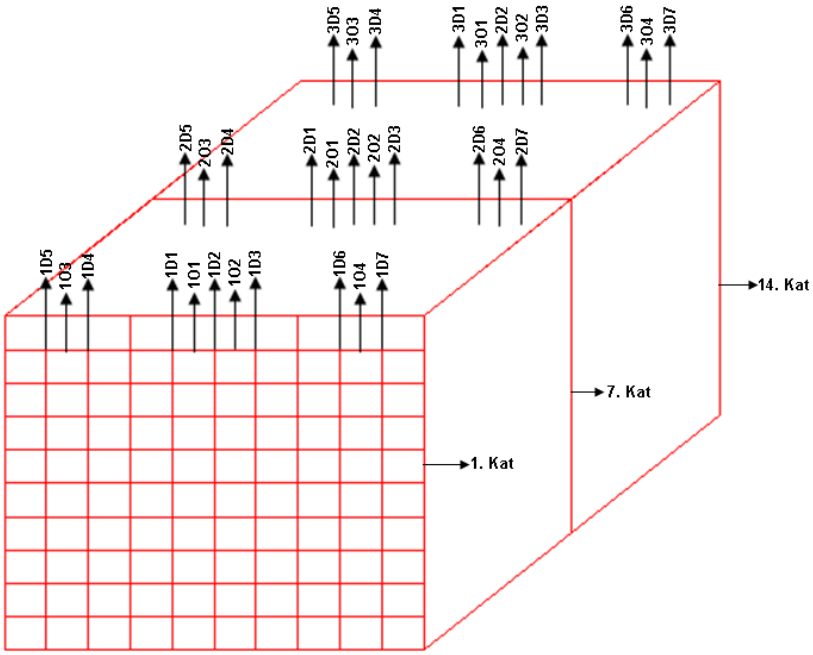


Şekil 3.34. 14 katlı iki yön dikişli test örneği



Şekil 3.35. 14 Katlı Dört yön Dikişli test örneği

Dikişli yapılarda ipliklerin çekilmesi Şekil 3.36'de belirtildiği Şekilde dikişin denk geldiği iplikler ve iki dikişin ortasından 1. kat, 7. kat ve 14 kattan iplikler çekilmiştir.



Şekil 3.36. Dikişli yapılarda iplik çekme deney planı.

3.10. Atış İçin Geliştirilen Dikişsiz ve Dikişli Yapılar

Twaron™ CT 714 ve Twaron™ CT 716 kumaşlardan 30 x 30 cm boyutlarında 14 katlı dikişsiz (DS14), 14 katlı tek yön (TN14), iki yön (İN14), dört yön nylon 6.6 dikişli (DN14) ve dört yön kevlar™ 129 dikişli (DK14) yapılar geliştirilmiştir. Bu yapılardan tek yön, çift yön ve dört yön dikişli numuneler 405 denye numaralı nylon 6.6 ipliği ile dikişler arasında 3 cm mesafe olacak Şekilde düz dikiş ile dikiş sıklığı 4 dikiş/cm olacak Şekilde dikilmiştir. Diğer dört yön dikişli numune ise 110 tex numaralı Kevlar™ 129 ipliği ile dikilmiştir. Geliştirilen balistik yapıların spesifikasyonları Tablo 3.5-3.6 da ve ayrıca Şekil 3.37-3.41'de şematik görünümleri ile birlikte verilmiştir.

Tablo 3.5. Twaron™ CT 714 kodlu kumaştan geliştirilen yapıların özellikleri

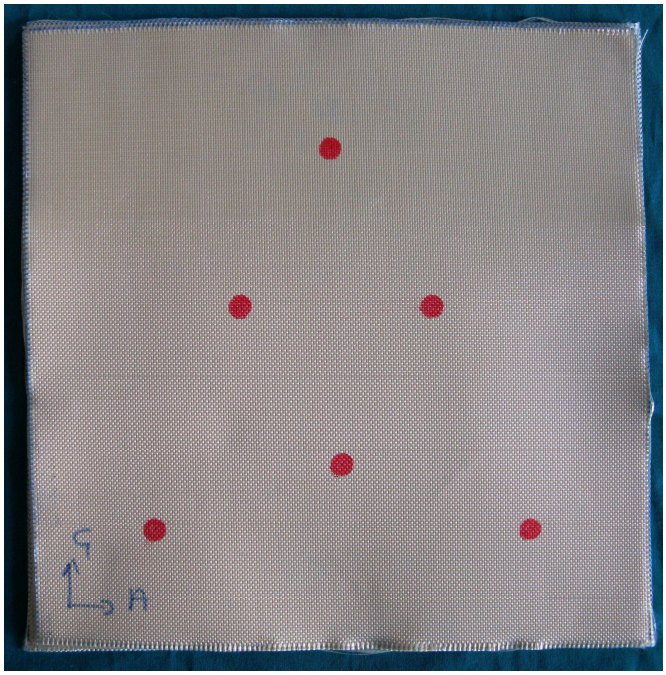
	Boyutlar EnxBoy (mm)	**Ağırlık gram**	**Ağırlık Kg/m^2**	**Kalınlık (mm)**
C7 714 14 Katlı Dikişsiz Yapı (DS14)	300x300	237,05	2,63	3,61
C7 714 14 Katlı Tek Yön Dikişli (Nylon 6.6 Dikişli) (TN14)	300x300	237,27	2,64	3,49
C7 714 14 Katlı İki Yön Dikişli (Nylon 6.6 Dikişli) (İN14)	300x300	238,96	2,66	3,42
C7 714 14 Katlı Dörtyön Dikişli (Nylon 6.6 Dikişli) (DN14)	300x300	240,64	2,67	3,37
C7 714 14 Katlı Dörtyön Dikişli (Kevlar 129 Dikişli) (DK14)	300x300	243,77	2,71	3,34
C7 714 160 Katlı dikişsiz yapı (DS14-160) 600 Teks cam panel* Lastik*	150x150 30x30 30x30	663,07 88,62 92,16	29,47 98,47 102,40	40,21 14,69 21,13

*600 tex 4 kat çok eksenli cam panel ve 2 kat lastik Twaron Ct 714 160 katlı dikişsiz yapının üzerine Şekil 3.44'de görüldüğü gibi konulmuştur.

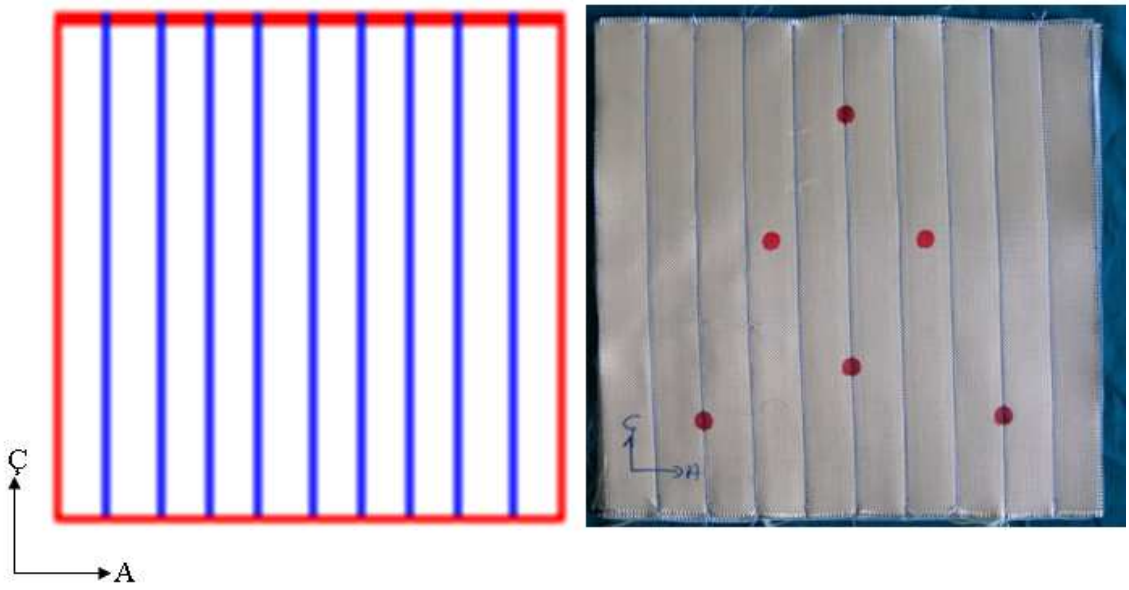
Tablo 3.6. Twaron™ CT 716 kodlu kumaştan geliştirilen yapıların özellikleri

	Boyutlar EnxBoy (mm)	**Ağırlık gram**	**Ağırlık Kg/m^2**	**Kalınlık (mm)**
CT 716 14 Katlı Dikişiz (DS16)	300x300	349,13	3,88	4,94
CT 716 14 Katlı Tek Yön Dikişli (Nylon 6.6 Dikişli) (TN16)	300x300	349,73	3,89	4,84
CT 716 14 Katlı İki Yön Dikişli (Nylon 6.6 Dikişli) (İN16)	300x300	350,75	3,90	4,77
CT 716 14 Katlı Dörtyön Dikişli (Nylon 6.6 Dikişli) (DN16)	300x300	352,92	3,92	4,72
CT 716 14 Katlı Dörtyön Dikişli (Kevlar 129 Dikişli) (DK16)	300x300	359,46	3,99	4,70
CT 716 40 Katlı Dikişsiz Yapı(DS14-40) 600 Teks Cam Panel (4 kat)* 600 Teks Cam Panel (4 kat) + Karbon Panel (2 kat)* 2400 Teks Cam Panel (4 kat)* 2400 Teks Cam Panel (4 kat)+ Karbon Panel (2 kat)*	300x300 30x30 30x30 30x30 30x30	995,87 91,55 106,14 114,93 130,5	11,07 101,72 117,93 127,70 145	14,73 14,79 20,36 18,71 25,27

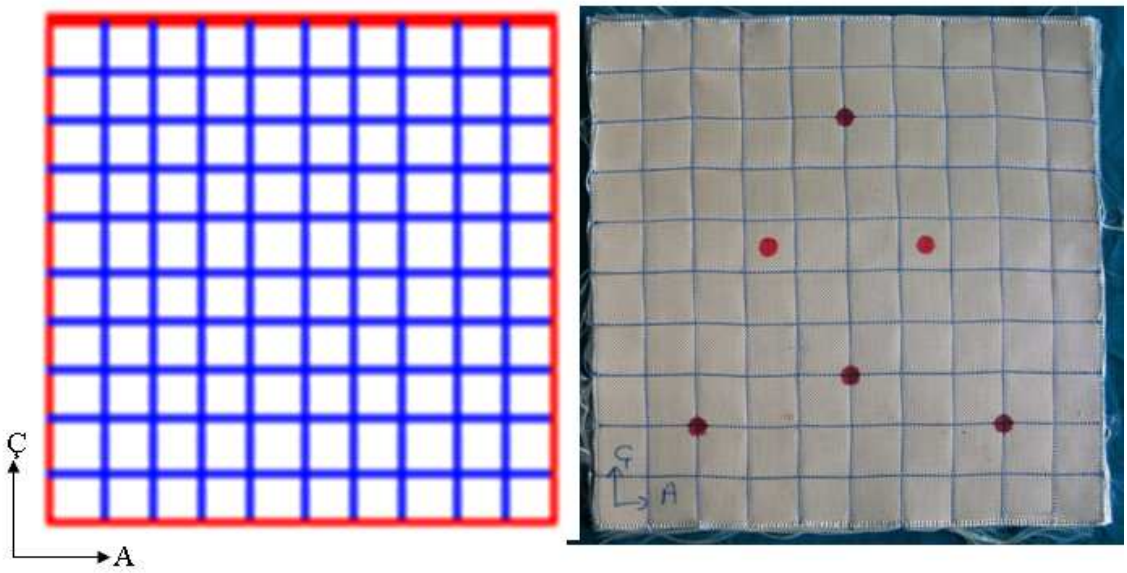
* 600 tex çok eksenli 4 kat cam panel, 600 tex çok eksenli 4 kat cam panel ve 2 kat ortagonal karbon panel üst üste, 2400 tex 4 kat çok ensenli cam panel, 2400 tex 4 kat çok eksenli cam panel ve ortagonal 2 kat karbon panel üst üste olacak Şekilde Twaron CT 716 40 katlı dikişsiz yapının üzerine Şekil 3.42'da görüldüğü gibi konulmuştur.



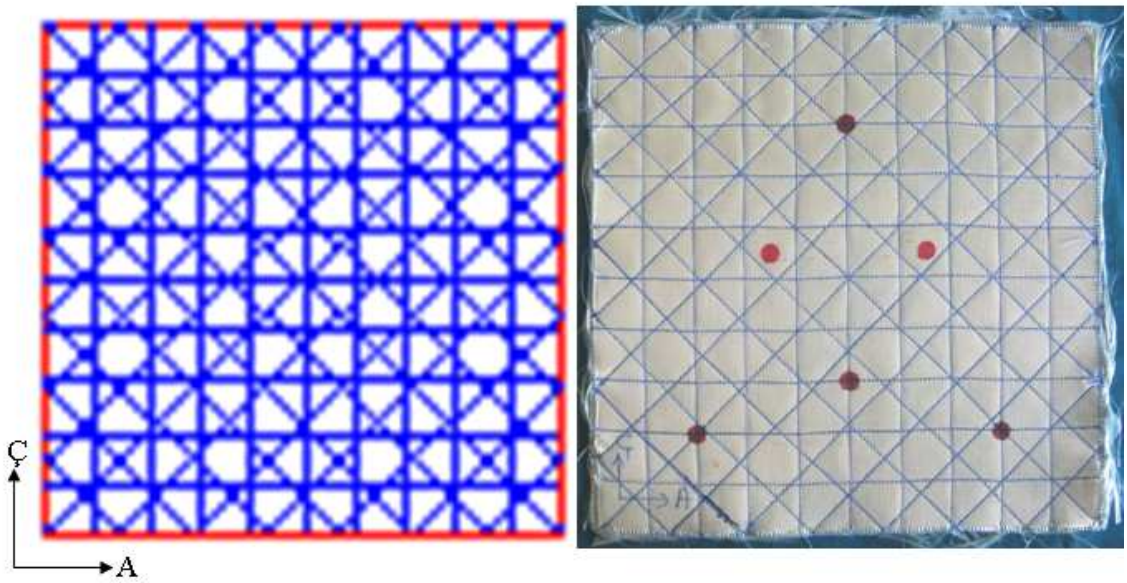
Şekil 3.37. 14 katlı dikişsiz yapı.



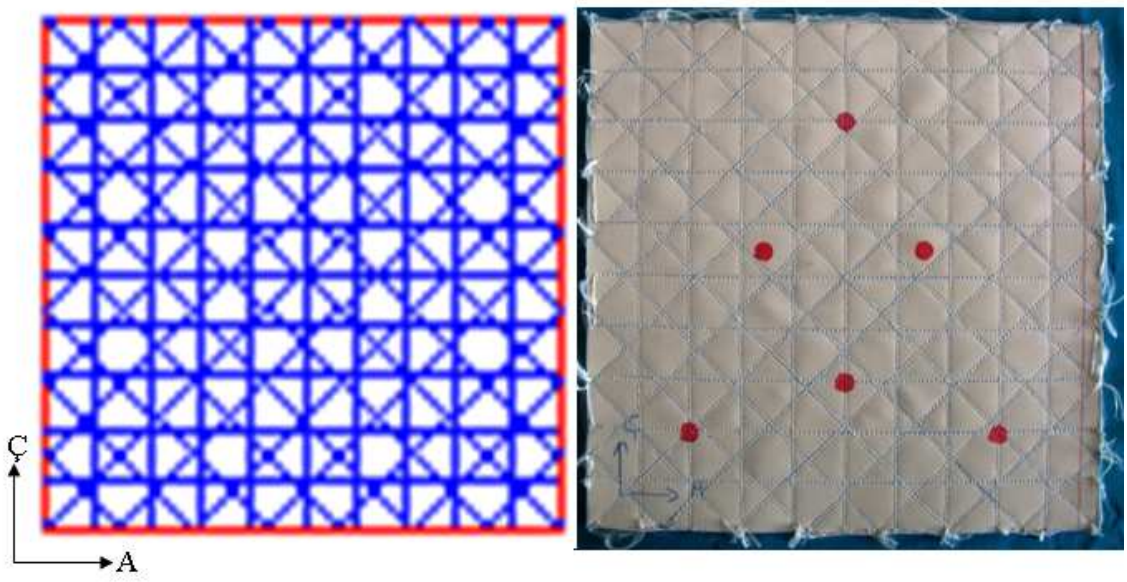
Şekil 3.38. 14 katlı tek yön dikişli (Nylon 6.6 dikişli).



Şekil 3.39. 14 katlı iki yön dikişli (Nylon 6.6 dikişli).

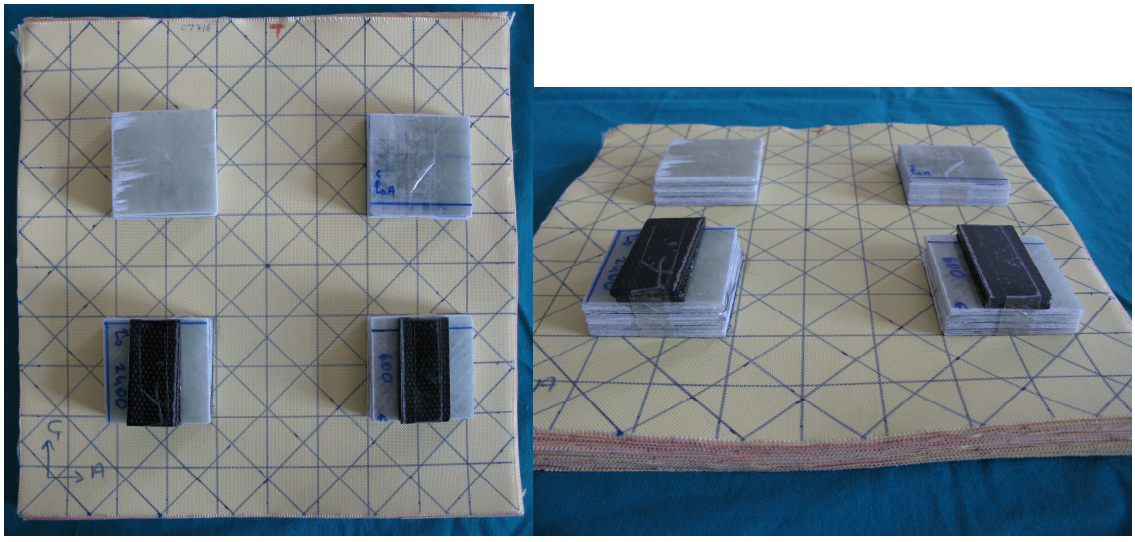


Şekil 3.40. 14 katlı dört yön dikişli (Nylon 6.6 dikişli).



Şekil 3.41. 14 katlı dört yön dikişli (Kevlar™ 129 dikişli).

Twaron™ CT 716 kodlu kumaştan 30 x 30 cm boyutlarında dikişsiz 40 kat yapı geliştirilerek bu yapının üzerine 600 tex ile 2400 tex cam panel ve yine 600 tex ile 2400 tex cam panelin üzerine karbon panel kullanılmıştır. Bu yapılarda Şekil 3.42-3.45'de verilmiştir.



Şekil 3.42. Twaron™ CT 716 dikişsiz 40 katlı yapıda cam ve karbon panelin yerleşimi.



Şekil 3.43. Twaron™ CT 716 dikişsiz 40 katlı yapıda cam ve karbon panelin kılıfa yerleştirilmiş görünümü.



Şekil 3.44. Twaron™ CT 714 dikişsiz 160 katlı yapıda cam plaka ve lastikli yapıların yerleşim düzeni.



Şekil 3.45. Twaron CT 714 dikişsiz 160 katlı yapıda cam plaka ve lastikli yapının kılıfa yerleşimi.

3.11. Atış Testleri Deney Planı

Atış için geliştirilen Twaron™ CT 714 ve CT 716 kumaşlara ilave olarak madde 3.1.10'de belirtilen dikişli katlı yapılarda deney planına göre iplikler çekildikten sonra atış yapılmak üzere atış planına dâhil edilmiştir. CT 714 kodlu kumaştan geliştirilen atış yapılacak test numunelerinin tamamı Tablo 3.7'de ve CT 716 kodlu kumaştan geliştirilen test numunelerinin tamamı Tablo 3.8'de gösterilmiştir.

Tablo 3.7. Twaron CT 714 kodlu kumaştan geliştirilen yapılar.

Twaron™ CT 716 14 Katlı Dikişiz (DS14)
Twaron™ CT 716 14 Katlı Tek Yön Dikişli (Nylon 6.6 Dikişli) (TN14)
Twaron™ CT 716 14 Katlı İki Yön Dikişli (Nylon 6.6 Dikişli) (İN14)
Twaron™ CT 716 14 Katlı Dörtyön Dikişli (Nylon 6.6 Dikişli) (DN14)
Twaron™ CT 716 14 Katlı Dörtyön Dikişli (Kevlar 129 Dikişli) (DK14)
Twaron™ CT 716 40 Katlı Dikişsiz Yapı(DS14-40) 600 Teks cam panel Lastik

Tablo 3.8. CT 716 kodlu kumaştan geliştirilen yapılar.

Twaron™ CT 716 14 Katlı Dikişiz (DS16)
Twaron™ CT 716 14 Katlı Tek Yön Dikişli (Nylon 6.6 Dikişli) (TN16)
Twaron™ CT 716 14 Katlı İki Yön Dikişli (Nylon 6.6 Dikişli) (İN16)
Twaron™ CT 716 14 Katlı Dörtyön Dikişli (Nylon 6.6 Dikişli) (DN16)
Twaron™ CT 716 14 Katlı Dörtyön Dikişli (Kevlar 129 Dikişli) (DK16)
Twaron™ CT 716 40 Katlı Dikişsiz Yapı (DS14-40) 600 Teks Cam Panel (4kat) 600 Teks Cam Panel (4kat) + Karbon Panel (2kat) 2400 Teks Cam Panel (4kat) 2400 Teks Cam Panel (4kat) + Karbon Panel (2kat)

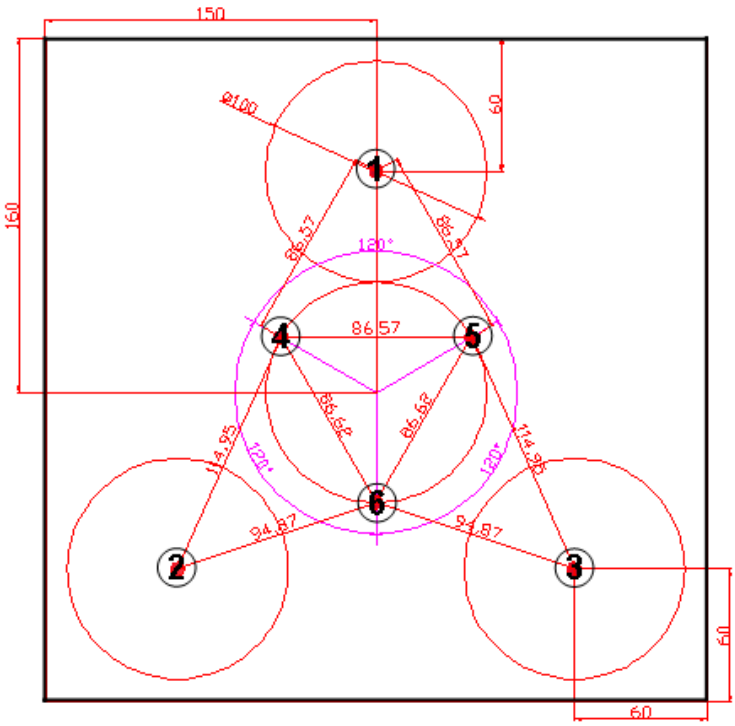
3.12. Atışlarda Kullanılacak Silah ve Mermiler

Twaron™ CT 714 ve CT 716 kodlu kumaşlardan geliştirilen 14 katlı dikişli ve dikişsiz kumaşlara CZ 75, Baretta ve MP5 silahları ile atış yapılmıştır. 40 katlı ve 160 katlı yapılara AK 47 (kaleşnikof) silahla atış yapılmıştır.

Tablo 3.9. Tehlike tipleri ve özellikleri

Koruma seviyesi	**Koruma derecesi**	**Mermi özellikleri**	**Mermi ağırlığı [g]**	**Atış Yapılacak Silah**	**Referans mermi hızı [m/s]**	**Kinetik enerji (J)**	**Atış yapılacak yer**	**Atış mesafesi (m)**
IIA	1	9 mm FMJ RN	8.0	CZ 75	355 – 373 **(370)**	547,6	1-5	5
II	1	9 mm FMJ RN	8.0	BARETTA	379–398 **(380)**	577,6	2-4	5
IIIA	1	9 mm FMJ RN (0,357 SIG FMJ FN)	8.0	MP5	430–448 **(400)**	640	3-6	5
III	1	7.62 mm NATO FMJ	9.6	AK 47 KALEŞNİKOF	**760**	2772,48	Tamamı	15

Her iki tip kumaştan hazırlanan 14 katlı dikişli ve dikişsiz numunelere Şekil 3.46'da gösterildiği ve Tablo 3.9'de belirtildiği gibi atışlar yapılmıştır.



Şekil 3.46. 14 katlı yapılarda atış yapılacak noktalar.

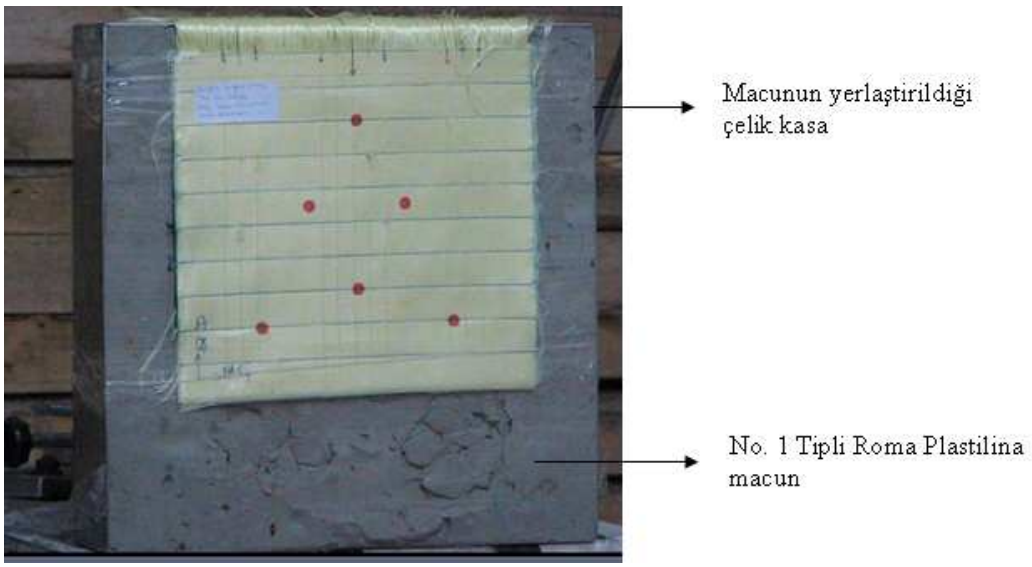
Atışlarda 9 mm x 19 parabellum tabancı mermisi ile 7.62 mm NATO FMJ piyade tüfeği mermileri kullanılmıştır. 9 mm x 19 parabellum tabancı mermisinin kapsül ağırlığı 12,15 gram, mermi boyutu 29,69 – 0,3 mm, merminin çekirdek ağırlığı 8 ± 0,075 gram ve mermi özellikleri ise FMJ, mermi yüksüğü Pirinç (CuZn36), mermi çekirdeği kurşun antimon alaşımıdır. Barut olarak küresel barut kullanılmıştır. Referans mermi hızı (16 m'de) 370 ± 10 m/s'dir. 7.62 mm NATO FMJ piyade tüfeği mermi boyu 71,12 - 0,60 mm, merminin çekirdek ağırlığı 9,6 gram, referans mermi hızı 760 m/s'dir. Barut olarak küresel barut kullanılmıştır. Atışta kullanılan bu mermiler Şekil 3.47'de verilmiştir.



Şekil 3.47. 7.62 NATO FMJ piyade tüfeği mermisi ve 9 mm FMJ RN tabanca mermisi.

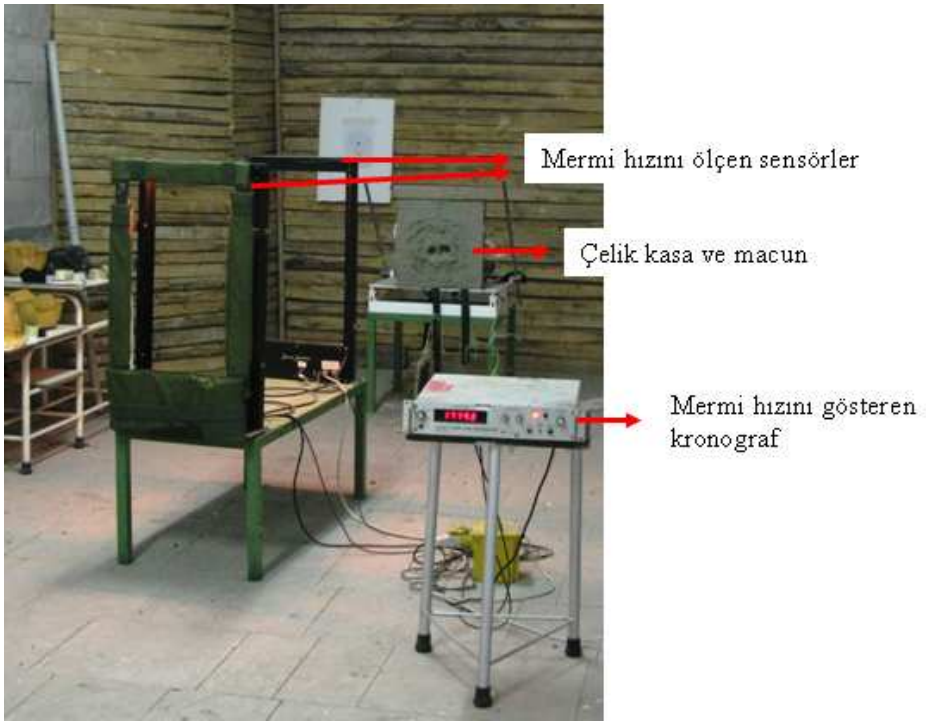
3.13. Atış Tesisi Ve Kullanılan Malzemeler

Atışlarda çöküntü miktarını ölçmek için No. 1 Tipli Roma Plastilina macun kullanılmıştır. Macunun yerleştirildiği kasa 50 x 50 cm boyutlarında ve 15 cm derinliğindedir. Kasanın içi macun ile tamamen doldurulmuştur. Atışlar yapıldıktan sonra macunda meydana gelen çöküntünün çapı ve derinliği ölçülmüştür. Şekil 3.48' de macunlu kasa görülmektedir.



Şekil 3.48. Macun ve kasa.

Atış esnasında yapılan her atışta mermi hızı, hızölçer kronograf tarafından ölçülmüştür. Atışlar Savar Kompozit Balistik Malzeme San. Tic. Ltd. Şirketinin atış tesisinde yapılmıştır. Atış alanı Şekil 3.49'da görülmektedir.



Şekil 3.49. Atış yeri fotoğrafı.

Atışlarda CZ 75, Baretta ve MP5 silahları ile yapılan atışlar 5 metre mesafeden, AK 47 (kaleşnikof) ile yapılan atış 15 metre mesafeden gerçekleştirilmiştir.

4. BÖLÜM

TESTLER SONUCUNDA ELDE EDİLEN VERİLER

4.1. Kullanılan Kumaşların Ölçülen Parametreleri

Kullanılan kumaşların iplik numaraları, dokuma tipi, sıklıkları, metrekare ağırlıkları ve kalınlık değerleri ölçülerek Tablo 4,1'de gösterilmiştir.

Tablo 4.1. Kullanılan kumaşların ölçüm değerleri.

Kumaş Tipi	İplik Numarası		Dokuma tipi	Sıklık		Kumaş Ağırlığı (g/m^2)	Kalınlık mm
	Atkı (Tex)	Çözgü (Tex)		Atkı (Tel/cm)	Çözgü (Tel/cm)		
Twaron™ CT 716	110,1	110,11	Bezayağı	12	12,3	277,14	0,41
Twaron™ CT 714	110,8	110,89	Bezayağı	8,5	8,5	190,2	0,31

4.2. Kumaşların Ortalama Atkı Ve Çözgü Krimp Değerleri

Twaron kumaşların çözgü ve atkı üzerindeki krimp değerleri ölçülerek Tablo 4.2 de verilmiştir. Bu değerlerden görüleceği üzere sıkı kumaşların krimp değerleri seyrek kumaşlara göre kısmen yüksek değerde bulunmuştur.

Tablo 4.2. Krimp testi ortalama değerleri

	İLK UZUNLUK (cm)	GERİLİ UZUNLUK (cm)	KRİMP (%)
Twaron ™CT 716 kumaşın krimp testi			
ÇÖZGÜ	50,00	53,18	6,36
ATKI	50,00	50,98	1,96
Twaron™ CT 714 kumaşın krimp testi			
ÇÖZGÜ	50,00	50,69	1,38
ATKI	50,00	50,99	1,98

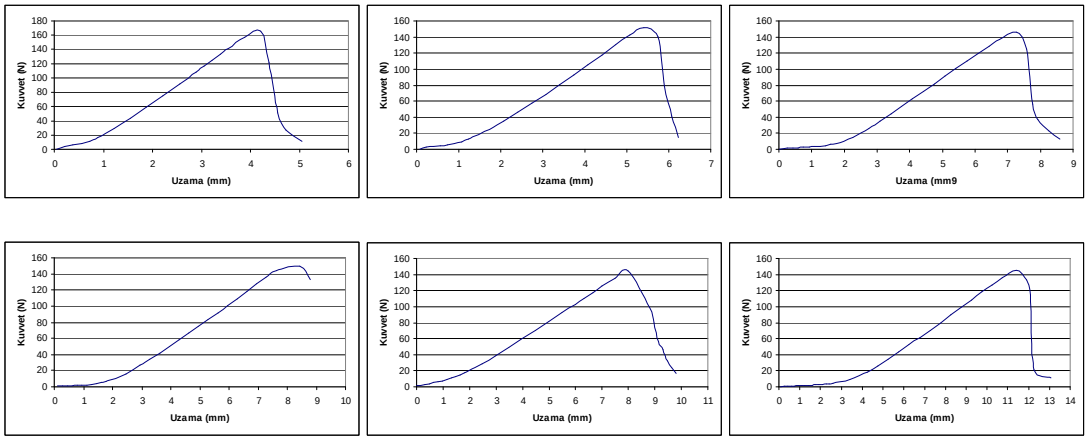
4.3. Kumaşlardan Çıkarılan İpliklerin Mukavemet Değerleri

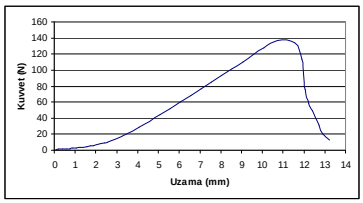
4.3.1. Twaron™ CT 716 Kodlu Kumaşın Çözgü İpliklerinin Ortalama Mukavemet Değerleri ve grafikleri

Twaron CT716 kumaştan çekilen ipliklerin çözgüleri üzerinde ölçülen dayanım değerleri farklı iplik uzunluklarında elde edilmiş ve bunlar Tablo 4.3 ve Şekil 4.1 verilmiştir. Tablo ve şekillerden görüleceği üzere para-aramid esaslı lifin yüksek dayanımlı ve düşük uzama davranışı gösterdiği saptanmıştır. Ayrıca iplik uzunlukları arttıkça dayanım-uzama grafiğindeki eğrinin azaldığı gözlenmiştir. Bu da beklenen bir değişimdir ve iplik çekme uzunlukları arttıkça dayanım değerleri bir miktar düşük çıkarken uzama değerleri artmıştır. Polimerlerin genel özelliklerine uygun değerler elde edilmiştir.

Tablo 4.3. Twaron™ CT 716 kumaşın çözgü ipliğinin ortalama mukavemet değerleri

Test Mesafesi	Maksimum uzama (mm)	% Uzama maksimum (%)	Kopma dayanımı (N)	Çekme modülü (N)	Akma noktasındaki enerji (J)	Kopma enerjisi (J)
5 cm	3,481	6,963	163,90	2438	0,2920	0,3220
10 cm	4,362	4,362	152,70	3676	0,3314	0,3997
15 cm	5,309	3,539	147,00	4370	0,3969	0,4785
20 cm	6,093	3,046	146,10	5058	0,4431	0,5441
25 cm	6,943	2,777	145,00	5587	0,5234	0,6299
30 cm	7,971	2,657	144,60	5698	0,5912	0,6935
35 cm	8,731	2,495	139,50	5874	0,6551	0,7787





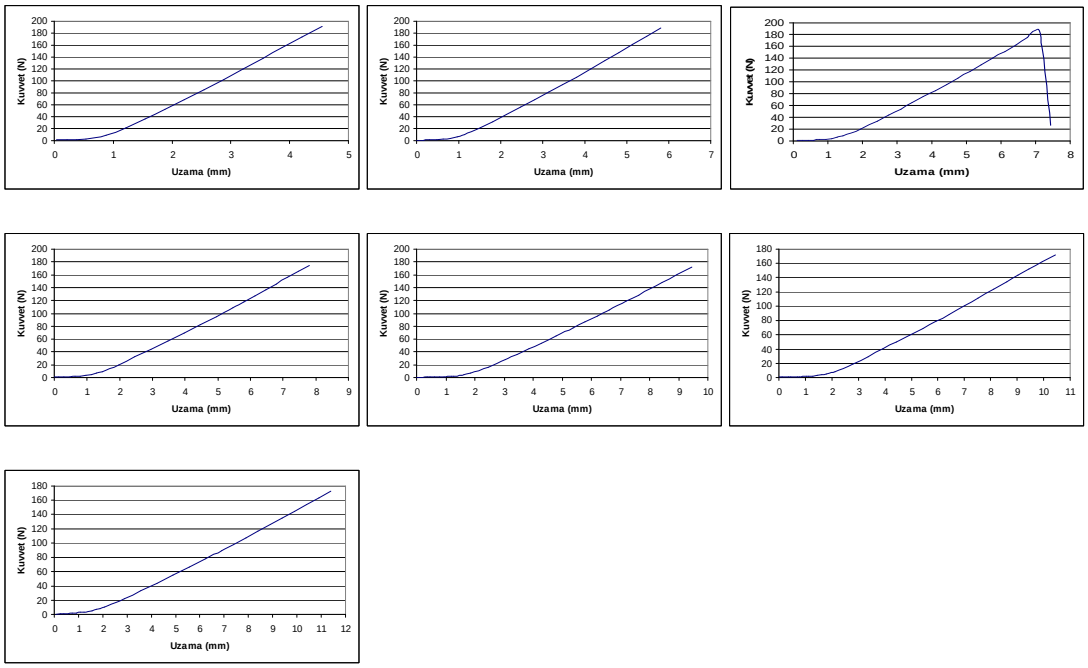
Şekil 4.1. Twaron™ CT 716 kodlu kumaşın çözgü ipliğinin sırasıyla 5, 10, 15, 20, 25, 30 ve 35 cm test mesafesindeki kuvvet-uzama mukavemet grafikleri.

4.3.2. Twaron™ CT 716 Kodlu Kumaşın Atkı İpliklerinin Ortalama Mukavemet Değerleri ve grafikleri

Twaron CT716 kumaştan çekilen ipliklerin atkıları üzerinde ölçülen dayanım değerleri farklı iplik uzunluklarında elde edilmiş ve bunlar Tablo 4.4 ve Şekil 4.2 de verilmiştir. Tablo ve Şekillerden görüleceği üzere para-aramid esaslı lifin yüksek dayanımlı ve düşük uzama davranışı gösterdiği saptanmıştır. Ayrıca iplik uzunlukları arttıkça dayanım-uzama grafiğindeki eğrinin yataylaştığı gözlenmiştir. Bu da bilinen bir değişimdir ve iplik çekme uzunlukları arttıkça dayanım değerleri bir miktar düşük çıkarken uzama değerleri artmıştır. Polimerlerin genel özelliklerine uygun değerler elde edilmiştir. Ancak atkı dan elde edilen dayanım-uzama değerlerinin çözgüye göre yüksek çıkması bir derece anlaşılamamıştır. Çünkü dokuma esnasındaki atkı üzerindeki sıkıştırmadan dolayı bozunmanın çözgülerin ağızlık açımındaki bozunmaya göre daha yüksek değerde olacağı beklenirken bunun böyle olmadığı ve metal-lif sürtünme esaslı ağızlık açmanın çözgü ipliklerinde yüksek değerde filament bozunmasına yol açtığı tahmin edilmektedir.

Tablo 4.4. Twaron™ CT 716 kumaşın atkı ipliğinin ortalama mukavemet değerleri

Test Mesafesi	Maksimum uzama (mm)	% Uzama maksimum (%)	Kopma dayanımı (N)	Çekme modülü (N)	Akma noktasındaki enerji (J)	Kopma enerjisi (J)
5 cm	3,568	7,137	188,40	2676	0,3289	0,3433
10 cm	4,607	4,607	185,54	4079	0,4293	0,4462
15 cm	5,584	3,723	182,76	4956	0,4953	0,5140
20 cm	6,407	3,204	178,29	5597	0,5783	0,5836
25 cm	7,403	2,961	175,95	5981	0,6456	0,6605
30 cm	8,233	2,744	172,88	6353	0,7132	0,7267
35 cm	9,198	2,628	171,03	6570	0,7644	0,7765



Şekil 4.2. Twaron™ CT 716 kodlu kumaşın atkı ipliğinin sırasıyla 5, 10, 15, 20, 25, 30 ve 35 cm test mesafesindeki kuvvet-uzama mukavemet grafikleri

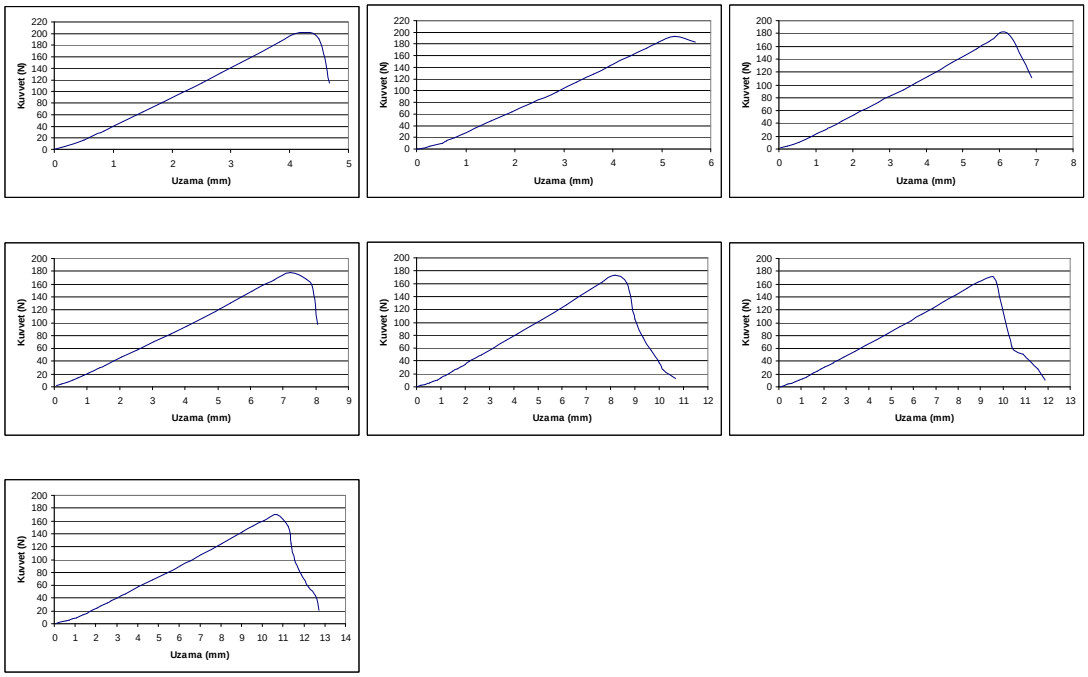
4.3.3. Twaron™ CT 714 Kodlu Kumaşın Çözgü İpliklerinin Ortalama Mukavemet Değerleri ve grafikleri

Twaron™ CT714 kumaştan çekilen ipliklerin çözgüleri üzerinde ölçülen dayanım değerleri farklı iplik uzunluklarında elde edilmiş ve bunlar Tablo 4.5 ve Şekil 4.3 de verilmiştir. Tablo ve şekillerden görüleceği üzere para-aramid esaslı lifin yüksek dayanımlı ve düşük uzama davranışı gösterdiği saptanmıştır. Ayrıca iplik uzunlukları arttıkça dayanım-uzama grafiğindeki eğrinin yataylaştığı gözlenmiştir. Bu da bilinen

bir değişimdir ve iplik çekme uzunlukları arttıkça dayanım değerleri bir miktar düşük çıkarken uzama değerleri artmıştır. Bu kumaş seyrek olarak dokunmuş ve çözgülerden elde edilen dayanım-uzama değerlerinin CT716 kodlu sıkı kumaşa göre yüksek değerde olduğu görülmüştür. Bunun temel nedeni seyrek kumaşın dokunması esnasında lif-lif sürtünmelerinin düşük değerde gerçekleşerek mikro filament bozunmalarının düşük olduğu şeklinde yorumlanabilir.

Tablo 4.5. Twaron™ CT 714 kumaşın çözgü ipliğinin ortalama mukavemet değerleri.

Test Mesafesi	Maksimum uzama (mm)	% Uzama maksimum (%)	Kopma dayanımı (N)	Çekme modülü (N)	Akma noktasındaki enerji (J)	Kopma enerjisi (J)
5 cm	3,960	7,920	202,60	2651	0,4002	0,4424
10 cm	4,892	4,892	190,80	4067	0,4616	0,5318
15 cm	5,767	3,844	184,80	4993	0,5314	0,6385
20 cm	6,839	3,420	179,20	5410	0,6229	0,7292
25 cm	7,956	3,182	177,00	5762	0,7057	0,8225
30 cm	8,761	2,920	174,80	6132	0,7546	0,9419
35 cm	9,696	2,770	171,00	6361	0,8410	1,0180



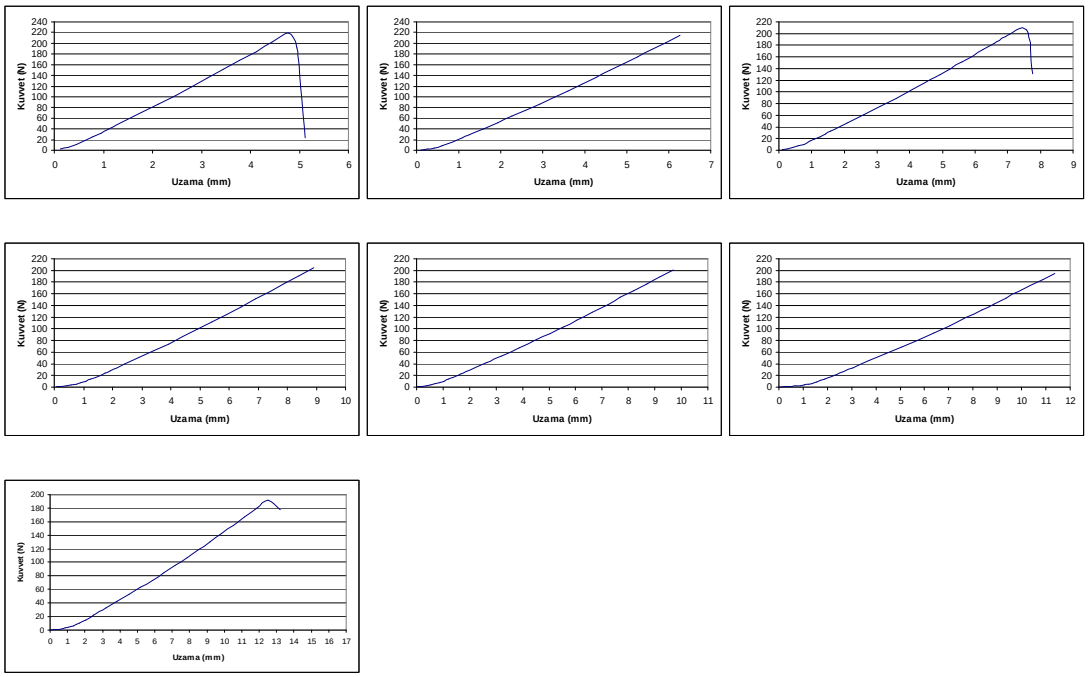
Şekil 4.3. Twaron™ CT 714 kodlu kumaşın çözgü ipliğinin sırasıyla 5, 10, 15, 20, 25, 30 ve 35 cm test mesafesindeki kuvvet-uzama mukavemet grafikleri.

4.3.4. Twaron™ CT 714 Kodlu Kumaşın Atkı İpliklerinin Ortalama Mukavemet Değerleri ve grafikleri

Twaron™ CT714 kumaştan çekilen ipliklerin atkıları üzerinde ölçülen dayanım değerleri farklı iplik uzunluklarında elde edilmiş ve bunlar Tablo 4.6 ve Şekil 4.4 de verilmiştir. Tablo ve şekillerden görüleceği üzere para-aramid esaslı lifin yüksek dayanımlı ve düşük uzama davranışı gösterdiği saptanmıştır. Ayrıca iplik uzunlukları arttıkça dayanım-uzama grafiğindeki eğrinin yataylaştığı gözlenmiştir. Bu da bilinen bir değişimdir ve iplik çekme uzunlukları arttıkça dayanım değerleri bir miktar düşük çıkarken uzama değerleri artmıştır. Bu kumaş seyrek olarak dokunmuş ve atkılardan elde edilen dayanım-uzama değerlerinin CT716 kodlu sıkı kumaşa göre yüksek değerde olduğu görülmüştür. Bunun temel nedeni seyrek kumaşın dokunması esnasında lif-lif sürtünmelerinin düşük değerde gerçekleşerek mikro filament bozunmalarının düşük olduğu şeklinde göz önüne alınmıştır.

Tablo 4.6. Twaron™ CT 714 kumaşın atkı ipliğinin ortalama mukavemet değerleri

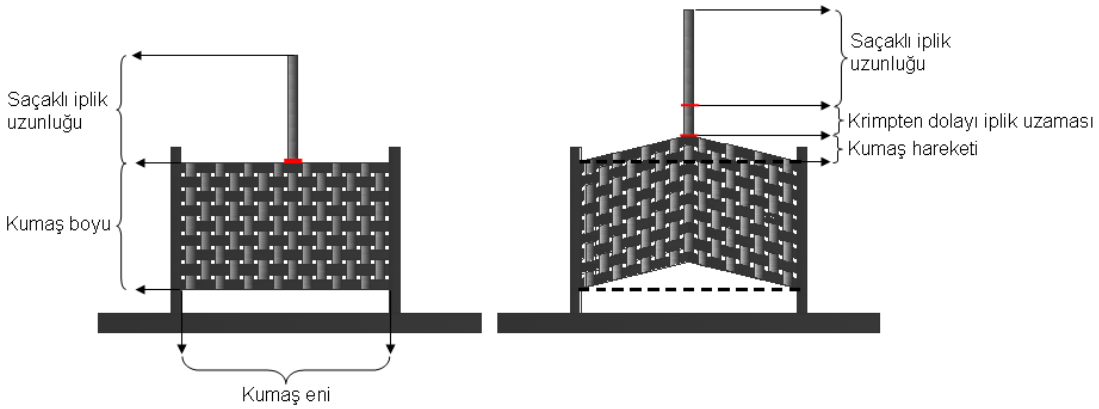
Test Mesafesi	Maksimum uzama (mm)	% Uzama maksimum (%)	Kopma dayanımı (N)	Çekme modülü (N)	Akma noktasındaki enerji (J)	Kopma enerjisi (J)
5 cm	4,402	8,803	218,25	2517,1	0,4678	0,4970
10 cm	5,446	5,446	210,94	3922,7	0,5683	0,6080
15 cm	6,384	4,256	204,33	4856,5	0,6469	0,7002
20 cm	7,782	3,891	203,34	5316,3	0,7826	0,8078
25 cm	8,616	3,447	201,61	5963,9	0,8415	0,8813
30 cm	9,563	3,188	198,06	6251,7	0,9341	0,9809
35 cm	10,778	3,079	197,57	6443,1	1,0599	1,1057



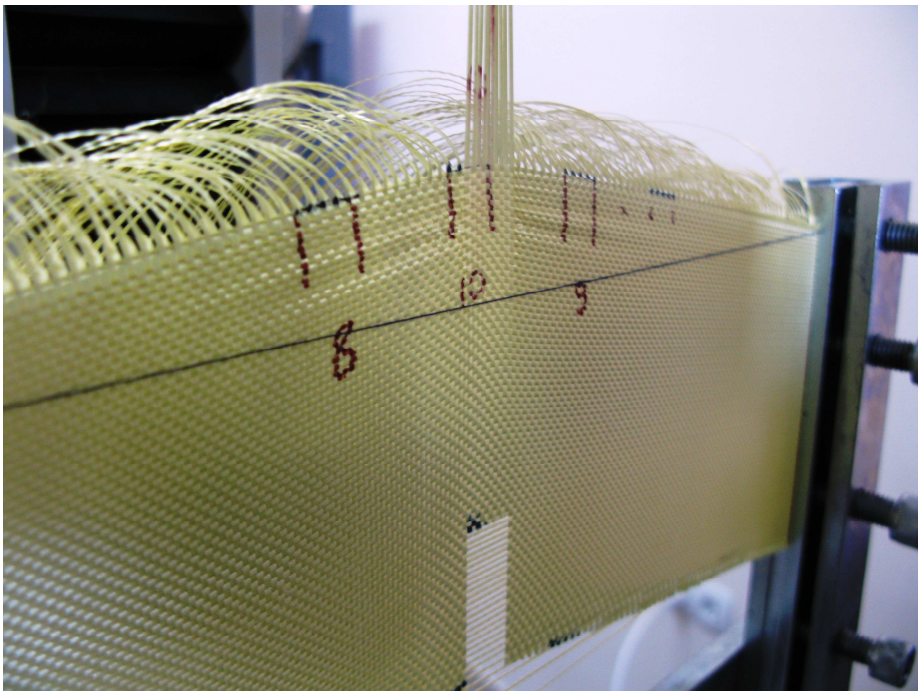
Şekil 4.4. Twaron CT 714 kodlu kumaşın atkı ipliğinin sırasıyla 5, 10, 15, 20, 25, 30 ve 35 cm test mesafesindeki kuvvet-uzama mukavemet grafikleri.

4.4. Tek Katlı Kumaşlarda Yapılan İplik Çekme (Pull-Out) Testi Değerleri

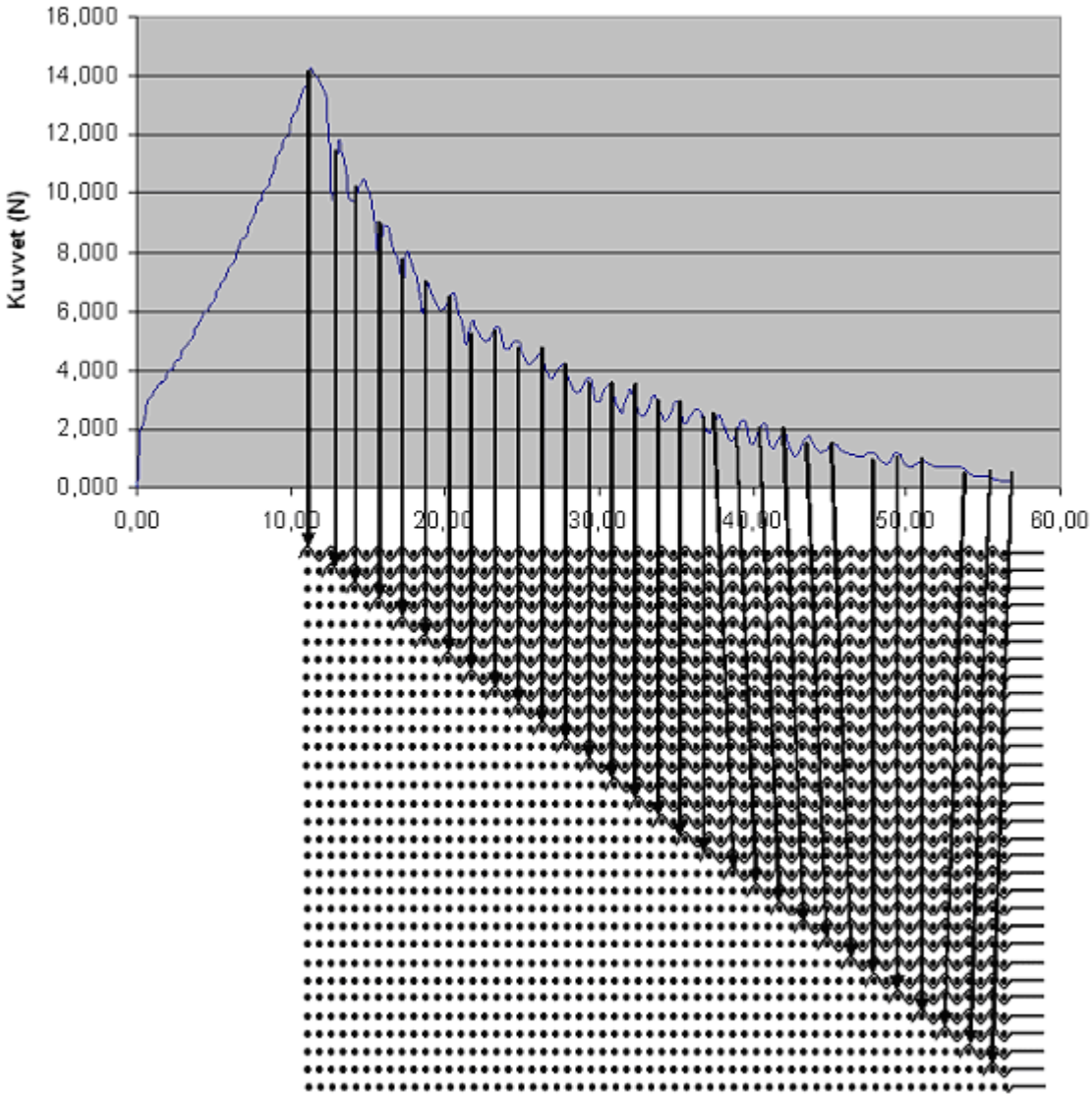
İplik çekme deneyi yapılırken ölçülen parametreler kumaş hareketi, krimpten dolayı iplikte meydana gelen uzama (iplik kumaş içinden çekilmeye başlandığında iplik kumaşın alt ucundan çıktığı anda ölçülmüştür) ve ipliğin kumaşın içinden çekilmesine karşı gösterdiği direnç ölçülmüştür. Kumaş hareketi ve krimpten dolayı iplik uzaması Şekil 4.5'de şematik olarak ve Şekil 4.6'da iplik çekimi esnasında gösterilmiştir. Ayrıca kumaştan iplik çekimi ile elde edilen kuvvet-uzama grafiği çekilen her bir iplik kesişmesine karşılık gelecek Şekilde çizilerek Şekil 4.7'de verilmiştir. Bu gösterimle en ufak kesişme birimdeki sürtünme esaslı yükün hesaplanması mümkün hale getirilmiştir.



Şekil 4.5. Kumaş hareketi ve krimpten dolayı iplik uzamasının şematik gösterimi.



Şekil 4.6. Kumaş hareketi ve krimpten dolayı iplik uzamasının gösterimi.



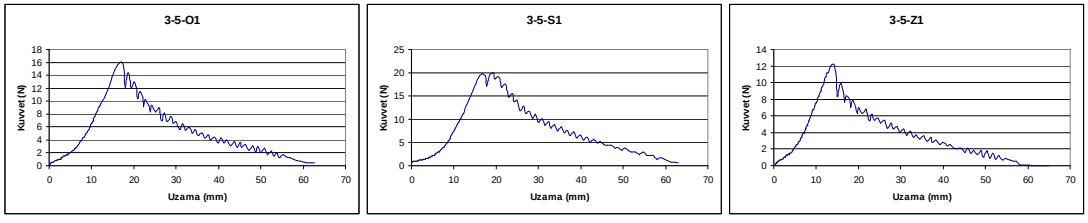
Şekil 4.7. İplik çekilmesinin şematik gösterimi (Kevlar™ 29 kumaş, 1-5-O1).

4.4.1. Twaron™ CT 716 Kumaşın Çözgü Yönünde Yapılan İplik Çekme Testi Değerleri

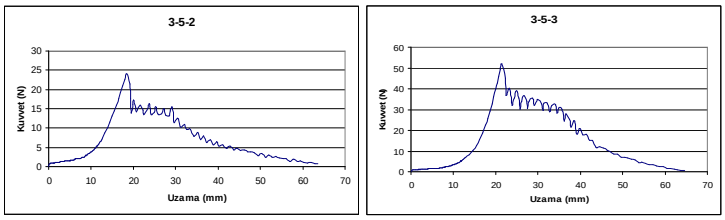
CT716 kodlu para-aramid sıkı kumaştan tekli ve çoklu çekilen iplik dayanım ve krimpten dolayı iplik uzama değerleri Tablo 4.7 ve Şekil 4.8-4.9 da verilmiştir. Tablo ve şekillerden görüldüğü üzere tekli iplik çekim değerlerinin ilk iplikte yüksek bundan sonra gelen ardıl çekimlerde dramatik olarak düşük değer gösterdiği gözlenmiştir. Çoklu iplik çekimlerinde elde edilen iplik çekme kuvveti uç sayısı arttıkça tekli iplik çekim değeri ile kıyaslandığında son derece non lineer davranış sergilediği görülmüştür. Bu olay iplik çekimlerinin atışla meydana gelen mermi-lif etkileşimini açıklamada daha da kompleks hale getireceğinin göstergesi olarak yorumlanmıştır. Krimp düzelmesi açısından düşük çaplı değişimler tekli çekimlerde (5-4 mm) saptanırken kumaş hareket miktarı düşük aralıkta (10-3 mm) gözlenmiştir. Çoklu çekimlerde krimpten dolayı iplik uzaması daha düşük değer sergilerken (2-3 mm) kumaş hareketinde çok büyük değişim aralığı (14-29 mm) tespit edilmiştir. Bu kumaşın iplik çekimine gösterdiği kollektif tepki olarak yorumlanmıştır.

Tablo 4.7. Twaron™ CT 716 kumaşının 5 cm test mesafesinde çözgü yönünde iplik çekme test değerleri.

KUMAŞ KODU	Kumaş hareket miktarı (mm)	Krimpten dolayı iplik uzaması (mm)	İplik çekme kuvveti (N)	KUMAŞ KODU	Kumaş hareket miktarı (mm)	Krimpten dolayı iplik uzaması (mm)	İplik çekme kuvveti (N)
Ortadan yapılan iplik çekmeleri				Sağdan yapılan iplik çekmeleri			
3-5-O1	10	5	16,10	3-5-Z1	10	5	12,21
3-5-O2	5	4	3,62	3-5-Z2	4	4	2,95
3-5-O3	5	4	3,89	3-5-Z3	4	4	3,08
3-5-O4	4	4	2,55	3-5-Z4	3	4	2,14
3-5-O5	4	4	2,81	3-5-Z5	3	4	2,01
3-5-O6	3	4	2,41	3-5-Z6	3	4	1,61
3-5-O7	3	4	2,81	3-5-Z7	3	4	1,61
3-5-O8	3	4	2,68	3-5-Z8	3	4	1,34
3-5-O9	3	4	2,95	3-5-Z9	3	4	2,01
3-5-O10	3	4	2,68	3-5-Z10	3	4	2,01
Soldan yapılan iplik çekmeleri				Çok uçlu iplik çekme*			
3-5-S1	10	5	20,00	3-5-2	14	3	24,16
3-5-S2	5	4	3,35	3-5-3	17	4	54,09
3-5-S3	5	4	3,35	3-5-4	17	2	95,97
3-5-S4	4	4	2,28	3-5-5	19	3	175,30
3-5-S5	4	4	2,14	3-5-6	21	3	243,20
3-5-S6	3	4	2,14	3-5-7	23	3	314,20
3-5-S7	3	4	2,28	3-5-8	26		247,50
3-5-S8	3	4	2,01	3-5-9	26		312,30
3-5-S9	3	4	2,14	3-5-10			271,30
3-5-S10	3	4	1,87	3-5-11	29	2	216,90
				3-5-12	29	3	326,40
*1' den fazla iplik çekilmelerinde bütün iplikler kumaştan çekildi.							



Şekil 4.8. Twaron™ CT 716 kumaşın çözgü yönünde 5 cm test mesafesindeki ortadan, soldan ve sağdan yapılan ilk çekilen ipliklerin kuvvet-uzama grafikleri.

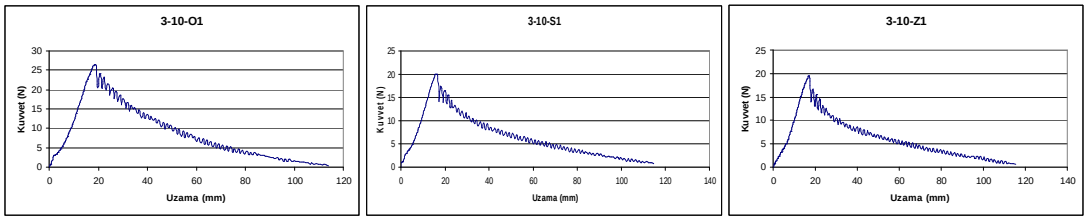


Şekil 4.9. Twaron™ CT 716 kumaşın çözgü yönünde 5 cm test mesafesindeki 2 ve 3'lü iplik çekmelerinin kuvvet-uzama grafikleri.

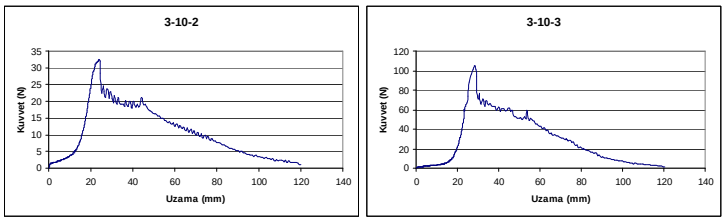
CT716 kodlu para-aramid sıkı kumaştan tekli ve çoklu çekilen iplik dayanım ve krimpten dolayı iplik uzama değerleri Tablo 4.8 ve Şekil 4.10-4.11 da verilmiştir. Tablo ve şekillerden görüldüğü üzere tekli iplik çekim değerlerinin ilk iplikte yüksek bundan sonra gelen ardıl çekimlerde dramatik olarak düşük değer gösterdiği gözlenmiştir. Çoklu iplik çekimlerinde elde edilen iplik çekme kuvveti uç sayısı arttıkça tekli iplik çekim değeri ile kıyaslandığında son derece non lineer davranış sergilediği görülmüştür. Bu olay iplik çekimlerinin atışla meydana gelen mermi-lif etkileşimini açıklamada daha da kompleks hale getireceğinin göstergesi olarak yorumlanmıştır. Krimp düzelmesi açısından düşük çaplı değişimler tekli çekimlerde (9-6 mm) saptanırken kumaş hareket miktarı düşük aralıkta (11-3 mm) gözlenmiştir. Çoklu çekimlerde krimpten dolayı iplik uzaması daha düşük değer sergilerken (7-8 mm) kumaş hareketinde çok büyük değişim aralığı (16-21 mm) tespit edilmiştir. Bu kumaşın iplik çekimine gösterdiği kollektif tepki olarak yorumlanmıştır. Ayrıca 10 cm deki tekli ve çoklu iplik çekme değerleri 5 cm dekilerle kıyaslandığında iplik çekme ve krimpten dolayı iplik uzaması artmakta ancak kumaş hareket miktarında azalma eğilimi görülmektedir. Bu da anlaşılır bir davranıştır çünkü kumaş uzunluğu arttığında iplik setleri arsındaki kesişme sayıları artmakta bu da iplik çekme ve krimpten dolayı iplik uzamasının artmasına neden olmaktadır.

Tablo 4.8. Twaron™ CT 716 kumaşının 10 cm test mesafesinde çözgü yönünde iplik çekme test değerleri.

KUMAŞ KODU	Kumaş hareket miktarı (mm)	Krimpten dolayı iplik uzaması (mm)	İplik çekme kuvveti (N)	KUMAŞ KODU	Kumaş hareket miktarı (mm)	Krimpten dolayı iplik uzaması (mm)	İplik çekme kuvveti (N)
Ortadan yapılan iplik çekmeleri				Sağdan yapılan iplik çekmeleri			
3-10-O1	11	9	26,44	3-10-Z1	9	9	19,46
3-10-O2	4	7	3,22	3-10-Z2	3	7	3,22
3-10-O3	3	7	3,62	3-10-Z3	3	7	3,35
3-10-O4	0	6	2,14	3-10-Z4	1	6	2,01
3-10-O5	0	6	2,55	3-10-Z5	1	6	2,28
3-10-O6	0	6	2,41	3-10-Z6	0	6	1,74
3-10-O7	0	6	2,81	3-10-Z7	0	6	1,87
3-10-O8	0	6	2,68	3-10-Z8	0	6	1,61
3-10-O9	0	6	2,55	3-10-Z9	0	6	1,74
3-10-O10	0	6	2,55	3-10-Z10	0	6	1,61
Soldan yapılan iplik çekmeleri				Çok uçlu iplik çekme*			
3-10-S1	9	9	20,13	3-10-2	16	7	32,61
3-10-S2	3	7	3,22	3-10-3	19	8	106,60
3-10-S3	2	7	3,62	3-10-4	19	8	215,70
3-10-S4	2	6	2,68	3-10-5			735,80
3-10-S5	1	6	2,95	3-10-6			929,70
3-10-S6	0	6	2,55	3-10-7	29		1042,00
3-10-S7	0	6	2,68	3-10-8	21		1118,00
3-10-S8	0	6	2,41				
3-10-S9	0	6	2,55				
3-10-S10	0	6	2,14				
*1' den fazla iplik çekmelerinde en fazla 5 iplik çekildi. 6,7,8'li iplik çekiminde 5 iplik çekilebildi diğer iplikler kırıldı.							



Şekil 4.10. Twaron™ CT 716 kumaşın çözgü yönünde 10 cm test mesafesindeki ortadan, soldan ve sağdan yapılan ilk çekilen ipliklerin kuvvet-uzama grafikleri.

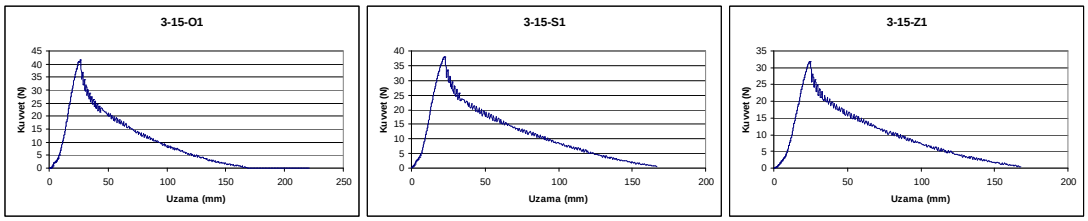


Şekil 4.11. Twaron™ CT 716 kumaşın çözgü yönünde 10 cm test mesafesindeki 2 ve 3'lü iplik çekmelerinin kuvvet-uzama grafikleri.

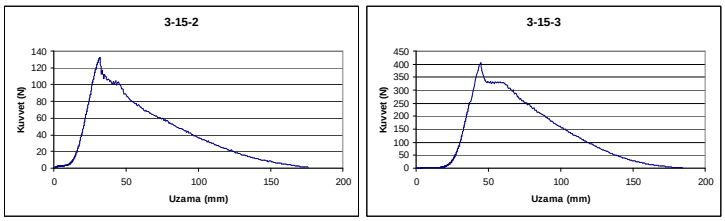
CT716 kodlu para-aramid sıkı kumaştan tekli ve çoklu çekilen iplik dayanım ve krimpten dolayı iplik uzama değerleri Tablo 4.9 ve Şekil 4.12-4.13 da verilmiştir. Tablo ve şekillerden görüldüğü üzere tekli iplik çekim değerlerinin ilk iplikte yüksek bundan sonra gelen ardıl çekimlerde dramatik olarak düşük değer gösterdiği gözlenmiştir. Çoklu iplik çekimlerinde elde edilen iplik çekme kuvveti uç sayısı arttıkça tekli iplik çekim değeri ile kıyaslandığında son derece non lineer davranış sergilediği görülmüştür. Bu olay iplik çekimlerinin atışla meydana gelen mermi-lif etkileşimini açıklamada daha da kompleks hale getireceğinin göstergesi olarak yorumlanmıştır. Krimp düzelmesi açısından düşük çaplı değişimler tekli çekimlerde (13-11 mm) saptanırken kumaş hareket miktarı düşük ve geniş bir aralıkta (10-1 mm) gözlenmiştir. Çoklu çekimlerde krimpten dolayı iplik uzamasında bir artış gözlenirken (15 mm), kumaş hareketinde çok büyük değişim aralığı (9-24 mm) tespit edilmiştir. Bu kumaşın iplik çekimine gösterdiği kollektif tepki olarak yorumlanmıştır. Ayrıca 15 cm deki tekli ve çoklu iplik çekme değerleri 10 cm dekilerle kıyaslandığında iplik çekme ve krimpten dolayı iplik uzaması artmakta ancak kumaş hareket miktarında azalma eğilimi görülmektedir. Bu da anlaşılır bir davranıştır çünkü kumaş uzunluğu arttığında iplik setleri arsındaki kesişme sayıları artmakta bu da iplik çekme ve krimpten dolayı iplik uzamasının artmasına neden olmaktadır.

Tablo 4.9. Twaron™ CT 716 kumaşının 15 cm test mesafesinde çözgü yönünde iplik çekme test değerleri.

KUMAŞ KODU	Kumaş hareket miktarı (mm)	Krimpten dolayı iplik uzaması (mm)	İplik çekme kuvveti (N)	KUMAŞ KODU	Kumaş hareket miktarı (mm)	Krimpten dolayı iplik uzaması (mm)	İplik çekme kuvveti (N)
Ortadan yapılan iplik çekmeleri				Sağdan yapılan iplik çekmeleri			
3-15-O1	10	13	41,61	3-15-Z1	10	14	31,94
3-15-O2	6	11	5,63	3-15-Z2	6	11	4,83
3-15-O3	4	11	5,50	3-15-Z3	5	11	4,83
3-15-O4	3	11	2,28	3-15-Z4	4	11	3,35
3-15-O5	2	11	2,68	3-15-Z5	3	11	2,28
3-15-O6	2	11	1,87	3-15-Z6	3	11	1,47
3-15-O7	2	11	1,74	3-15-Z7	2	11	1,61
3-15-O8	2	11	1,87	3-15-Z8	2	11	1,47
3-15-O9	1	11	1,47	3-15-Z9	1	11	1,16
3-15-O10	1	11	1,61	3-15-Z10	1	11	1,74
Soldan yapılan iplik çekmeleri				Çok uçlu iplik çekme*			
3-15-S1	10	13	37,85	3-15-2	9	15	132,10
3-15-S2	6	11	5,77	3-15-3	18	15	406,30
3-15-S3	4	11	5,50	3-15-4		15	612,10
3-15-S4	3	11	2,95	3-15-5	20		773,20
3-15-S5	2	11	2,81	3-15-6	24		856,60
3-15-S6	2	11	2,41				
3-15-S7	2	11	2,01				
3-15-S8	2	11	1,47				
3-15-S9	1	11	2,95				
3-15-S10	1	11	1,74				
*1' den fazla iplik çekmelerinde en fazla 3 iplik çekildi. 4, 5, 6'lı iplik çekiminde 3 iplik çekilebildi diğer iplikler kırıldı.							



Şekil 4.12. Twaron™ CT 716 kumaşın çözgü yönünde 15 cm test mesafesindeki ortadan, soldan ve sağdan yapılan ilk çekilen ipliklerin kuvvet-uzama grafikleri.

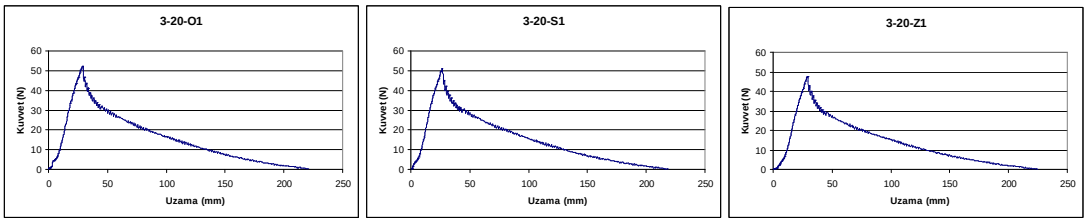


Şekil 4.13. Twaron™ CT 716 kumaşın çözgü yönünde 15 cm test mesafesindeki 2 ve 3'lü iplik çekmelerinin kuvvet-uzama grafikleri.

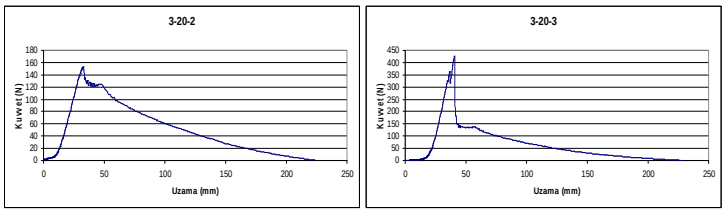
CT716 kodlu para-aramid sıkı kumaştan tekli ve çoklu çekilen iplik dayanım ve krimpten dolayı iplik uzama değerleri Tablo 4.10 ve Şekil 4.14-4.15 da verilmiştir. Tablo ve şekillerden görüldüğü üzere tekli iplik çekim değerlerinin ilk iplikte yüksek bundan sonra gelen ardıl çekimlerde dramatik olarak düşük değer gösterdiği gözlenmiştir. Çoklu iplik çekimlerinde elde edilen iplik çekme kuvveti uç sayısı arttıkça tekli iplik çekim değeri ile kıyaslandığında son derece non lineer davranış sergilediği görülmüştür. Bu olay iplik çekimlerinin atışla meydana gelen mermi-lif etkileşimini açıklamada daha da kompleks hale getireceğinin göstergesi olarak yorumlanmıştır. Krimp düzelmesi açısından düşük çaplı değişimler tekli çekimlerde (17-13 mm) saptanırken kumaş hareket miktarı düşük ve geniş bir aralıkta (10-0 mm) gözlenmiştir. Çoklu çekimlerde krimpten dolayı iplik uzamasında ve değişim aralığında bir artış gözlenirken (20-4 mm), kumaş hareketinde daha düşük değişim aralığı (12-17 mm) tespit edilmiştir. Bu kumaşın iplik çekimine gösterdiği kollektif tepki olarak yorumlanmıştır. Ayrıca 20 cm deki tekli ve çoklu iplik çekme değerleri 15 cm dekilerle kıyaslandığında iplik çekme ve krimpten dolayı iplik uzaması artmakta ancak kumaş hareket miktarında bir değişim görülmemiştir. Bu da anlaşılır bir davranıştır çünkü kumaş uzunluğu arttığında iplik setleri arsındaki kesişme sayıları artmakta bu da iplik çekme ve krimpten dolayı iplik uzamasının artmasına neden olmaktadır.

Tablo 4.10. Twaron™ CT 716 kumaşının 20 cm test mesafesinde çözgü yönünde iplik çekme test değerleri.

KUMAŞ KODU	Kumaş hareket miktarı (mm)	Krimpten dolayı iplik uzaması (mm)	İplik çekme kuvveti (N)	KUMAŞ KODU	Kumaş hareket miktarı (mm)	Krimpten dolayı iplik uzaması (mm)	İplik çekme kuvveti (N)
Ortadan yapılan iplik çekmeleri				Sağdan yapılan iplik çekmeleri			
3-20-O1	10	17	52,34	3-20-Z1	9	17	47,65
3-20-O2	5	15	6,84	3-20-Z2	5	15	6,44
3-20-O3	5	15	6,30	3-20-Z3	5	14	6,30
3-20-O4	2	15	2,81	3-20-Z4	2	13	2,68
3-20-O5	1	14	2,81	3-20-Z5	2	13	2,95
3-20-O6	1	14	2,28	3-20-Z6	1	13	1,87
3-20-O7	1	13	2,55	3-20-Z7	1	13	2,01
3-20-O8	1	13	2,14	3-20-Z8	1	13	1,87
3-20-O9	1	13	2,14	3-20-Z9	1	12	2,01
3-20-O10	0	13	1,87	3-20-Z10	0	12	2,01
Soldan yapılan iplik çekmeleri				Çok uçlu iplik çekme*			
3-20-S1	9	17	51,14	3-20-2	12	18	152,30
3-20-S2	5	14	6,44	3-20-3	15	20	425,50
3-20-S3	4	14	6,17	3-20-4	17	10	603,00
3-20-S4	1	14	2,55	3-20-5	15	4	792,20
3-20-S5	1	13	3,22				
3-20-S6	1	13	3,62				
3-20-S7	1	13	2,14				
3-20-S8	1	13	2,01				
3-20-S9	1	13	2,01				
3-20-S10	0	13	1,74				
*1' den fazla iplik çekmelerinde en fazla 2 iplik çekildi. 3,4,5'li iplik çekiminde 2 iplik çekilebildi diğer iplikler kırıldı.							



Şekil 4.14. Twaron™ CT 716 kumaşın çözgü yönünde 20 cm test mesafesindeki ortadan, soldan ve sağdan yapılan ilk çekilen ipliklerin kuvvet-uzama grafikleri.

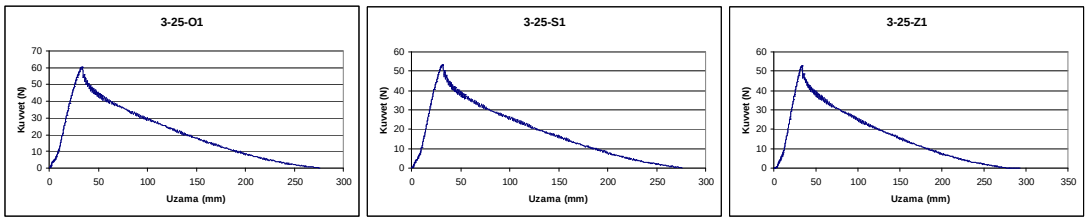


Şekil 4.15. Twaron™ CT 716 kumaşın çözgü yönünde 20 cm test mesafesindeki 2 ve 3'lü iplik çekmelerinin kuvvet-uzama grafikleri.

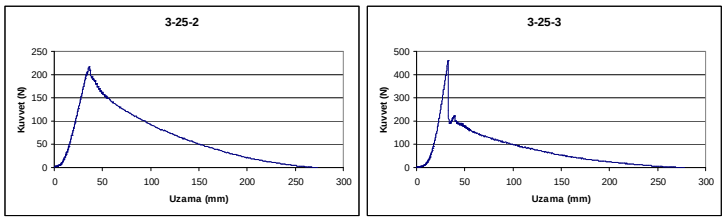
CT716 kodlu para-aramid sıkı kumaştan tekli ve çoklu çekilen iplik dayanım ve krimpten dolayı iplik uzama değerleri Tablo 4.11 ve Şekil 4.16-4.17 da verilmiştir. Tablo ve şekillerden görüldüğü üzere tekli iplik çekim değerlerinin ilk iplikte yüksek bundan sonra gelen ardıl çekimlerde dramatik olarak düşük değer gösterdiği gözlenmiştir. Çoklu iplik çekimlerinde elde edilen iplik çekme kuvveti uç sayısı arttıkça tekli iplik çekim değeri ile kıyaslandığında son derece non lineer davranış sergilediği görülmüştür. Bu olay iplik çekimlerinin atışla meydana gelen mermi-lif etkileşimini açıklamada daha da kompleks hale getireceğinin göstergesi olarak yorumlanmıştır. Krimp düzelmesi açısından düşük aralıklı değişimler tekli çekimlerde artarak (22-17 mm) saptanırken kumaş hareket miktarı düşük ve geniş bir aralıkta (10-0 mm) gözlenmiştir. Çoklu çekimlerde ikili çekimin dışında iplik kırılmaları kendisini göstermiştir. Bu kumaşın iplik çekimine gösterdiği kollektif tepki olarak yorumlanmıştır ve kumaş uzunluğu arttıkça çoklu iplik çekimlerine direncinde arttığı kendisini göstermiştir. Ayrıca 25 cm deki tekli ve çoklu iplik çekme değerleri 20 cm dekilerle kıyaslandığında iplik çekme ve krimpten dolayı iplik uzaması artmakta ancak kumaş hareket miktarında sabit bir değişim gözlenmiştir. Bu da anlaşılır bir davranıştır çünkü kumaş uzunluğu arttığında iplik setleri arsındaki kesişme sayıları artmakta bu da iplik çekme ve krimpten dolayı iplik uzamasının artmasına neden olmaktadır.

Tablo 4.11. Twaron™ CT 716 kumaşının 25 cm test mesafesinde çözgü yönünde iplik çekme test değerleri.

KUMAŞ KODU	Kumaş hareket miktarı (mm)	Krimpten dolayı iplik uzaması (mm)	İplik çekme kuvveti (N)	KUMAŞ KODU	Kumaş hareket miktarı (mm)	Krimpten dolayı iplik uzaması (mm)	İplik Çekme Kuvveti (N)
Ortadan yapılan iplik çekmeleri				Sağdan yapılan iplik çekmeleri			
3-25-O1	10	22	60,40	3-25-Z1	9	21	52,61
3-25-O2	6	18	8,32	3-25-Z2	5	18	6,84
3-25-O3	5	17	7,78	3-25-Z3	4	18	6,97
3-25-O4	2	17	2,55	3-25-Z4	2	17	2,68
3-25-O5	1	17	3,08	3-25-Z5	1	17	2,68
3-25-O6	0	17	1,87	3-25-Z6	1	16	1,87
3-25-O7	0	17	2,14	3-25-Z7	1	16	1,74
3-25-O8	0	17	1,87	3-25-Z8	0	16	1,61
3-25-O9	0	17	2,01	3-25-Z9	0	16	1,61
3-25-O10	0	17	1,87	3-25-Z10	0	16	1,61
Soldan yapılan iplik çekmeleri				Çok uçlu iplik çekme*			
3-25-S1	9	21	53,28	3-25-2	13		216,40
3-25-S2	5	18	6,84	3-25-3	13		460,10
3-25-S3	4	17	7,38	3-25-4			594,40
3-25-S4	2	17	2,28				
3-25-S5	1	17	2,14				
3-25-S6	1	17	1,34				
3-25-S7	1	17	1,47				
3-25-S8	0	17	1,07				
3-25-S9	0	16	0,93				
3-25-S10	0	16	0,93				
*1' den fazla iplik çekmelerinde en fazla 2 iplik çekildi. 3,4'lü iplik çekiminde 2 iplik çekilebildi diğer iplikler kırıldı.							



Şekil 4.16. Twaron™ CT 716 kumaşın çözgü yönünde 25 cm test mesafesindeki ortadan, soldan ve sağdan yapılan ilk çekilen ipliklerin kuvvet-uzama grafikleri.

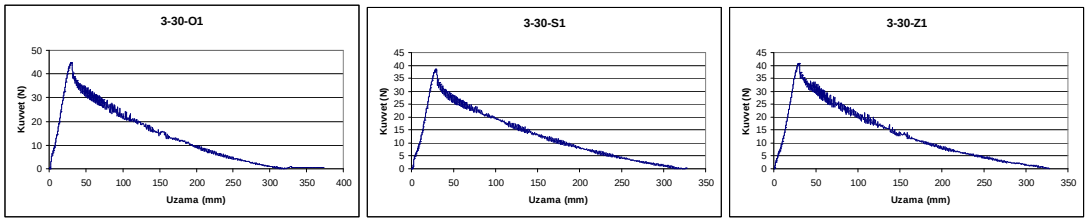


Şekil 4.17. Twaron™ CT 716 kumaşın çözgü yönünde 25 cm test mesafesindeki 2 ve 3'lü iplik çekmelerinin kuvvet-uzama grafikleri.

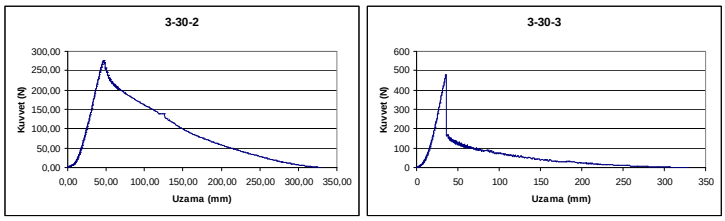
CT716 kodlu para-aramid sıkı kumaştan tekli ve çoklu çekilen iplik dayanım ve krimpten dolayı iplik uzama değerleri Tablo 4.12 ve Şekil 4.18-4.19 da verilmiştir. Tablo ve şekillerden görüldüğü üzere tekli iplik çekim değerlerinin ilk iplikte yüksek bundan sonra gelen ardıl çekimlerde dramatik olarak düşük değer gösterdiği gözlenmiştir. Çoklu iplik çekimlerinde elde edilen iplik çekme kuvveti uç sayısı arttıkça tekli iplik çekim değeri ile kıyaslandığında son derece non lineer davranış sergilediği görülmüştür. Bu olay iplik çekimlerinin atışla meydana gelen mermi-lif etkileşimini açıklamada daha da kompleks hale getireceğinin göstergesi olarak yorumlanmıştır. Krimp düzelmesi açısından düşük aralıklı değişimler tekli çekimlerde artarak (21-16 mm) saptanırken kumaş hareket miktarı düşük ve geniş bir aralıkta (10-0 mm) gözlenmiştir. Çoklu çekimlerde ikili çekimin dışında iplik kırılmaları kendisini göstermiştir. Bu kumaşın iplik çekimine gösterdiği kollektif tepki olarak yorumlanmıştır ve kumaş uzunluğu arttıkça çoklu iplik çekimlerine direncinde arttığı kendisini göstermiştir. Ayrıca 30 cm deki tekli ve çoklu iplik çekme değerleri 25 cm dekilerle kıyaslandığında iplik çekme ve krimpten dolayı iplik uzaması artmakta ancak kumaş hareket miktarında sabit bir değişim gözlenmiştir. Bu da anlaşılır bir davranıştır çünkü kumaş uzunluğu arttığında iplik setleri arsındaki kesişme sayıları artmakta bu da iplik çekme ve krimpten dolayı iplik uzamasının artmasına neden olmaktadır.

Tablo 4.12. Twaron™ CT 716 kumaşının 30 cm test mesafesinde çözgü yönünde iplik çekme test değerleri.

KUMAŞ KODU	Kumaş hareket miktarı (mm)	Krimpten dolayı iplik uzaması (mm)	İplik çekme kuvveti (N)	KUMAŞ KODU	Kumaş hareket miktarı (mm)	Krimpten dolayı iplik uzaması (mm)	İplik çekme kuvveti (N)
Ortadan yapılan iplik çekmeleri				Sağdan yapılan iplik çekmeleri			
3-30-O1	10	23	44,69	3-30-Z1	9	20	40,80
3-30-O2	2	18	4,69	3-30-Z2	2	17	5,63
3-30-O3	2	18	5,23	3-30-Z3	2	17	6,17
3-30-O4	0	17	2,01	3-30-Z4	0	16	2,55
3-30-O5	0	17	1,82	3-30-Z5	0	16	2,68
3-30-O6	0	16	1,34	3-30-Z6	0	16	1,47
3-30-O7	0	16	1,34	3-30-Z7	0	16	1,61
3-30-O8	0	16	0,93	3-30-Z8	0	16	1,34
3-30-O9	0	16	1,47	3-30-Z9	0	16	1,34
3-30-O10	0	16	1,34	3-30-Z10	0	16	1,20
Soldan yapılan iplik çekmeleri				Çok uçlu iplik çekme*			
3-30-S1	9	20	38,38	3-30-2	14	30	275,70
3-30-S2	2	18	5,10	3-30-3	15	24	480,30
3-30-S3	2	17	5,23				
3-30-S4	0	17	2,14				
3-30-S5	0	17	2,95				
3-30-S6	0	16	1,74				
3-30-S7	0	16	1,74				
3-30-S8	0	16	1,47				
3-30-S9	0	16	1,74				
3-30-S10	0	16	1,47				
*1' den fazla iplik çekmelerinde en fazla 2 iplik çekildi. 3'lü iplik çekiminde 2 iplik çekilebildi diğer iplik kırıldı.							



Şekil 4.18. Twaron™ CT 716 kumaşın çözgü yönünde 30 cm test mesafesindeki ortadan, soldan ve sağdan yapılan ilk çekilen ipliklerin kuvvet-uzama grafikleri.

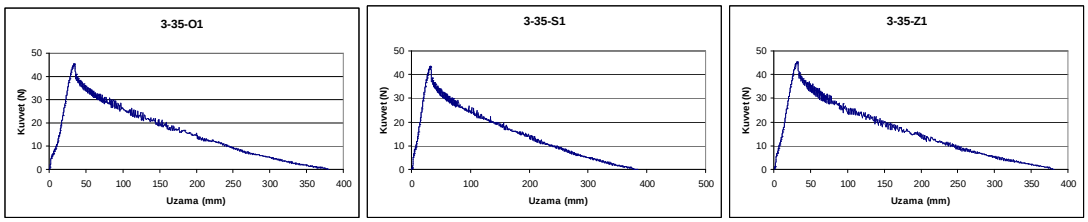


Şekil 4.19. Twaron™ CT 716 kumaşın çözgü yönünde 30 cm test mesafesindeki 2 ve 3'lü iplik çekmelerinin kuvvet-uzama grafikleri.

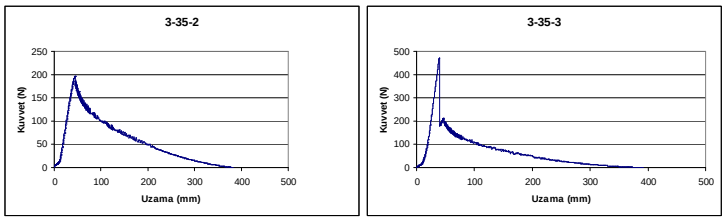
CT716 kodlu para-aramid sıkı kumaştan tekli ve çoklu çekilen iplik dayanım ve krimpten dolayı iplik uzama değerleri Tablo 4.13 ve Şekil 4.20-4.21 da verilmiştir. Tablo ve şekillerden görüldüğü üzere tekli iplik çekim değerlerinin ilk iplikte yüksek bundan sonra gelen ardıl çekimlerde dramatik olarak düşük değer gösterdiği gözlenmiştir. Çoklu iplik çekimlerinde elde edilen iplik çekme kuvveti uç sayısı arttıkça tekli iplik çekim değeri ile kıyaslandığında son derece non lineer davranış sergilediği görülmüştür. Bu olay iplik çekimlerinin atışla meydana gelen mermi-lif etkileşimini açıklamada daha da kompleks hale getireceğinin göstergesi olarak yorumlanmıştır. Krimp düzelmesi açısından düşük aralıklı değişimler tekli çekimlerde artarak (25-19 mm) saptanırken kumaş hareket miktarı düşük ve geniş bir aralıkta (10-0 mm) gözlenmiştir. Çoklu çekimlerde ikili çekimin dışında iplik kırılmaları kendisini göstermiştir. Bu kumaşın iplik çekimine gösterdiği kollektif tepki olarak yorumlanmıştır ve kumaş uzunluğu arttıkça çoklu iplik çekimlerine direncinde arttığı kendisini göstermiştir. Ayrıca 35 cm deki tekli ve çoklu iplik çekme değerleri 30 cm dekilerle kıyaslandığında iplik çekme ve krimpten dolayı iplik uzaması az da olsa artmakta ancak kumaş hareket miktarında sabit bir değişim gözlenmiştir. Bu da anlaşılır bir davranıştır çünkü kumaş uzunluğu arttığında iplik setleri arsındaki kesişme sayıları artmakta bu da iplik çekme ve krimpten dolayı iplik uzamasının artmasına neden olmaktadır.

Tablo 4.13. Twaron™ CT 716 kumaşının 35 cm test mesafesinde çözgü yönünde iplik çekme test değerleri.

KUMAŞ KODU	Kumaş hareket miktarı (mm)	Krimpten dolayı iplik uzaması (mm)	İplik çekme kuvveti (N)	KUMAŞ KODU	Kumaş hareket miktarı (mm)	Krimpten dolayı iplik uzaması (mm)	İplik çekme kuvveti (N)
Ortadan yapılan iplik çekmeleri				Sağdan yapılan iplik çekmeleri			
3-35-O1	10	25	45,23	3-35-Z1	8	25	45,23
3-35-O2	2	21	5,63	3-35-Z2	2	21	5,9
3-35-O3	1	21	5,9	3-35-Z3	1	19	6,04
3-35-O4	0	21	2,14	3-35-Z4	0	19	2,14
3-35-O5	0	21	3,22	3-35-Z5	0	18	3,08
3-35-O6	0	19	1,61	3-35-Z6	0	18	1,61
3-35-O7	0	19	1,61	3-35-Z7	0	18	1,74
3-35-O8	0	19	1,47	3-35-Z8	0	18	1,34
3-35-O9	0	19	1,74	3-35-Z9	0	18	1,47
3-35-O10	0	19	1,47	3-35-Z10	0	18	1,2
Soldan yapılan iplik çekmeleri				Çok uçlu iplik çekme*			
3-35-S1	8	25	43,35	3-35-2	14	28	196,5
3-35-S2	2	21	5,5	3-35-3	17	28	471,4
3-35-S3	1	21	5,77				
3-35-S4	0	20	1,34				
3-35-S5	0	19	1,37				
3-35-S6	0	19	1,47				
3-35-S7	0	18	1,74				
3-35-S8	0	18	1,47				
3-35-S9	0	18	2,14				
3-35-S10	0	18	1,47				
*1' den fazla iplik çekmelerinde en fazla 2 iplik çekildi. 3'lü iplik çekiminde 2 iplik çekilebildi diğer iplik kırıldı.							



Şekil 4.20. Twaron™ CT 716 kumaşın çözgü yönünde 35 cm test mesafesindeki ortadan, soldan ve sağdan yapılan ilk çekilen ipliklerin kuvvet-uzama grafikleri.



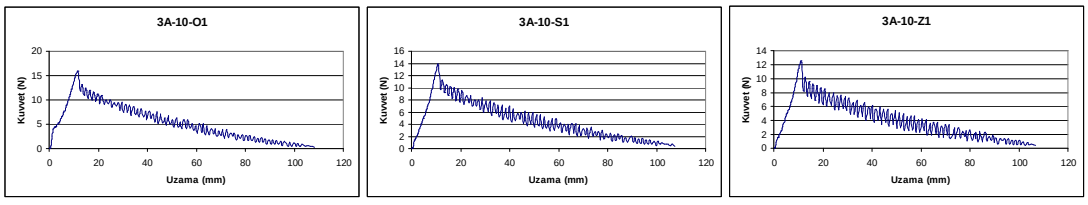
Şekil 4.21. Twaron™ CT 716 kumaşın çözgü yönünde 35 cm test mesafesindeki 2 ve 3'lü iplik çekmelerinin kuvvet-uzama grafikleri.

4.4.2. Twaron CT 716 Kumaşın Atkı Yönünde Yapılan İplik Çekme Testi Değerleri

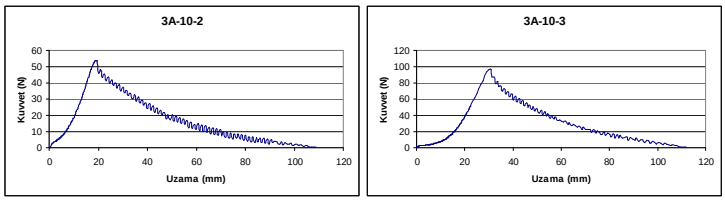
CT716 kodlu para-aramid sıkı kumaştan atkı yönüne tekli ve çoklu çekilen iplik dayanım ve krimpten dolayı iplik uzama değerleri Tablo 4.14 ve Şekil 4.22-4.23 da verilmiştir. Tablo ve şekillerden görüldüğü üzere tekli iplik çekim değerlerinin ilk iplikte yüksek bundan sonra gelen ardıl çekimlerde dramatik olarak düşük değer gösterdiği gözlenmiştir. Çoklu iplik çekimlerinde elde edilen iplik çekme kuvveti uç sayısı arttıkça tekli iplik çekim değeri ile kıyaslandığında son derece non lineer davranış sergilediği görülmüştür. Bu olay iplik çekimlerinin atışla meydana gelen mermi-lif etkileşimini açıklamada daha da kompleks hale getireceğinin göstergesi olarak yorumlanmıştır. Krimp düzelmesi açısından düşük çaplı değişimler tekli çekimlerde (2-3 mm) saptanırken kumaş hareket miktarı düşük aralıkta (8-1 mm) gözlenmiştir. Çoklu çekimlerde krimpten dolayı iplik uzaması düşük ve dar bir aralıkta gerçekleşirken (3-6 mm) kumaş hareketinde çok büyük değişim aralığı (13-50 mm) tespit edilmiştir. Bu kumaşın iplik çekimine gösterdiği kollektif tepki olarak yorumlanmıştır. Ayrıca atkı yönündeki iplik çekim değerleri ile krimpten dolayı uzama çözgü yönündekilerle paralellik göstermektedir.

Tablo 4.14. Twaron™ CT 716 kumaşının 10 cm test mesafesinde atkı yönünde iplik çekme test değerleri.

KUMAŞ KODU	Kumaş hareket miktarı (mm)	Krimpten dolayı iplik uzaması (mm)	İplik çekme kuvveti (N)	KUMAŞ KODU	Kumaş hareket miktarı (mm)	Krimpten dolayı iplik uzaması (mm)	İplik çekme kuvveti (N)
Ortadan yapılan iplik çekmeleri				Sağdan yapılan iplik çekmeleri			
3A-10-O1	8	3	15,83	3A-10-Z1	7	3	12,61
3A-10-O2	2	3	3,08	3A-10-Z2	3	2	3,08
3A-10-O3	2	2	3,48	3A-10-Z3	3	2	3,48
3A-10-O4	2	2	2,55	3A-10-Z4	3	2	2,55
3A-10-O5	2	2	3,22	3A-10-Z5	3	2	3,22
3A-10-O6	1	2	2,41	3A-10-Z6	2	2	2,41
3A-10-O7	1	2	3,08	3A-10-Z7	2	2	2,95
3A-10-O8	1	2	2,41	3A-10-Z8	2	2	2,41
3A-10-O9	1	2	2,81	3A-10-Z9	2	2	2,95
3A-10-O10	1	2	2,28	3A-10-Z10	2	2	2,14
Soldan yapılan iplik çekmeleri				Çok uçlu iplik çekme*			
3A-10-S1	7	3	13,95	3A-10-2	13	3	53,83
3A-10-S2	2	2	3,22	3A-10-3	26	4	97,44
3A-10-S3	2	2	3,48	3A-10-4	33	6	206,60
3A-10-S4	2	2	2,55	3A-10-5	39	9	386,80
3A-10-S5	2	2	3,08	3A-10-6	42	5	687,00
3A-10-S6	2	2	2,55	3A-10-7	50	6	1037,00
3A-10-S7	2	2	2,95				
3A-10-S8	2	2	2,41				
3A-10-S9	2	2	2,81				
3A-10-S10	2	2	2,28				
*1' den fazla iplik çekmelerinde en fazla 6 iplik çekildi. 7'li iplik çekiminde 5 iplik çekilebildi diğer iplikler kırıldı.							



Şekil 4.22. Twaron™ CT 716 kumaşın atkı yönünde 10 cm test mesafesindeki ortadan, soldan ve sağdan yapılan ilk çekilen ipliklerin kuvvet-uzama grafikleri.

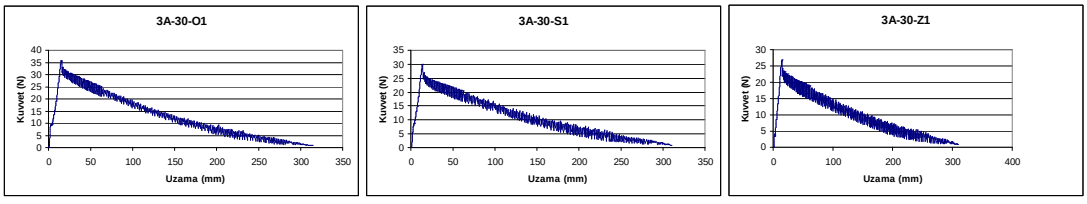


Şekil 4.23. Twaron™ CT 716 kumaşın atkı yönünde 10 cm test mesafesindeki 2 ve 3'lü iplik çekmelerinin kuvvet-uzama grafikleri.

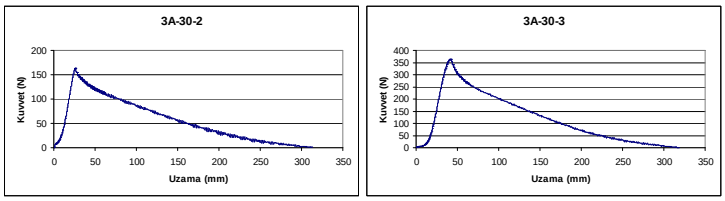
CT716 kodlu para-aramid sıkı kumaştan atkı yönüne tekli ve çoklu çekilen iplik dayanım ve krimpten dolayı iplik uzama değerleri Tablo 4.15 ve Şekil 4.24-4.25 da verilmiştir. Tablo ve şekillerden görüldüğü üzere tekli iplik çekim değerlerinin ilk iplikte yüksek bundan sonra gelen ardıl çekimlerde dramatik olarak düşük değer gösterdiği gözlenmiştir. Çoklu iplik çekimlerinde elde edilen iplik çekme kuvveti uç sayısı arttıkça tekli iplik çekim değeri ile kıyaslandığında son derece non lineer davranış sergilediği görülmüştür. Bu olay iplik çekimlerinin atışla meydana gelen mermi-lif etkileşimini açıklamada daha da kompleks hale getireceğinin göstergesi olarak yorumlanmıştır. Krimp düzelmesi açısından düşük çaplı değişimler tekli çekimlerde (6-4 mm) saptanırken kumaş hareket miktarı düşük aralıkta (8-1 mm) gözlenmiştir. Çoklu çekimlerde krimpten dolayı iplik uzaması bir derece yüksek ve geniş bir aralıkta gerçekleşirken (7-18 mm) kumaş hareketinde geniş bir değişim aralığı (16-30 mm) tespit edilmiştir. Bu kumaşın iplik çekimine gösterdiği kollektif tepki olarak yorumlanmıştır. Ayrıca 30 cm deki tekli ve çoklu iplik çekme değerleri 10 cm dekilerle kıyaslandığında iplik çekme ve krimpten dolayı iplik uzamasında büyük artışlar ancak kumaş hareket miktarında sabit bir değişim gözlenmiştir. Bu da anlaşılır bir davranıştır çünkü kumaş uzunluğu arttığında iplik setleri arsındaki kesişme sayıları artmakta bu da iplik çekme ve krimpten dolayı iplik uzamasının artmasına neden olmaktadır. Yine atkı yönündeki iplik çekim değerleri ile krimpten dolayı uzama değerleri çözgü yönündekilerle paralellik göstermektedir.

Tablo 4.15. Twaron™ CT 716 kumaşının 30 cm test mesafesinde atkı yönünde iplik çekme test değerleri.

KUMAŞ KODU	Kumaş hareket miktarı (mm)	Krimpten dolayı iplik uzaması (mm)	İplik çekme kuvveti (N)	KUMAŞ KODU	Kumaş hareket miktarı (mm)	Krimpten dolayı iplik uzaması (mm)	İplik çekme kuvveti (N)
Ortadan yapılan iplik çekmeleri				Sağdan yapılan iplik çekmeleri			
3A-30-O1	8	6	35,70	3A-30-Z1	8	6	26,84
3A-30-O2	3	5	6,30	3A-30-Z2	4	4	6,04
3A-30-O3	2	4	6,17	3A-30-Z3	3	4	6,44
3A-30-O4	1	4	5,63	3A-30-Z4	2	4	4,96
3A-30-O5	1	4	5,77	3A-30-Z5	2	4	5,23
3A-30-O6	1	4	5,50	3A-30-Z6	2	4	4,56
3A-30-O7	1	4	5,23	3A-30-Z7	2	4	5,63
3A-30-O8	1	4	5,77	3A-30-Z8	1	4	4,02
3A-30-O9	1	4	4,96	3A-30-Z9	1	4	5,90
3A-30O10	1	4	5,77	3A-30Z10	1	4	4,16
Soldan yapılan iplik çekmeleri				Çok uçlu iplik çekme*			
3A-30-S1	8	7	30,20	3A-30-2	16	7	164,20
3A-30-S2	3	4	6,17	3A-30-3	25	12	363,50
3A-30-S3	2	4	6,30	3A-30-4	30	18	666,60
3A-30-S4	2	4	4,69				
3A-30-S5	2	4	5,36				
3A-30-S6	2	4	4,69				
3A-30-S7	2	4	5,90				
3A-30-S8	1	4	4,29				
3A-30-S9	1	4	5,90				
3A-30S10	1	4	4,16				
*1' den fazla iplik çekmelerinde en fazla 3 iplik çekildi. 4'lü iplik çekiminde 3 iplik çekilebildi diğer iplik kırıldı.							



Şekil 4.24. Twaron™ CT 716 kumaşın atkı yönünde 30 cm test mesafesindeki ortadan, soldan ve sağdan yapılan ilk çekilen ipliklerin kuvvet-uzama grafikleri.



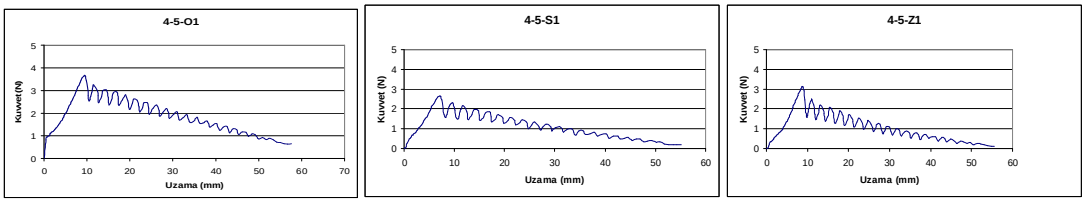
Şekil 4.25. Twaron™ CT 716 kumaşın atkı yönünde 30 cm test mesafesindeki 2 ve 3'lü iplik çekmelerinin kuvvet-uzama grafikleri.

4.4.3. Twaron™ CT 714 Kumaşın Çözgü Yönünde Yapılan İplik Çekme Testi Değerleri

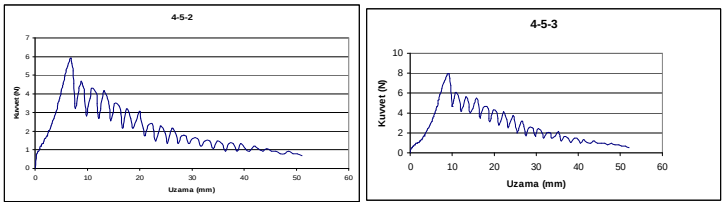
CT714 kodlu para-aramid seyrek kumaştan tekli ve çoklu çekilen iplik dayanım ve krimpten dolayı iplik uzama değerleri Tablo 4.16 ve Şekil 4.26-4.27 da verilmiştir. Tablo ve şekillerden görüldüğü üzere tekli iplik çekim değerlerinin ilk iplikte yüksek bundan sonra gelen ardıl çekimlerde dramatik olarak düşük değer gösterdiği gözlenmiştir. Çoklu iplik çekimlerinde elde edilen iplik çekme kuvveti uç sayısı arttıkça tekli iplik çekim değeri ile kıyaslandığında son derece non lineer davranış sergilediği görülmüştür. Bu olay iplik çekimlerinin atışla meydana gelen mermi-lif etkileşimini açıklamada daha da kompleks hale getireceğinin göstergesi olarak yorumlanmıştır. Krimpden dolayı uzama açısından düşük çaplı değişimler tekli çekimlerde (4-2 mm) saptanırken kumaş hareket miktarı düşük aralıkta (5-1 mm) gözlenmiştir. Çoklu çekimlerde krimpten dolayı iplik uzaması daha düşük değer sergilerken (3-0 mm) kumaş hareketinde çok büyük değişim aralığı (6-20 mm) tespit edilmiştir. Bu kumaşın iplik çekimine gösterdiği kollektif tepki olarak yorumlanmıştır. Ayrıca iplik çekme ve krimpten dolayı uzama değerleri seyrek kumaşta sıkı kumaşa kıyasla daha düşük değerlerde gerçekleştiği anlaşılmıştır.

Tablo 4.16. Twaron™ CT 714 kumaşının 5 cm test mesafesinde çözgü yönünde iplik çekme test değerleri.

KUMAŞ KODU	Kumaş hareket miktarı (mm)	Krimpten dolayı iplik uzaması (mm)	İplik çekme kuvveti (N)	KUMAŞ KODU	Kumaş hareket miktarı (mm)	Krimpten dolayı iplik uzaması (mm)	İplik çekme kuvveti (N)
Ortadan yapılan iplik çekmeleri				Sağdan yapılan iplik çekmeleri			
4-5-O1	5	4	3,68	4-5-Z1	6	3	3,14
4-5-O2	2	3	0,92	4-5-Z2	3	3	1,02
4-5-O3	2	3	1,05	4-5-Z3	3	2	1,10
4-5-O4	2	2	0,82	4-5-Z4	2	2	0,76
4-5-O5	2	2	0,94	4-5-Z5	2	2	0,84
4-5-O6	2	2	0,88	4-5-Z6	2	2	0,72
4-5-O7	1	2	0,90	4-5-Z7	2	2	0,79
4-5-O8	1	2	0,96	4-5-Z8	2	2	0,76
4-5-O9	1	2	0,98	4-5-Z9	1	2	0,76
4-5-O10	1	2	0,96	4-5-Z10	1	2	0,82
Soldan yapılan iplik çekmeleri				Çok uçlu iplik çekme*			
4-5-S1	5	3	2,65	4-5-2	6	3	5,90
4-5-S2	2	2	0,84	4-5-3	8	1	7,91
4-5-S3	2	2	0,89	4-5-4	9	2	11,00
4-5-S4	2	2	0,71	4-5-5	10	1	14,22
4-5-S5	2	2	0,82	4-5-6	12	1	17,31
4-5-S6	2	2	0,69	4-5-7	10	0	25,10
4-5-S7	1	2	0,79	4-5-8	16	2	30,33
4-5-S8	1	2	0,78	4-5-9	17	2	37,04
4-5-S9	1	2	0,78	4-5-10	17	2	47,78
4-5-S10	1	2	0,84	4-5-11	20	3	91,40
				4-5-12	20	3	89,26
*1' den fazla iplik çekilmelerinde bütün iplikler kumaştan çekilebildi.							



Şekil 4.26. Twaron™ CT 714 kumaşın çözgü yönünde 5 cm test mesafesindeki ortadan, soldan ve sağdan yapılan ilk çekilen ipliklerin kuvvet-uzama grafikleri.



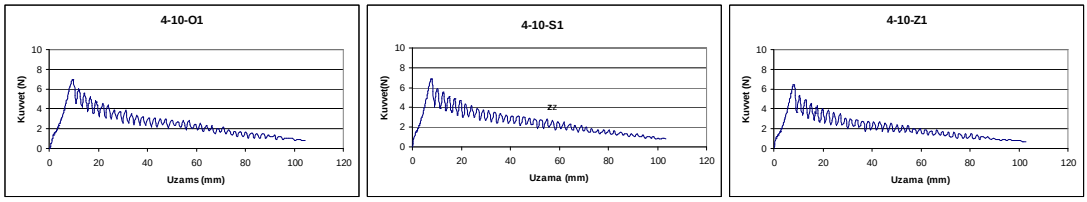
Şekil 4.27. Twaron™ CT 714 kumaşın çözgü yönünde 5 cm test mesafesindeki 2 ve 3'lü iplik çekmelerinin kuvvet-uzama grafikleri.

CT714 kodlu para-aramid seyrek kumaştan tekli ve çoklu çekilen iplik dayanım ve krimpten dolayı iplik uzama değerleri Tablo 4.17 ve Şekil 4.28-4.29 da verilmiştir. Tablo ve şekillerden görüldüğü üzere tekli iplik çekim değerlerinin ilk iplikte yüksek bundan sonra gelen ardıl çekimlerde dramatik olarak düşük değer gösterdiği gözlenmiştir. Çoklu iplik çekimlerinde elde edilen iplik çekme kuvveti uç sayısı arttıkça tekli iplik çekim değeri ile kıyaslandığında son derece non lineer davranış sergilediği görülmüştür. Bu olay iplik çekimlerinin atışla meydana gelen mermi-lif etkileşimini açıklamada daha da kompleks hale getireceğinin göstergesi olarak yorumlanmıştır. Krimpden dolayı uzama açısından düşük çaplı değişimler tekli çekimlerde (5-2 mm) saptanırken kumaş hareket miktarı düşük aralıkta (4-1 mm) gözlenmiştir. Çoklu çekimlerde krimpten dolayı iplik uzaması daha düşük değer sergilerken (4-1 mm) kumaş hareketinde büyük bir değişim aralığı (15-23 mm) tespit edilmiştir. Bu kumaşın iplik çekimine gösterdiği kollektif tepki olarak yorumlanmıştır.

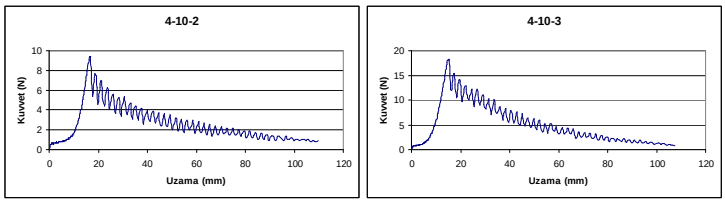
Ayrıca 10 cm deki tekli ve çoklu iplik çekme değerleri 5 cm dekilerle kıyaslandığında iplik çekme ve krimpten dolayı iplik uzamasında büyük artışlar ancak kumaş hareket miktarında daha düşük bir değişim gözlenmiştir. Bu da anlaşılır bir davranıştır çünkü kumaş uzunluğu arttığında iplik setleri arsındaki kesişme sayıları artmakta bu da iplik çekme ve krimpten dolayı iplik uzamasının artmasına neden olmaktadır. Yine iplik çekme ve krimpten dolayı uzama değerleri seyrek kumaşta sıkı kumaşa kıyasla daha düşük değerlerde gerçekleştiği anlaşılmıştır.

Tablo 4.17. Twaron™ CT 714 kumaşının10 cm test mesafesinde çözgü yönünde iplik çekme test değerleri.

KUMAŞ KODU	Kumaş hareket miktarı (mm)	Krimpten dolayı iplik uzaması (mm)	İplik çekme kuvveti (N)	KUMAŞ KODU	Kumaş hareket miktarı (mm)	Krimpten dolayı iplik uzaması (mm)	İplik çekme kuvveti (N)
Ortadan yapılan iplik çekmeleri				Sağdan yapılan iplik çekmeleri			
4-10-O1	4	5	7,11	4-10-Z1	5	3	6,44
4-10-O2	4	2	2,28	4-10-Z2	2	3	2,14
4-10-O3	2	3	2,55	4-10-Z3	2	3	2,28
4-10-O4	1	3	1,87	4-10-Z4	2	3	1,74
4-10-O5	2	3	2,01	4-10-Z5	2	3	1,87
4-10-O6	1	2	1,87	4-10-Z6	2	3	1,61
4-10-O7	2	3	2,01	4-10-Z7	2	3	1,74
4-10-O8	1	3	1,87	4-10-Z8	1	3	1,61
4-10-O9	2	3	2,14	4-10-Z9	2	3	1,87
4-10-O10	1	3	1,87	4-10-Z10	2	3	1,61
Soldan yapılan iplik çekmeleri				Çok uçlu iplik çekme*			
4-10-S1	5	4	6,84	4-10-2	15	4	9,39
4-10-S2	2	3	2,14	4-10-3	17	3	18,25
4-10-S3	1	4	2,14	4-10-4	18	3	34,36
4-10-S4	2	3	1,74	4-10-5	20	2	59,46
4-10-S5	1	3	1,87	4-10-6	20	2	90,45
4-10-S6	1	3	1,61	4-10-7	21	1	171,50
4-10-S7	1	3	1,61	4-10-8	21	2	200,10
4-10-S8	1	3	1,47	4-10-9	21	1	273,00
4-10-S9	1	3	1,61	4-10-10	22		363,90
4-10-S10	1	3	1,61	4-10-11	23		370,90
				4-10-12	20	1	366,80
*1' den fazla iplik çekilmelerinde bütün iplikler kumaştan çekilebildi.							



Şekil 4.28. Twaron™ CT 714 kumaşın çözgü yönünde 10 cm test mesafesindeki ortadan, soldan ve sağdan yapılan ilk çekilen ipliklerin kuvvet-uzama grafikleri.



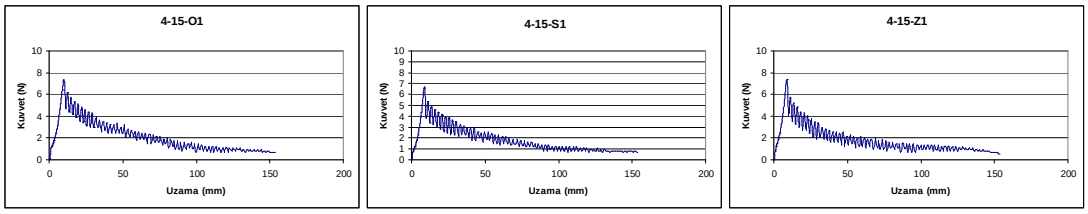
Şekil 4.29. Twaron™ CT 714 kumaşın çözgü yönünde 10 cm test mesafesindeki 2 ve 3'lü iplik çekmelerinin kuvvet-uzama grafikleri.

CT714 kodlu para-aramid seyrek kumaştan tekli ve çoklu çekilen iplik dayanım ve krimpten dolayı iplik uzama değerleri Tablo 4.18 ve Şekil 4.30-4.31 da verilmiştir. Tablo ve şekillerden görüldüğü üzere tekli iplik çekim değerlerinin ilk iplikte yüksek bundan sonra gelen ardıl çekimlerde dramatik olarak düşük değer gösterdiği gözlenmiştir. Çoklu iplik çekimlerinde elde edilen iplik çekme kuvveti uç sayısı arttıkça tekli iplik çekim değeri ile kıyaslandığında son derece non lineer davranış sergilediği görülmüştür. Bu olay iplik çekimlerinin atışla meydana gelen mermi-lif etkileşimini açıklamada daha da kompleks hale getireceğinin göstergesi olarak yorumlanmıştır. Krimpden dolayı uzama açısından düşük çaplı değişimler tekli çekimlerde (5-2 mm) saptanırken kumaş hareket miktarı düşük aralıkta (7-2 mm) gözlenmiştir. Çoklu çekimlerde krimpten dolayı iplik uzaması düşük değer sergilerken (5-0 mm) kumaş hareketinde büyük bir değişim aralığı (14-27 mm) tespit edilmiştir. Bu kumaşın iplik çekimine gösterdiği kollektif tepki olarak yorumlanmıştır.

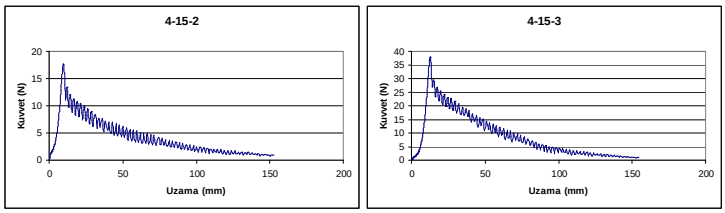
Ayrıca 15 cm deki tekli ve çoklu iplik çekme değerleri 10 cm dekilerle kıyaslandığında iplik çekme ve krimpten dolayı iplik uzamasında küçük bir artışlar ancak kumaş hareket miktarında daha düşük bir değişim gözlenmiştir. Bu da anlaşılır bir davranıştır çünkü kumaş uzunluğu arttığında iplik setleri arsındaki kesişme sayıları artmakta bu da iplik çekme ve krimpten dolayı iplik uzamasının artmasına neden olmaktadır. Yine iplik çekme ve krimpten dolayı uzama değerleri seyrek kumaşta sıkı kumaşa kıyasla daha düşük değerlerde gerçekleştiği anlaşılmıştır.

Tablo 4.18. Twaron™ CT 714 kumaşının15 cm test mesafesinde çözgü yönünde iplik çekme test değerleri.

KUMAŞ KODU	Kumaş hareket miktarı (mm)	Krimpten dolayı iplik uzaması (mm)	İplik çekme kuvveti (N)	KUMAŞ KODU	Kumaş hareket miktarı (mm)	Krimpten dolayı iplik uzaması (mm)	İplik çekme kuvveti (N)
Ortadan yapılan iplik çekmeleri				Sağdan yapılan iplik çekmeleri			
4-15-O1	7	5	7,38	4-15-Z1	7	4	7,38
4-15-O2	3	3	1,87	4-15-Z2	4	3	1,87
4-15-O3	3	3	2,14	4-15-Z3	4	2	2,01
4-15-O4	2	3	1,61	4-15-Z4	3	2	1,87
4-15-O5	3	3	1,87	4-15-Z5	3	2	1,74
4-15-O6	2	3	1,47	4-15-Z6	3	2	1,47
4-15-O7	2	2	1,61	4-15-Z7	3	2	1,61
4-15-O8	2	2	1,47	4-15-Z8	2	2	1,34
4-15-O9	2	2	1,61	4-15-Z9	2	2	1,47
4-15-O10	2	2	1,47	4-15-Z10	2	2	1,47
Soldan yapılan iplik çekmeleri				Çok uçlu iplik çekme*			
4-15-S1	6	4	6,71	4-15-2	14	5	17,71
4-15-S2	3	3	2,01	4-15-3	14	4	37,85
4-15-S3	3	3	2,28	4-15-4	18	4	77,44
4-15-S4	3	3	1,61	4-15-5	19	3	130,90
4-15-S5	3	3	1,61	4-15-6	20	2	203,80
4-15-S6	2	2	1,61	4-15-7	22	2	355,60
4-15-S7	2	2	1,74	4-15-8	20	3	342,80
4-15-S8	2	2	1,61	4-15-9	25	0	495,00
4-15-S9	2	2	1,61	4-15-10	27	0	636,80
4-15-S10	2	2	1,61				
*1' den fazla iplik çekmelerinde bütün iplik çekildi. Sadece10'lu iplik çekiminde iplikler çeneden kayarken bütün iplik çekilebildi.							



Şekil 4.30. Twaron™ CT 714 kumaşın çözgü yönünde 15 cm test mesafesindeki ortadan, soldan ve sağdan yapılan ilk çekilen ipliklerin kuvvet-uzama grafikleri.



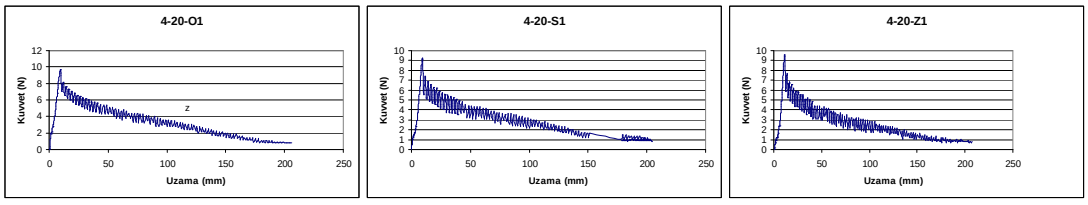
Şekil 4.31. Twaron™ CT 714 kumaşın çözgü yönünde 15 cm test mesafesindeki 2 ve 3'lü iplik çekmelerinin kuvvet-uzama grafikleri.

CT714 kodlu para-aramid seyrek kumaştan tekli ve çoklu çekilen iplik dayanım ve krimpten dolayı iplik uzama değerleri Tablo 4.19 ve Şekil 4.32-4.33 da verilmiştir. Tablo ve şekillerden görüldüğü üzere tekli iplik çekim değerlerinin ilk iplikte yüksek bundan sonra gelen ardıl çekimlerde dramatik olarak düşük değer gösterdiği gözlenmiştir. Çoklu iplik çekimlerinde elde edilen iplik çekme kuvveti uç sayısı arttıkça tekli iplik çekim değeri ile kıyaslandığında son derece non lineer davranış sergilediği görülmüştür. Bu olay iplik çekimlerinin atışla meydana gelen mermi-lif etkileşimini açıklamada daha da kompleks hale getireceğinin göstergesi olarak yorumlanmıştır. Krimpden dolayı uzama açısından düşük çaplı değişimler tekli çekimlerde (4-3 mm) saptanırken kumaş hareket miktarı düşük aralıkta (7-2 mm) gözlenmiştir. Çoklu çekimlerde krimpten dolayı iplik uzaması düşük değer sergilerken (8-4 mm) kumaş hareketinde büyük bir değişim aralığı (16-27 mm) tespit edilmiştir. Bu kumaşın iplik çekimine gösterdiği kollektif tepki olarak yorumlanmıştır.

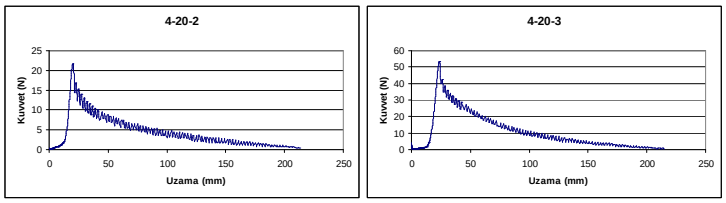
Ayrıca 20 cm deki tekli ve çoklu iplik çekme değerleri 15 cm dekilerle kıyaslandığında iplik çekme ve krimpten dolayı iplik uzamasında küçük bir artış ancak kumaş hareket miktarında daha düşük bir değişim gözlenmiştir. Bu da anlaşılır bir davranıştır çünkü kumaş uzunluğu arttığında iplik setleri arsındaki kesişme sayıları artmakta bu da iplik çekme ve krimpten dolayı iplik uzamasının artmasına neden olmaktadır. Yine iplik çekme ve krimpten dolayı uzama değerleri seyrek kumaşta sıkı kumaşa kıyasla daha düşük değerlerde gerçekleştiği anlaşılmıştır.

Tablo 4.19. Twaron™ CT 714 kumaşını 20 cm test mesafesinde çözgü yönünde iplik çekme test değerleri.

KUMAŞ KODU	Kumaş hareket miktarı (mm)	Krimpten dolayı iplik uzaması (mm)	İplik çekme kuvveti (N)	KUMAŞ KODU	Kumaş hareket miktarı (mm)	Krimpten dolayı iplik uzaması (mm)	İplik çekme kuvveti (N)
Ortadan yapılan iplik çekmeleri				Sağdan yapılan iplik çekmeleri			
4-20-O1	7	5	9,66	4-20-Z1	7	4	9,66
4-20-O2	3	3	2,28	4-20-Z2	5	3	2,55
4-20-O3	3	3	2,68	4-20-Z3	4	3	2,55
4-20-O4	3	3	2,01	4-20-Z4	4	3	2,01
4-20-O5	3	3	2,55	4-20-Z5	4	3	1,87
4-20-O6	2	3	1,87	4-20-Z6	3	3	1,74
4-20-O7	3	3	2,01	4-20-Z7	3	3	1,74
4-20-O8	2	3	1,87	4-20-Z8	3	3	1,87
4-20-O9	3	3	2,01	4-20-Z9	3	3	1,74
4-20-O10	3	3	1,87	4-20-Z10	3	3	1,87
Soldan yapılan iplik çekmeleri				Çok uçlu iplik çekme*			
4-20-S1	7	4	9,26	4-20-2	16	6	21,74
4-20-S2	4	4	2,41	4-20-3	18	5	53,55
4-20-S3	4	3	2,55	4-20-4	18	8	85,90
4-20-S4	3	3	1,74	4-20-4-	20	5	118,90
4-20-S5	3	3	1,74	4-20-5	20	6	233,30
4-20-S6	3	3	1,74	4-20-6	22	5	415,80
4-20-S7	3	3	1,87	4-20-7	22	5	751,70
4-20-S8	3	2	1,87	4-20-8	26	5	685,40
4-20-S9	3	2	1,74	4-20-9	27	4	858,80
4-20-S10	3	3	1,74				
*1' den fazla iplik çekilmelerinde bütün iplikler kumaştan çekilebildi.							



Şekil 4.32. Twaron™ CT 714 kumaşın çözgü yönünde 10 cm test mesafesindeki ortadan, soldan ve sağdan yapılan ilk çekilen ipliklerin kuvvet-uzama grafikleri.



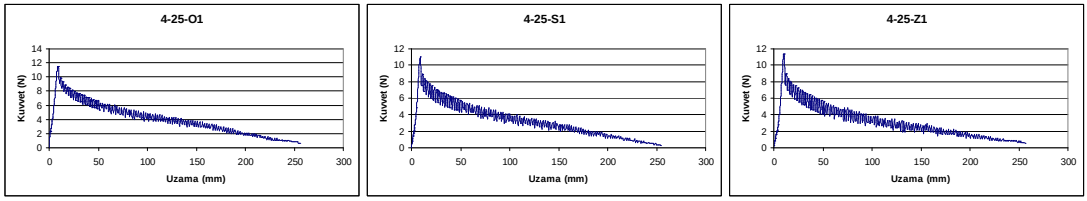
Şekil 4.33. Twaron™ CT 714 kumaşın çözgü yönünde 10 cm test mesafesindeki 2 ve 3'lü iplik çekmelerinin kuvvet-uzama grafikleri.

CT714 kodlu para-aramid seyrek kumaştan tekli ve çoklu çekilen iplik dayanım ve krimpten dolayı iplik uzama değerleri Tablo 4.20 ve Şekil 4.34-4.35 da verilmiştir. Tablo ve şekillerden görüldüğü üzere tekli iplik çekim değerlerinin ilk iplikte yüksek bundan sonra gelen ardıl çekimlerde dramatik olarak düşük değer gösterdiği gözlenmiştir. Çoklu iplik çekimlerinde elde edilen iplik çekme kuvveti uç sayısı arttıkça tekli iplik çekim değeri ile kıyaslandığında son derece non lineer davranış sergilediği görülmüştür. Bu olay iplik çekimlerinin atışla meydana gelen mermi-lif etkileşimini açıklamada daha da kompleks hale getireceğinin göstergesi olarak yorumlanmıştır. Krimpden dolayı uzama açısından düşük çaplı değişimler tekli çekimlerde (5-3 mm) saptanırken kumaş hareket miktarı düşük aralıkta (6-2 mm) gözlenmiştir. Çoklu çekimlerde krimpten dolayı iplik uzaması düşük değer sergilerken (9-4 mm) kumaş hareketinde büyük bir değişim aralığı (14-24 mm) tespit edilmiştir. Bu kumaşın iplik çekimine gösterdiği kollektif tepki olarak yorumlanmıştır.

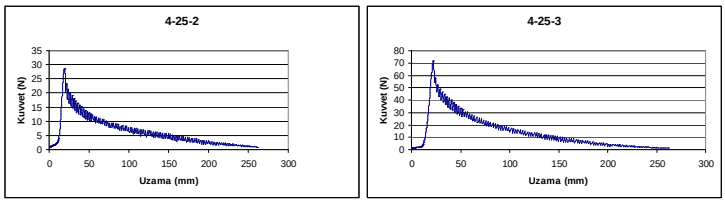
Ayrıca 25 cm deki tekli ve çoklu iplik çekme değerleri 20 cm dekilerle kıyaslandığında iplik çekme ve krimpten dolayı iplik uzamasında küçük bir artış ancak kumaş hareket miktarında daha düşük bir değişim gözlenmiştir. Bu da anlaşılır bir davranıştır çünkü kumaş uzunluğu arttığında iplik setleri arsındaki kesişme sayıları artmakta bu da iplik çekme ve krimpten dolayı iplik uzamasının artmasına neden olmaktadır. Yine iplik çekme ve krimpten dolayı uzama değerleri seyrek kumaşta sıkı kumaşa kıyasla daha düşük değerlerde gerçekleştiği anlaşılmıştır.

Tablo 4.20. Twaron™ CT 714 kumaşını 25 cm test mesafesinde çözgü yönünde iplik çekme test değerleri.

KUMAŞ KODU	Kumaş hareket miktarı (mm)	Krimpten dolayı iplik uzaması (mm)	İplik çekme kuvveti (N)	KUMAŞ KODU	Kumaş hareket miktarı (mm)	Krimpten dolayı iplik uzaması (mm)	İplik çekme kuvveti (N)
Ortadan yapılan iplik çekmeleri				Sağdan yapılan iplik çekmeleri			
4-25-O1	6	5	11,67	4-25-Z1	6	4	11,40
4-25-O2	3	4	2,68	4-25-Z2	4	3	3,08
4-25-O3	3	3	3,22	4-25-Z3	4	3	3,22
4-25-O4	2	3	2,01	4-25-Z4	3	3	2,28
4-25-O5	3	3	2,41	4-25-Z5	3	3	2,41
4-25-O6	2	3	2,01	4-25-Z6	3	3	2,14
4-25-O7	2	3	2,28	4-25-Z7	3	3	2,14
4-25-O8	2	3	2,01	4-25-Z8	3	3	2,01
4-25-O9	2	3	2,28	4-25-Z9	2	3	2,14
4-25-O10	2	3	2,01	4-25-Z10	2	3	2,01
Soldan yapılan iplik çekmeleri				Çok uçlu iplik çekme*			
4-25-S1	6	4	11,00	4-25-2	14	9	28,59
4-25-S2	3	3	2,55	4-25-3	17	8	71,61
4-25-S3	3	3	2,81	4-25-4	16	7	156,80
4-25-S4	3	3	2,14	4-25-5	19	6	322,60
4-25-S5	3	3	2,28	4-25-6	19	6	611,00
4-25-S6	3	3	1,47	4-25-7	21	5	817,40
4-25-S7	2	3	2,28	4-25-8	24	4	1028,00
4-25-S8	2	2	2,01	4-25-9			1162,00
4-25-S9	2	3	2,14				
4-25-S10	2	2	2,01				
*1' den fazla iplik çekmelerinde 9 iplik hariç diğer bütün iplik çekildi. 8 iplik çekiminde iplikler çeneden kayarak çekilebildi.							



Şekil 4.34. Twaron™ CT 714 kumaşın çözgü yönünde 25 cm test mesafesindeki ortadan, soldan ve sağdan yapılan ilk çekilen ipliklerin kuvvet-uzama grafikleri.



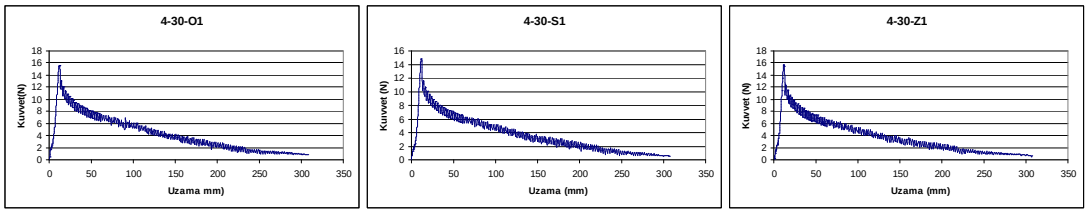
Şekil 4.35. Twaron™ CT 714 kumaşın çözgü yönünde 25 cm test mesafesindeki 2 ve 3'lü iplik çekmelerinin kuvvet-uzama grafikleri.

CT714 kodlu para-aramid seyrek kumaştan tekli ve çoklu çekilen iplik dayanım ve krimpten dolayı iplik uzama değerleri Tablo 4.21 ve Şekil 4.36-4.37 da verilmiştir. Tablo ve şekillerden görüldüğü üzere tekli iplik çekim değerlerinin ilk iplikte yüksek bundan sonra gelen ardıl çekimlerde dramatik olarak düşük değer gösterdiği gözlenmiştir. Çoklu iplik çekimlerinde elde edilen iplik çekme kuvveti uç sayısı arttıkça tekli iplik çekim değeri ile kıyaslandığında son derece non lineer davranış sergilediği görülmüştür. Bu olay iplik çekimlerinin atışla meydana gelen mermi-lif etkileşimini açıklamada daha da kompleks hale getireceğinin göstergesi olarak yorumlanmıştır. Krimpden dolayı uzama açısından düşük çaplı değişimler tekli çekimlerde (7-4 mm) saptanırken kumaş hareket miktarı düşük aralıkta (7-3 mm) gözlenmiştir. Çoklu çekimlerde krimpten dolayı iplik uzaması düşük değer sergilerken (9-6 mm) kumaş hareketinde büyük bir değişim aralığı (9-30 mm) tespit edilmiştir. Bu kumaşın iplik çekimine gösterdiği kollektif tepki olarak yorumlanmıştır.

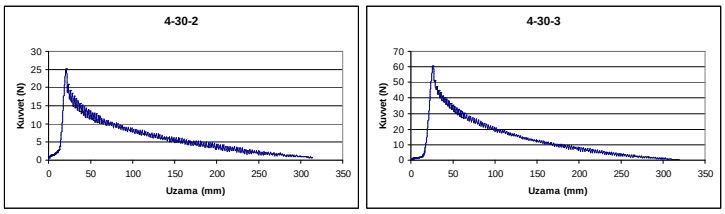
Ayrıca 30 cm deki tekli ve çoklu iplik çekme değerleri 25 cm dekilerle kıyaslandığında iplik çekme ve krimpten dolayı iplik uzamasında küçük bir artış ancak kumaş hareket miktarında bir sabitlenme gözlenmiştir. Bu da anlaşılır bir davranıştır çünkü kumaş uzunluğu arttığında iplik setleri arsındaki kesişme sayıları artmakta bu da iplik çekme ve krimpten dolayı iplik uzamasının artmasına neden olmaktadır. Yine iplik çekme ve krimpten dolayı uzama değerleri seyrek kumaşta sıkı kumaşa kıyasla daha düşük değerlerde gerçekleştiği anlaşılmıştır.

Tablo 4.21. Twaron™ CT 714 kumaşını 30 cm test mesafesinde çözgü yönünde iplik çekme test değerleri.

KUMAŞ KODU	Kumaş hareket miktarı (mm)	Krimpten dolayı iplik uzaması (mm)	İplik çekme kuvveti (N)	KUMAŞ KODU	Kumaş hareket miktarı (mm)	Krimpten dolayı iplik uzaması (mm)	İplik çekme kuvveti (N)
Ortadan yapılan iplik çekmeleri				Sağdan yapılan iplik çekmeleri			
4-30-O1	7	7	15,57	4-30-Z1	7	6	15,70
4-30-O2	4	5	3,48	4-30-Z2	5	5	3,22
4-30-O3	4	5	4,02	4-30-Z3	5	5	3,75
4-30-O4	3	4	2,81	4-30-Z4	4	4	2,55
4-30-O5	3	4	2,68	4-30-Z5	5	4	2,95
4-30-O6	3	4	2,14	4-30-Z6	3	4	2,41
4-30-O7	3	4	2,41	4-30-Z7	4	4	2,55
4-30-O8	3	4	2,28	4-30-Z8	3	4	2,28
4-30-O9	3	4	2,41	4-30-Z9	3	4	2,41
4-30-O10	3	4	2,28	4-30-Z10	3	4	2,28
Soldan yapılan iplik çekmeleri				Çok uçlu iplik çekme*			
4-30-S1	7	7	14,76	4-30-2	9	6	25,10
4-30-S2	4	6	3,35	4-30-3	8	6	60,53
4-30-S3	4	4	3,62	4-30-4	18	8	145,40
4-30-S4	3	4	2,25	4-30-5	22	9	342,80
4-30-S5	3	4	2,81	4-30-6	24	7	629,50
4-30-S6	3	3	2,41	4-30-7	30		1132,00
4-30-S7	3	3	2,55	4-30-8			1104,00
4-30-S8	3	3	2,88				
4-30-S9	3	4	2,28				
4-30-S10	3	4	2,14				
*1' den fazla iplik çekmelerinde 8 iplik hariç diğer bütün iplik çekildi. 8 iplik çekiminde iplikler çeneden kayarak çekilebildi.							



Şekil 4.36. Twaron™ CT 714 kumaşın çözgü yönünde 30 cm test mesafesindeki ortadan, soldan ve sağdan yapılan ilk çekilen ipliklerin kuvvet-uzama grafikleri.



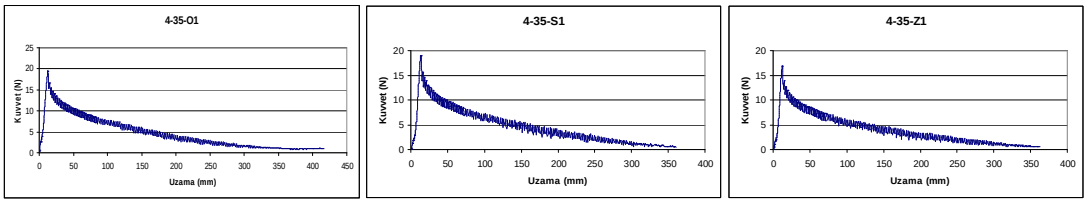
Şekil 4.37. Twaron™ CT 714 kumaşın çözgü yönünde 30 cm test mesafesindeki 2 ve 3'lü iplik çekmelerinin kuvvet-uzama grafikleri.

CT714 kodlu para-aramid seyrek kumaştan tekli ve çoklu çekilen iplik dayanım ve krimpten dolayı iplik uzama değerleri Tablo 4.22 ve Şekil 4.38-4.39 da verilmiştir. Tablo ve şekillerden görüldüğü üzere tekli iplik çekim değerlerinin ilk iplikte yüksek bundan sonra gelen ardıl çekimlerde dramatik olarak düşük değer gösterdiği gözlenmiştir. Çoklu iplik çekimlerinde elde edilen iplik çekme kuvveti uç sayısı arttıkça tekli iplik çekim değeri ile kıyaslandığında son derece non lineer davranış sergilediği görülmüştür. Bu olay iplik çekimlerinin atışla meydana gelen mermi-lif etkileşimini açıklamada daha da kompleks hale getireceğinin göstergesi olarak yorumlanmıştır. Krimpden dolayı uzama açısından düşük çaplı değişimler tekli çekimlerde (7-4 mm) saptanırken kumaş hareket miktarı düşük aralıkta (8-3 mm) gözlenmiştir. Çoklu çekimlerde krimpten dolayı iplik uzaması düşük değer sergilerken (12-7 mm) kumaş hareketinde büyük bir değişim aralığı (9-25 mm) tespit edilmiştir. Bu kumaşın iplik çekimine gösterdiği kollektif tepki olarak yorumlanmıştır.

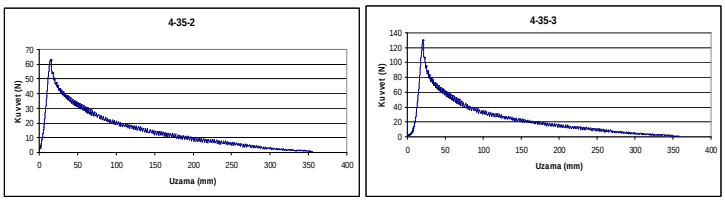
Ayrıca 35 cm deki tekli ve çoklu iplik çekme değerleri 30 cm dekilerle kıyaslandığında iplik çekme ve krimpten dolayı iplik uzamasında kademeli küçük bir artış ancak kumaş hareket miktarında bir sabitlenme gözlenmiştir. Bu da anlaşılır bir davranıştır çünkü kumaş uzunluğu arttığında iplik setleri arsındaki kesişme sayıları artmakta bu da iplik çekme ve krimpten dolayı iplik uzamasının artmasına neden olmaktadır. Yine iplik çekme ve krimpten dolayı uzama değerleri seyrek kumaşta sıkı kumaşa kıyasla daha düşük değerlerde gerçekleştiği anlaşılmıştır.

Tablo 4.22. Twaron™ CT 714 kumaşını 35 cm test mesafesinde çözgü yönünde iplik çekme test değerleri.

KUMAŞ KODU	Kumaş hareket miktarı (mm)	İplik Uzaması (mm)	İplik Çekme Kuvveti (N)	KUMAŞ KODU	Kumaş hareket miktarı (mm)	İplik Uzaması (mm)	İplik Çekme Kuvveti (N)
Ortadan yapılan iplik çekmeleri				Sağdan yapılan iplik çekmeleri			
4-35-O1	8	7	19,59	4-35-Z1	8	6	16,91
4-35-O2	5	5	4,02	4-35-Z2	5	5	3,62
4-35-O3	5	5	4,56	4-35-Z3	5	4	3,75
4-35-O4	4	4	3,35	4-35-Z4	5	4	2,68
4-35-O5	5	5	3,08	4-35-Z5	5	4	2,95
4-35-O6	4	4	2,81	4-35-Z6	4	4	2,68
4-35-O7	4	4	2,95	4-35-Z7	4	4	2,68
4-35-O8	3	4	2,55	4-35-Z8	4	4	2,55
4-35-O9	4	4	2,68	4-35-Z9	4	4	2,55
4-35-O10	4	4	2,41	4-35-Z10	4	4	2,41
Soldan yapılan iplik çekmeleri				Çok uçlu iplik çekme*			
4-35-S1	8	6	19,06	4-35-2	9	8	63,22
4-35-S2	5	5	3,89	4-35-3	12	8	130,1
4-35-S3	5	4	4,29	4-35-4	19	12	249,4
4-35-S4	4	4	3,08	4-35-5	16	9	507,9
4-35-S5	5	4	3,22	4-35-6	20	7	872,8
4-35-S6	4	4	2,81	4-35-7	25		1018
4-35-S7	4	4	2,81				
4-35-S8	4	4	2,55				
4-35-S9	4	4	2,55				
4-35-S10	4	4	2,41				
*1' den fazla iplik çekmelerinde 7 iplik hariç diğer bütün iplik çekildi. 7 iplik çekiminde 2 iplik kırıldı 5 iplik çekilebildi.							



Şekil 4.38. Twaron CT 714 kumaşın çözgü yönünde 35 cm test mesafesindeki ortadan, soldan ve sağdan yapılan ilk çekilen ipliklerin kuvvet-uzama grafikleri.



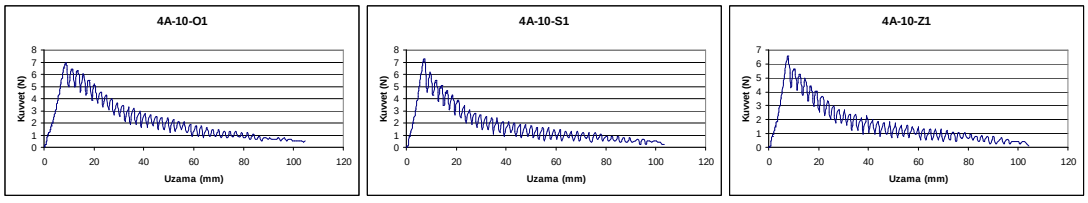
Şekil 4.39. Twaron CT 714 kumaşın çözgü yönünde 35 cm test mesafesindeki 2 ve 3'lü iplik çekmelerinin kuvvet-uzama grafikleri.

4.4.4. Twaron™ CT 714 Kumaşın Atkı Yönünde Yapılan İplik Çekme Testi Değerleri

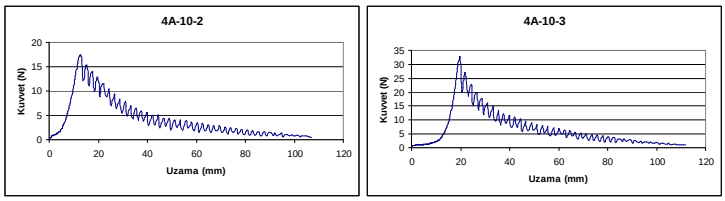
CT714 kodlu para-aramid sıkı kumaştan atkı yönüne tekli ve çoklu çekilen iplik dayanım ve krimpten dolayı iplik uzama değerleri Tablo 4.23 ve Şekil 4.40-4.41 da verilmiştir. Tablo ve şekillerden görüldüğü üzere tekli iplik çekim değerlerinin ilk iplikte yüksek bundan sonra gelen ardıl çekimlerde dramatik olarak düşük değer gösterdiği gözlenmiştir. Çoklu iplik çekimlerinde elde edilen iplik çekme kuvveti uç sayısı arttıkça tekli iplik çekim değeri ile kıyaslandığında son derece non lineer davranış sergilediği görülmüştür. Bu olay iplik çekimlerinin atışla meydana gelen mermi-lif etkileşimini açıklamada daha da kompleks hale getireceğinin göstergesi olarak yorumlanmıştır. Krimp düzelmesi açısından düşük çaplı değişimler tekli çekimlerde (4-3 mm) saptanırken kumaş hareket miktarı düşük aralıkta (4-1 mm) gözlenmiştir. Çoklu çekimlerde krimpten dolayı iplik uzaması düşük bir değerde gerçekleşirken (2 mm) kumaş hareketinde geniş bir değişim aralığı (10-22 mm) tespit edilmiştir. Bu kumaşın iplik çekimine gösterdiği kollektif tepki olarak yorumlanmıştır. Ayrıca atkı yönündeki iplik çekim değerleri ile krimpten dolayı uzama çözgü yönündekilerle paralellik göstermektedir.

Tablo 4.23. Twaron™ CT 714 kumaşını 10 cm test mesafesinde atkı yönünde iplik çekme test değerleri.

KUMAŞ KODU	Kumaş hareket miktarı (mm)	Krimpten dolayı iplik uzaması (mm)	İplik çekme kuvveti (N)	KUMAŞ KODU	Kumaş hareket miktarı (mm)	Krimpten dolayı iplik uzaması (mm)	İplik çekme kuvveti (N)
Ortadan yapılan iplik çekmeleri				Sağdan yapılan iplik çekmeleri			
4A-10-O1	4	4	6,97	4A-10-Z1	4	3	6,57
4A-10-O2	2	3	2,28	4A-10-Z2	2	2	2,14
4A-10-O3	2	3	2,55	4A-10-Z3	2	2	2,28
4A-10-O4	2	3	2,01	4A-10-Z4	2	2	1,87
4A-10-O5	2	3	2,01	4A-10-Z5	2	2	1,87
4A-10-O6	1	3	1,74	4A-10-Z6	1	2	1,74
4A-10-O7	1	3	1,87	4A-10-Z7	1	2	1,70
4A-10-O8	1	3	1,74	4A-10-Z8	1	2	1,61
4A-10-O9	1	3	1,87	4A-10-Z9	1	2	1,87
4A-10O10	1	3	1,61	4A-10Z10	1	2	1,61
Soldan yapılan iplik çekmeleri				Çok uçlu iplik çekme*			
4A-10-S1	4	3	7,24	4A-10-2	10	2	17,44
4A-10-S2	2	3	2,41	4A-10-3	15	2	32,75
4A-10-S3	2	2	2,55	4A-10-4	14	2	57,18
4A-10-S4	2	2	2,01	4A-10-5	16	2	95,30
4A-10-S5	2	2	2,14	4A-10-6	17	-	129,40
4A-10-S6	1	2	1,87	4A-10-7	19	-	188,70
4A-10-S7	1	2	1,87	4A-10-8	19	-	386,20
4A-10-S8	1	2	1,87	4A-10-9	20	-	351,70
4A-10-S9	1	2	1,87	4A-10-10	21	-	492,60
4A-10S10	1	2	1,74	4A-10-11	22	-	562,10
				4A-1012		-	629,30
* 1' den fazla iplik çekilmelerinde bütün iplikler kumaştan çekilebildi.							



Şekil 4.40. Twaron™ CT 714 kumaşın atkı yönünde 10 cm test mesafesindeki ortadan, soldan ve sağdan yapılan ilk çekilen ipliklerin kuvvet-uzama grafikleri.

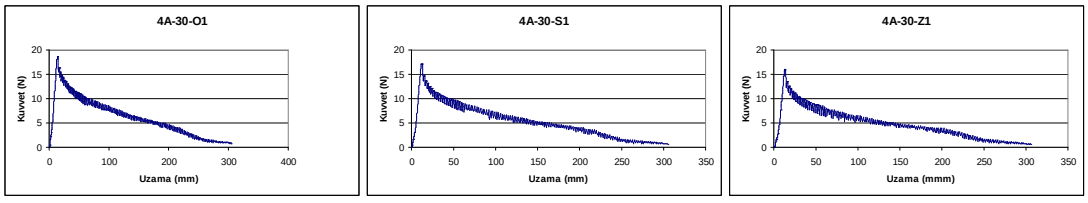


Şekil 4.41. Twaron™ CT 714 kumaşın atkı yönünde 10 cm test mesafesindeki 2 ve 3'lü iplik çekmelerinin kuvvet-uzama grafikleri.

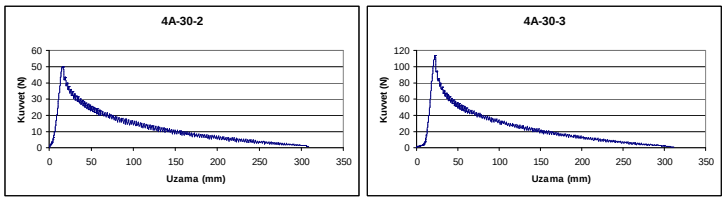
CT714 kodlu para-aramid sıkı kumaştan atkı yönüne tekli ve çoklu çekilen iplik dayanım ve krimpten dolayı iplik uzama değerleri Tablo 4.24 ve Şekil 4.42-4.43 da verilmiştir. Tablo ve şekillerden görüldüğü üzere tekli iplik çekim değerlerinin ilk iplikte yüksek bundan sonra gelen ardıl çekimlerde dramatik olarak düşük değer gösterdiği gözlenmiştir. Çoklu iplik çekimlerinde elde edilen iplik çekme kuvveti uç sayısı arttıkça tekli iplik çekim değeri ile kıyaslandığında son derece non lineer davranış sergilediği görülmüştür. Bu olay iplik çekimlerinin atışla meydana gelen mermi-lif etkileşimini açıklamada daha da kompleks hale getireceğinin göstergesi olarak yorumlanmıştır. Krimp düzelmesi açısından düşük çaplı değişimler tekli çekimlerde (6-4 mm) saptanırken kumaş hareket miktarı düşük aralıkta (6-3 mm) gözlenmiştir. Çoklu çekimlerde krimpten dolayı iplik uzaması düşük bir değerde gerçekleşirken (7-10 mm) kumaş hareketinde göreceli geniş bir değişim aralığı (9-18 mm) tespit edilmiştir. Bu kumaşın iplik çekimine gösterdiği kollektif tepki olarak yorumlanmıştır. Ayrıca atkı yönündeki iplik çekim değerleri ile krimpten dolayı uzama çözgü yönündekilerle paralellik göstermektedir.

Tablo 4.24. Twaron™ CT 714 kumaşını 30 cm test mesafesinde atkı yönünde iplik çekme test değerleri.

KUMAŞ KODU	Kumaş hareket miktarı (mm)	Krimpten dolayı iplik uzaması (mm)	İplik çekme kuvveti (N)	KUMAŞ KODU	Kumaş hareket miktarı (mm)	Krimpten dolayı iplik uzaması (mm)	İplik çekme kuvveti (N)
Ortadan yapılan iplik çekmeleri				Sağdan yapılan iplik çekmeleri			
4A-30-O1	6	6	18,65	4A-30-Z1	6	6	16,10
4A-30-O2	4	4	4,42	4A-30-Z2	4	4	3,75
4A-30-O3	4	4	4,83	4A-30-Z3	4	4	4,02
4A-30-O4	3	4	3,35	4A-30-Z4	3	4	2,95
4A-30-O5	3	4	3,62	4A-30-Z5	3	4	3,08
4A-30-O6	3	4	3,08	4A-30-Z6	2	4	2,68
4A-30-O7	3	4	3,22	4A-30-Z7	2	4	2,68
4A-30-O8	3	4	2,95	4A-30-Z8	2	4	2,41
4A-30-O9	3	4	2,95	4A-30-Z9	2	4	2,55
4A-30O10	3	4	2,81	4A-30Z10	2	4	2,41
Soldan yapılan iplik çekmeleri				Çok uçlu iplik çekme*			
4A-30-S1	6	6	17,18	4A-30-2	9	7	50,20
4A-30-S2	3	4	3,62	4A-30-3	10	8	114,00
4A-30-S3	3	4	3,89	4A-30-4	13	9	304,80
4A-30-S4	2	4	2,68	4A-30-5	16	10	651,00
4A-30-S5	2	4	2,81	4A-30-6	15	-	760,80
4A-30-S6	2	4	2,28	4A-30-7		-	864,40
4A-30-S7	2	4	2,55	4A-30-8	18	-	961,70
4A-30-S8	2	4	2,41				
4A-30-S9	2	4	2,41				
4A-30S10	2	4	2,28				
*1' den fazla iplik çekmelerinde en fazla 5 iplik çekildi. 6, 7, 8'li iplik çekiminde 5 iplik çekilebildi diğer iplikler kırıldı.							



Şekil 4.42. Twaron™ CT 714 kumaşın atkı yönünde 30 cm test mesafesindeki ortadan, soldan ve sağdan yapılan ilk çekilen ipliklerin kuvvet-uzama grafikleri.



Şekil 4.43. Twaron™ CT 714 kumaşın atkı yönünde 30 cm test mesafesindeki 2 ve 3'lü iplik çekmelerinin kuvvet-uzama grafikleri.

4.5. Dikişli Yapılarda İplik Çekme Deneyi

Twaron CT 716 ve CT 714 kodlu kumaşlardan 14 katlı dikişli atkı yönü tek yön dikişli, çözgü yönü tek yön dikişli, iki yön çözgü yönü ve dört yön çözgü yönü dikişli yapılar geliştirilmiştir. Dikişli yapıların verilerinde kullanılan kodlamaların anlamı aşağıdaki gibidir.

Kodlamada kullanılan ilk 3 rakam ve harfin açıklaması

3TA, 3TC, 3İC, 3DC, 4TA, 4TC, 4İC, 4DC

3= Twaron CT 716 Kodlu kumaş

4= Twaron CT 714 Kodlu kumaş

T= Tek yön dikişli

A= Atkı yönü dikişli

C= Çözgü yönü dikişli

İ= İki yön dikişli

D= Dört yön dikişli anlamındadır.

Kodlamada kullanılan son 3 rakam ve harfin açıklaması;

İlk kullanılan 1, 2 ve 3 rakamının anlamı;

1= 1. kat kumaştan yapılan iplik çekmedir.

2= 7. kat kumaştan yapılan iplik çekmedir.

3= 14. kat kumaştan yapılan iplik çekmedir.

İkinci kullanılan O ve D harflerinin anlamı;

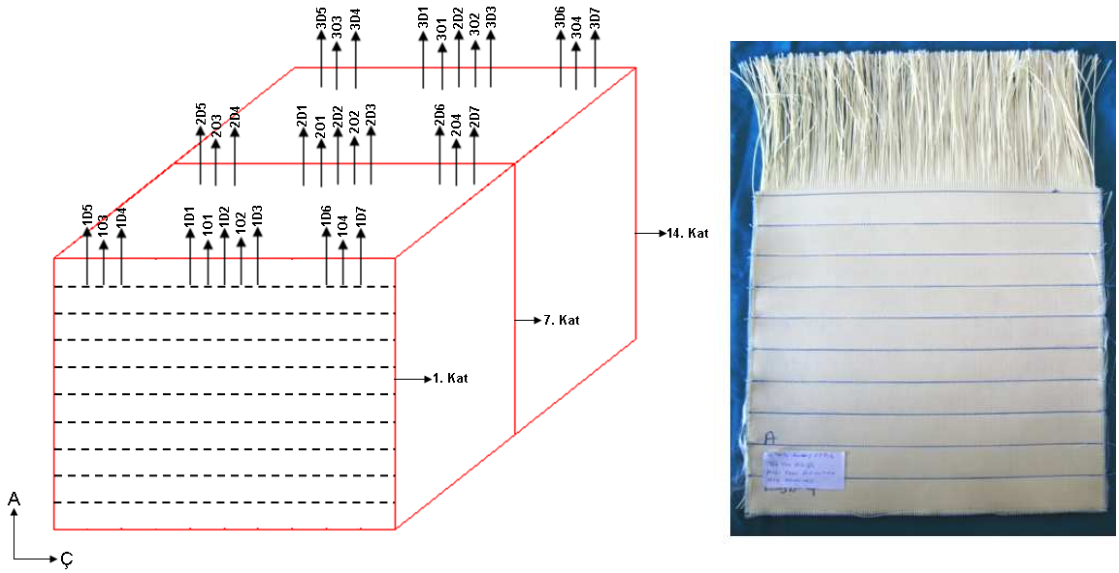
O= İki dikişin ortasından yapılan iplik çekmeyi ifade etmektedir.

D= Dikişli bölgelerden çekilen iplik çekmeyi ifade etmektedir.

Son rakamın anlamı;

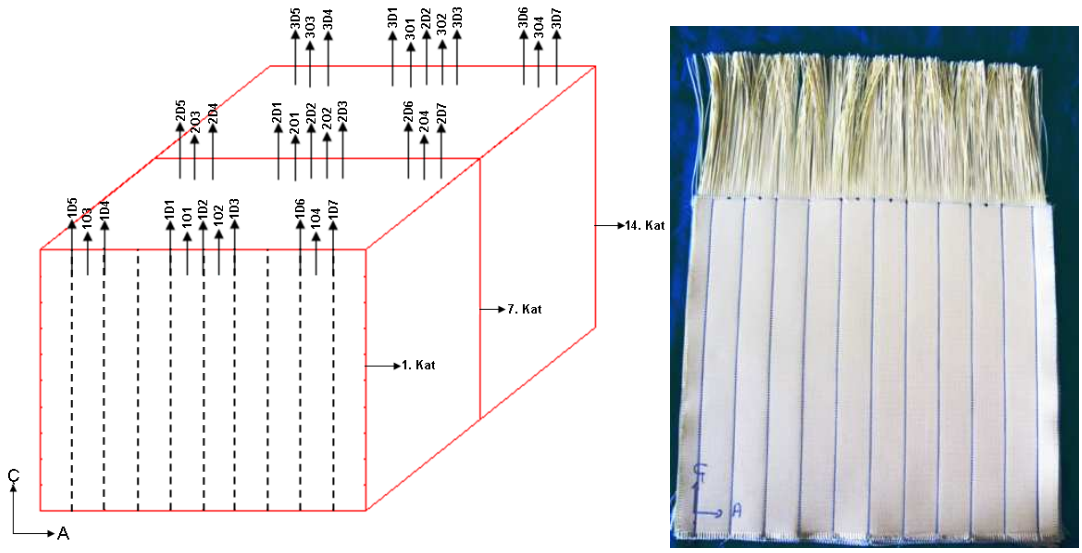
İki dikişin ortasından veya dikişli bölgelerden sırasına göre iplik çekmeleri geliştirilen yapılara göre kumaşın hangi noktasından ipliklerin çekildiğini ifade etmektedir.

14 katlı kumaş çözgü yönünde dikilerek iplik çekme deneyi atkı yönünde yapılmıştır. Bu Şekil 4.44 de şematik ve gerçek görüntüleri ile görülmektedir.



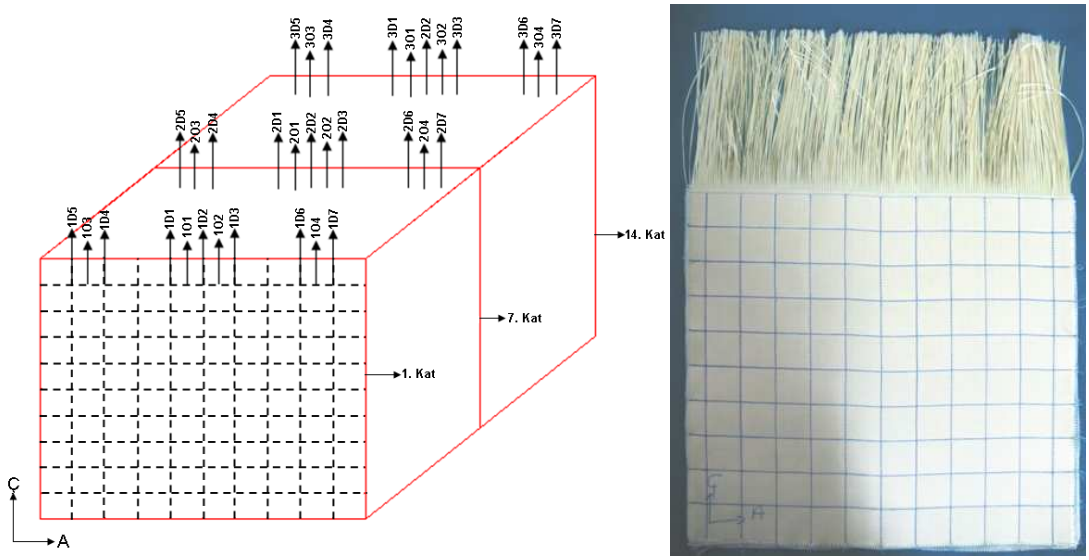
Şekil 4.44. Twaron™ CT 716 kumaştan geliştirilen tek yön dikişli atkı yönü yapıda iplik çekmelerinin gösterimi.

14 katlı kumaş atkı yönünde dikilerek iplik çekme deneyi çözgü yönünde yapılmıştır. Bu Şekil 4.45 de şematik ve gerçek görüntüleri ile görülmektedir.



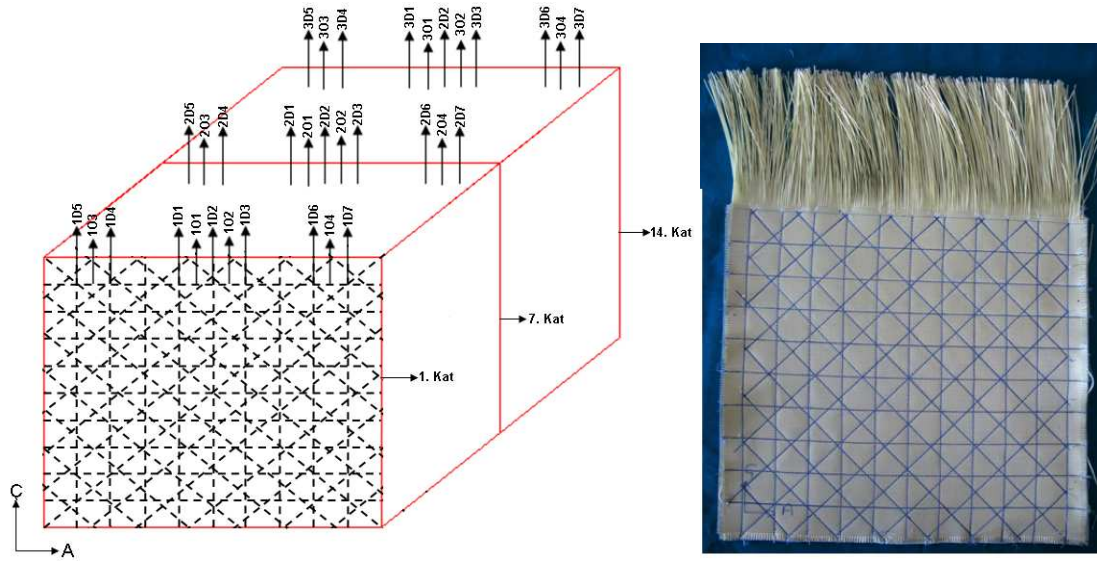
Şekil 4.45. Twaron™ CT 716 kumaştan geliştirilen çözgü yönü tek yön dikişli yapıda iplik çekmelerinin gösterimi.

14 katlı kumaş atkı ve çözgü yönünde dikilerek iplik çekme deneyi çözgü yönünde yapılmıştır. Bu Şekil 4.46 de şematik ve gerçek görüntüleri ile görülmektedir.



Şekil 4.46. Twaron™ CT 716 kumaştan geliştirilen iki yön dikişli yapıda iplik çekmelerinin gösterimi.

14 katlı kumaş dört yönde dikilerek iplik çekme deneyi çözgü yönünde yapılmıştır. Bu Şekil 4.47 de şematik ve gerçek görüntüleri ile görülmektedir.



Şekil 4.47. Twaron™ CT 716 kumaştan geliştirilen dört yön dikişli yapıda iplik çekmelerinin gösterimi.

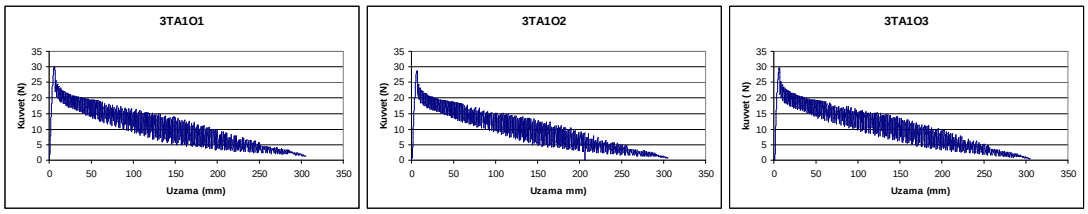
4.5.1. Twaron™ CT 716 Kumaştan Geliştirilen 14 Katlı Dikişli Yapılarda İplik Çekme Deney Sonuçları

4.5.1.1. 14 Katlı Tek Yön Dikişli Kumaştan Atkı Yönünde Yapılan İplik Çekme Deney Sonuçları

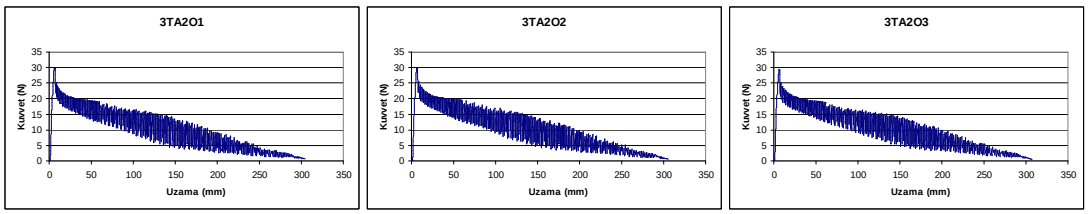
Twaron CT716 sıkı kumaş kullanımı ile geliştirilen 14 katlı çözgü yönünde tek yön dikişli yapıya atkı yönünde 30 cm de uygulanan iplik çekme testi ile elde edilen veriler Tablo 4.25 ve Şekil 4.48-4.51 de verilmiştir. Tablo ve şekillerden görüleceği üzere tekli çekilen ipliklerin dikişle temas etmeyen bölgesinden ve dikişle temas eden bölgesinden elde edilen veriler incelendiğinde dikişsiz bölgeden çekilen ipliğin dayanım değeri ve krimpden dolayı iplik uzaması sırası ile ortalama 30 N ve 7 mm bulunmuştur, ki bu aynı kumaşın tekli formunda yapılan çekimdeki değerle nerdeyse eşdeğerdir. Ancak dikişli bölgeden çekilen ipliklerin dayanım ve uzama değerleri sırası ile 52-95 N aralığı ve 6 mm bulunmuştur. Bu da göstermektedir ki dikişli formdaki katlı yapılardan ipliklerin çekilmesi için daha fazla bir yüke ihtiyaç vardır. Bu özellikle mermi-lif etkileşim bölgesinin dikişli ve dikişsiz kısımlarında farklı iplik çekme değeri gösterebileceğini ifade eder ve yapının vurma yüklemelerinde heterojen davranış sergileyeceğinin kanıtıdır.

Tablo 4.25. Twaron CT 716 kumaştan geliştirilen atkı yönü tek yön dikişli yapının iplik çekme test değerleri

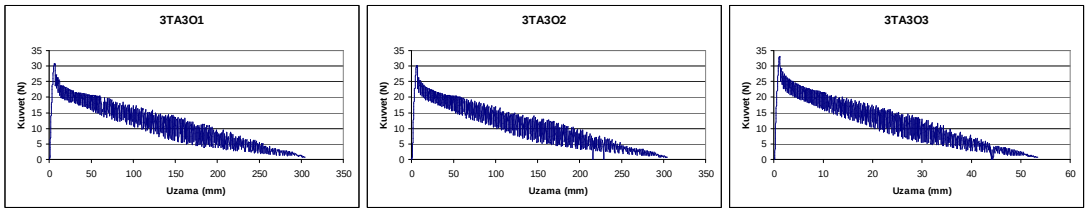
KUMAŞ KODU	Kumaş hareket miktarı (mm)	Krimpten dolayı iplik uzaması (mm)	İplik çekme kuvveti (N)
1. kat dikişsiz bölgeden yapılan iplik çekme verileri			
3TA-1O1	2	7	29,93
3TA-1O2	2	7	28,72
3TA-1O3	2	6	29,53
3TA-1O4	2	6	30,20
1. kat dikişli bölgeden yapılan iplik çekme verileri			
3TA-1D1	1	6	52,08
3TA-1D2	1	6	68,72
3TA-1D3	1	6	95,43
3TA-1D4	1	6	86,84
3TA-1D5	1	6	74,36
3TA-1D6	1	6	59,19
3TA-1D7	1	6	83,22
7. kat dikişsiz bölgeden yapılan iplik çekme verileri			
3TA-2O1	2	7	29,79
3TA-2O2	2	7	30,20
3TA-2O3	2	6	29,26
3TA-3O4	2	6	32,34
7. kat dikişli bölgeden yapılan iplik çekme verileri			
3TA-2D1	1	6	44,42
3TA-2D2	1	6	66,04
3TA-2D3	1	6	55,16
3TA-2D4	1	6	45,90
3TA-2D5	1	6	41,47
3TA-2D6	1	6	60,67
3TA-2D7	1	6	40,67
14. kat dikişsiz bölgeden yapılan iplik çekme verileri			
3TA-3O1	2	7	30,87
3TA-3O2	2	7	30,06
3TA-3O3	2	6	30,02
3TA-2O4	2	6	31,60
14. kat dikişli bölgeden yapılan iplik çekme verileri			
3TA-3D1	1	6	55,83
3TA-3D2	1	6	41,61
3TA-3D3	1	6	55,16
3TA-3D4	1	6	43,62
3TA-3D5	1	6	65,77
3TA-3D6	1	6	51,40
3TA-3D7	1	6	48,84



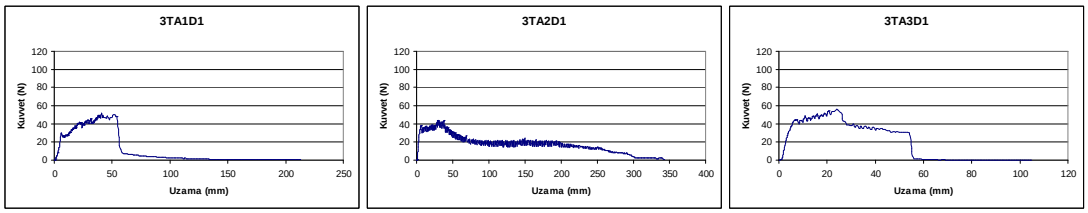
Şekil 4.48. 1. kat dikişsiz bölgeden yapılan iplik çekmelerinin orta 1, 2 ve 3'ün kuvvet-uzama grafikleri.



Şekil 4.49. 7. kat dikişsiz bölgeden yapılan iplik çekmelerinin orta 1, 2 ve 3'ün kuvvet-uzama grafikleri.



Şekil 4.50. 14. kat dikişsiz bölgeden yapılan iplik çekmelerinin orta 1, 2 ve 3'ün kuvvet-uzama grafikleri.



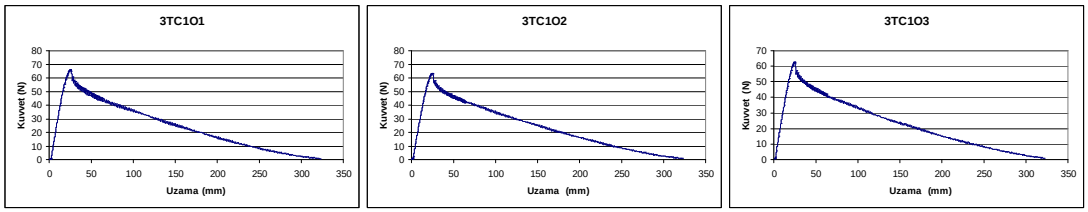
Şekil 4.51. Sırasıyla 1. kat 7. kat ve 14. kattan 1. dikişten çekilen ipliklerin kuvvet-uzama grafikleri.

4.5.1.2. 14 Katlı Tek Yön Dikişli Kumaştan Çözgü Yönünde Yapılan İplik Çekme Deney Sonuçları

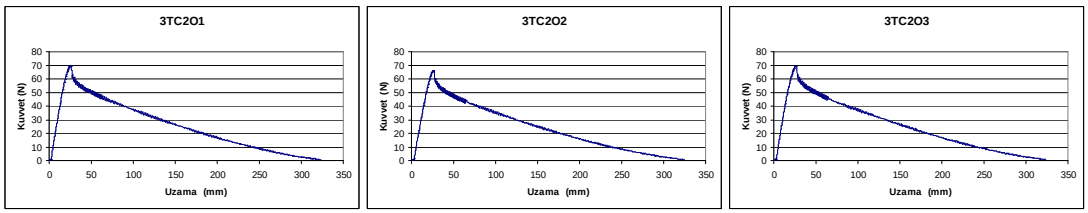
Twaron CT716 sıkı kumaş kullanımı ile geliştirilen 14 katlı çözgü yönünde tek yön dikişli yapıya çözgü yönünde 30 cm de uygulanan iplik çekme testi ile elde edilen veriler Tablo 4.26 ve Şekil 4.52-4.55 de verilmiştir. Tablo ve şekillerden görüleceği üzere katlı yapının ön yüzeyinden tekli çekilen ipliklerin dikişle temas etmeyen bölgesinden ve dikişle temas eden bölgesinden elde edilen veriler incelendiğinde dikişsiz bölgeden çekilen ipliğin dayanım değeri ve krimpden dolayı iplik uzaması sırası ile ortalama 65 N ve 24 mm bulunmuştur, ki bu aynı kumaşın tekli formunda yapılan çekimdeki değerler olan 45 N ve 21 mm den farklılık gösterdiği tespit edilmiştir. Yani katlı yapıya merminin vurması ile iplik çekilmesi için daha fazla çekme yüküne gereksinim göstereceği izlenimi vermiştir. Aynı yapının dikişli bölgesinden çekilen ipliklerin dayanım ve uzama değerleri sırası ile 113-136 N aralığı ve 24 mm bulunmuştur. Bu da göstermektedir ki dikişli formdaki katlı yapılardan ipliklerin çekilmesi için daha fazla bir yüke ihtiyaç vardır. Bu özellikle mermi-lif etkileşim bölgesinin dikişli ve dikişsiz kısımlarında farklı iplik çekme değeri gösterebileceğini ifade eder ve yapının vurma yüklemelerinde heterojen davranış sergileyeceğinin kanıtıdır.

Tablo 4.26. Twaron™ CT 716 kumaştan geliştirilen çözgü yönü tek yön dikişli yapının iplik çekme test değerleri.

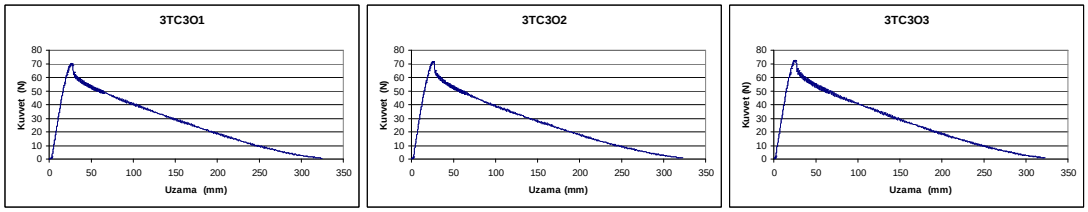
KUMAŞ KODU	Kumaş hareket miktarı (mm)	Krimpten dolayı iplik uzaması (mm)	İplik çekme kuvveti (N)
1. kat dikişsiz bölgeden yapılan iplik çekme verileri			
3TC-1O1	1	24	66,04
3TC-1O2	1	24	63,48
3TC-1O3	1	24	62,55
3TC-1O4	1	24	69,26
1. kat dikişli bölgeden yapılan iplik çekme verileri			
3TC-1D1	1	24	121,50
3TC-1D2	1	24	126,80
3TC-1D3	1	24	119,10
3TC-1D4	1	24	113,80
3TC-1D5	1	24	136,40
3TC-1D6	1	24	124,20
3TC-1D7	1	24	130,00
7. kat dikişsiz bölgeden yapılan iplik çekme verileri			
3TC-2O1	1	24	69,73
3TC-2O2	1	24	66,17
3TC-2O3	1	24	69,53
3TC-2O4	1	24	67,11
7. kat dikişli bölgeden yapılan iplik çekme verileri			
3TC-2D1	1	24	81,20
3TC-2D2	1	24	88,32
3TC-2D3	1	24	87,78
3TC-2D4	1	24	76,64
3TC-2D5	1	24	66,71
3TC-2D6	1	24	112,20
3TC-2D7	1	24	83,48
14. kat dikişsiz bölgeden yapılan iplik çekme verileri			
3TC-3O1	1	24	70,06
3TC-3O2	1	24	71,40
3TC-3O3	1	24	72,61
3TC-3O4	1	24	71,00
14. kat dikişli bölgeden yapılan iplik çekme verileri			
3TC-3D1	1	24	72,34
3TC-3D2	1	24	90,06
3TC-3D3	1	24	89,79
3TC-3D4	4	24	100,10
3TC-3D5	1	24	97,98
3TC-3D6	1	24	100,30
3TC-3D7	1	24	103,40



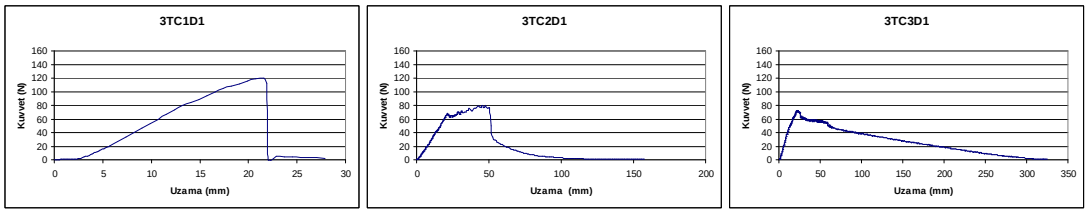
Şekil 4.52. 1. kat dikişsiz bölgeden yapılan iplik çekmelerinin orta 1, 2 ve 3'ün kuvvet-uzama grafikleri.



Şekil 4.53. 7. kat dikişsiz bölgeden yapılan iplik çekmelerinin orta 1, 2 ve 3'ün kuvvet-uzama grafikleri.



Şekil 4.54. 14. kat dikişsiz bölgeden yapılan iplik çekmelerinin orta 1, 2 ve 3'ün kuvvet-uzama grafikleri.



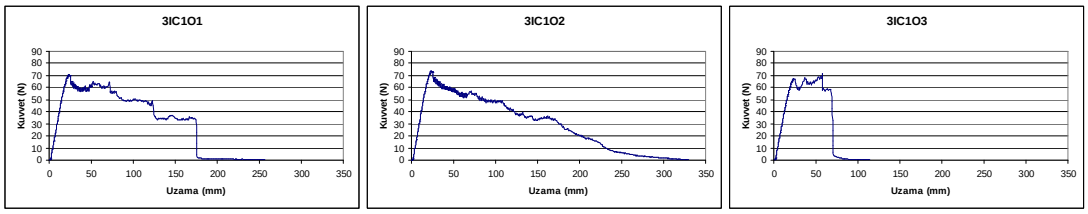
Şekil 4.55. Sırasıyla 1. kat 7. kat ve 14. kattan 1. dikişten çekilen ipliklerin kuvvet-uzama grafikleri.

4.5.1.3. 14 Katlı İki Yön Dikişli Kumaştan Çözgü Yönünde Yapılan İplik Çekme Deney Sonuçları

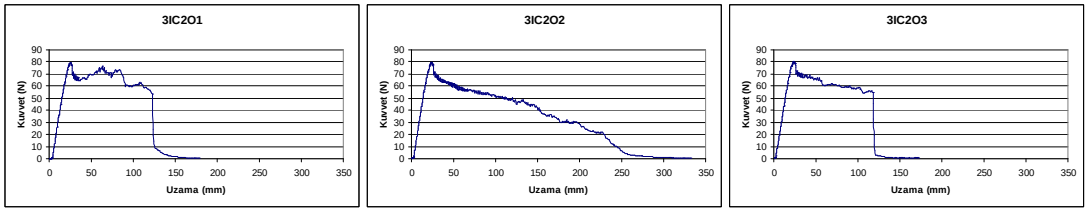
Twaron CT716 sıkı kumaş kullanımı ile geliştirilen 14 katlı çözgü yönünde iki yön dikişli yapıya ön yüzeyinde çözgü yönünde 30 cm de uygulanan iplik çekme testi ile elde edilen veriler Tablo 4.27 ve Şekil 4.56-4.59 de verilmiştir. Tablo ve şekillerden görüleceği üzere katlı yapının ön yüzeyinden tekli çekilen ipliklerin dikişle temas etmeyen bölgesinden ve dikişle temas eden bölgesinden elde edilen veriler incelendiğinde dikişsiz bölgeden çekilen ipliğin dayanım değeri ve krimpden dolayı iplik uzaması sırası ile ortalama 73 N ve 24 mm bulunmuştur, ki bu aynı kumaşın tekli formunda yapılan çekimdeki değerler olan 45 N ve 21 mm den farklılık gösterdiği tespit edilmiştir. Yani katlı yapıya merminin vurması ile iplik çekilmesi için daha fazla çekme yüküne gereksinim göstereceği izlenimi vermiştir. Aynı yapının dikişli bölgesinden çekilen ipliklerin dayanım ve uzama değerleri sırası ile 104-123 N aralığı ve 24 mm bulunmuştur. Bu da göstermektedir ki dikişli formdaki katlı yapılardan ipliklerin çekilmesi için daha fazla bir yüke ihtiyaç vardır. Bu özellikle mermi-lif etkileşim bölgesinin dikişli ve dikişsiz kısımlarında farklı iplik çekme değeri gösterebileceğini ifade eder ve yapının vurma yüklemelerinde heterojen davranış sergileyeceğinin kanıtıdır.

Tablo 4.27. Twaron™ CT 716 kumaştan geliştirilen çift yön dikişli yapının çözgü yönünde iplik çekme test değerleri.

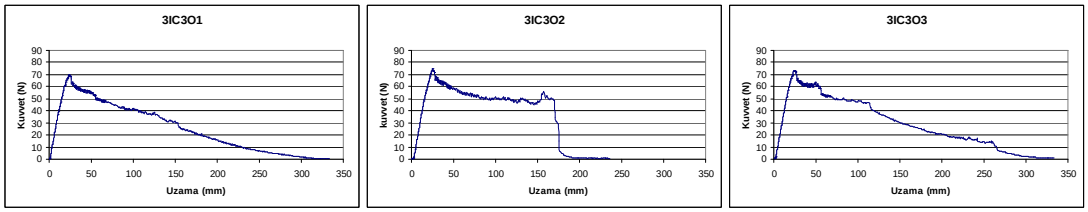
KUMAŞ KODU	Kumaş hareket miktarı (mm)	Krimpten dolayı iplik uzaması (mm)	İplik çekme kuvveti (N)
1. kat dikişsiz bölgeden yapılan iplik çekme verileri			
3İC-1O1	0	24	70,73
3İC-1O2	0	24	73,82
3İC-1O3	0	24	72,48
3İC-1O4	0	24	75,43
1. kat dikişli bölgeden yapılan iplik çekme verileri			
3İC-1D1	0	24	119,70
3İC-1D2	0	24	104,00
3İC-1D3	0	24	110,60
3İC-1D4	0	24	120,90
3İC-1D5	0	24	120,80
3İC-1D6	0	24	117,90
3İC-1D7	0	24	123,50
7. kat dikişsiz bölgeden yapılan iplik çekme verileri			
3İC-2O1	0	24	79,19
3İC-2O2	0	24	79,86
3İC-2O3	0	24	80,26
3İC-2O4	0	24	80,13
7. kat dikişli bölgeden yapılan iplik çekme verileri			
3İC-2D1	0	24	114,20
3İC-2D2	0	24	98,92
3İC-2D3	0	24	92,08
3İC-2D4	0	24	92,61
3İC-2D5	0	24	107,50
3İC-2D6	0	24	108,70
3İC-2D7	0	24	111,50
14. kat dikişsiz bölgeden yapılan iplik çekme verileri			
3İC-3O1	0	24	69,79
3İC-3O2	0	24	74,76
3İC-3O3	0	24	73,02
3İC-3O4	0	24	83,48
14. kat dikişli bölgeden yapılan iplik çekme verileri			
3İC-3D1	0	24	87,51
3İC-3D2	0	24	95,97
3İC-3D3	0	24	105,80
3İC-3D4	0	24	98,12
3İC-3D5	0	24	104,70
3İC-3D6	0	24	117,30
3İC-3D7	0	24	101,70



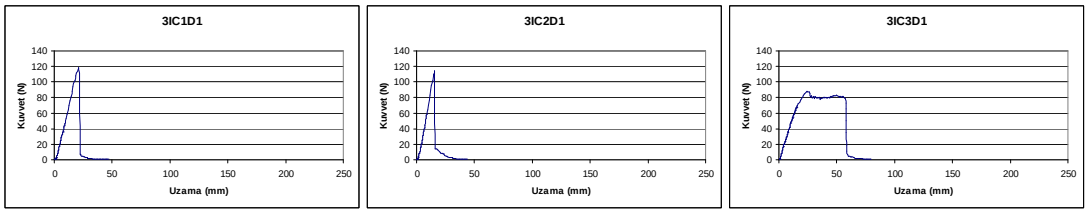
Şekil 4.56. 1. kat dikişsiz bölgeden yapılan iplik çekmelerinin orta 1, 2 ve 3'ün kuvvet-uzama grafikleri.



Şekil 4.57. 7. kat dikişsiz bölgeden yapılan iplik çekmelerinin orta 1, 2 ve 3'ün kuvvet-uzama grafikleri.



Şekil 4.58. 14. kat dikişsiz bölgeden yapılan iplik çekmelerinin orta 1, 2 ve 3'ün kuvvet-uzama grafikleri.



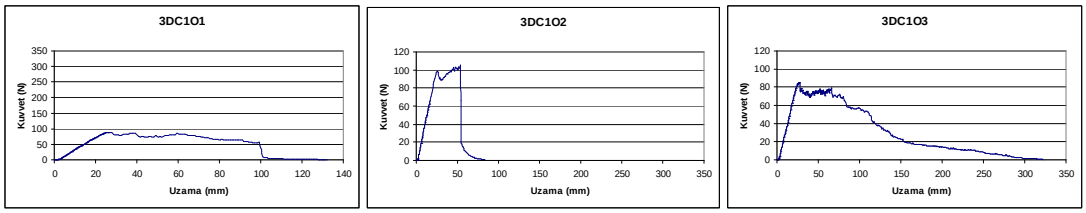
Şekil 4.59. Sırasıyla 1. kat 7. kat ve 14. kattan 1. dikişten çekilen ipliklerin kuvvet-uzama grafikleri.

4.5.1.4. 14 Katlı Dört Yön Dikişli Kumaştan Çözgü Yönünde Yapılan İplik Çekme Deney Sonuçları

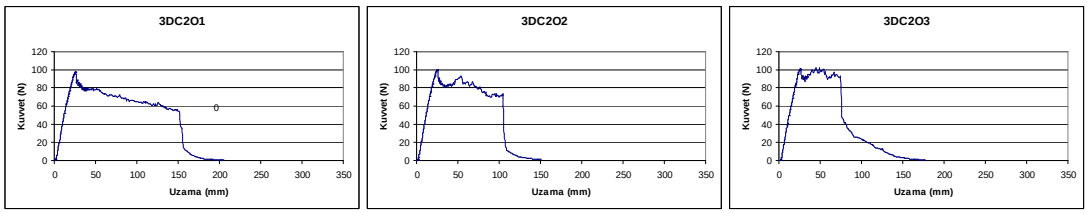
Twaron CT716 sıkı kumaş kullanımı ile geliştirilen 14 katlı çözgü yönünde iki yön dikişli yapıya ön yüzeyinde çözgü yönünde 30 cm de uygulanan iplik çekme testi ile elde edilen veriler Tablo 4.28 ve Şekil 4.60-4.63 de verilmiştir. Tablo ve şekillerden görüleceği üzere katlı yapının ön yüzeyinden tekli çekilen ipliklerin dikişle temas etmeyen bölgesinden ve dikişle temas eden bölgesinden elde edilen veriler incelendiğinde dikişsiz bölgeden çekilen ipliğin dayanım değeri ve krimpden dolayı iplik uzaması sırası ile ortalama 68 N ve 24 mm bulunmuştur, ki bu aynı kumaşın tekli formunda yapılan çekimdeki değerler olan 45 N ve 21 mm den farklılık gösterdiği tespit edilmiştir. Yani katlı yapıya merminin vurması ile iplik çekilmesi için daha fazla çekme yüküne gereksinim göstereceği izlenimi vermiştir. Aynı yapının dikişli bölgesinden çekilen ipliklerin dayanım ve uzama değerleri sırası ile 114-129 N aralığı ve 24 mm bulunmuştur. Bu da göstermektedir ki dikişli formdaki katlı yapılardan ipliklerin çekilmesi için daha fazla bir yüke ihtiyaç vardır. Bu özellikle mermi-lif etkileşim bölgesinin dikişli ve dikişsiz kısımlarında farklı iplik çekme değeri gösterebileceğini ifade eder ve yapının vurma yüklemelerinde heterojen davranış sergileyeceğinin kanıtıdır.

Tablo 4.28. Twaron™ CT 716 kumaştan geliştirilen dört yön dikişli yapının çözgü yönünde iplik çekme test değerleri.

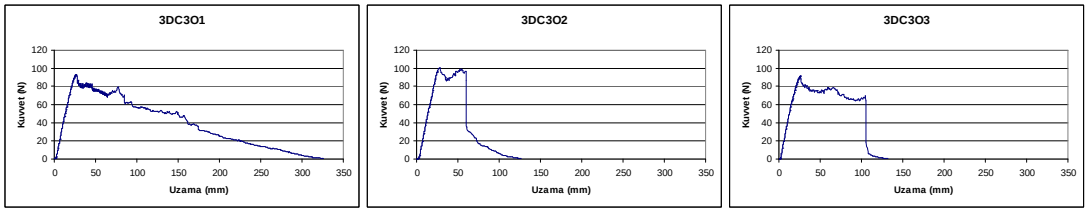
KUMAŞ KODU	Kumaş hareket miktarı (mm)	Krimpten dolayı iplik uzaması (mm)	İplik çekme kuvveti (N)
1. kat dikişsiz bölgeden yapılan iplik çekme verileri			
3DC-1O1	0	24	88,59
3DC-1O2	0	24	105,40
3DC-1O3	0	24	85,36
3DC-1O4	0	24	91,81
1. kat dikişli bölgeden yapılan iplik çekme verileri			
3DC-1D1	0	24	126,40
3DC-1D2	0	24	117,20
3DC-1D3	0	24	114,50
3DC-1D4	0	24	129,80
3DC-1D5	0	24	125,80
3DC-1D6	0	24	118,80
3DC-1D7	0	24	120,80
7. kat dikişsiz bölgeden yapılan iplik çekme verileri			
3DC-2O1	0	24	97,04
3DC-2O2	0	24	99,59
3DC-2O3	0	24	102,70
3DC-2O4	0	24	100,30
7. kat dikişli bölgeden yapılan iplik çekme verileri			
3DC-2D1	0	24	107,10
3DC-2D2	0	24	119,30
3DC-2D3	0	24	122,30
3DC-2D4	0	24	126,40
3DC-2D5	0	24	113,60
3DC-2D6	0	24	115,30
3DC-2D7	0	24	120,30
14. kat dikişsiz bölgeden yapılan iplik çekme verileri			
3DC-3O1	0	24	92,88
3DC-3O2	0	24	101,10
3DC-3O3	0	24	91,54
3DC-3O4	0	24	99,32
14. kat dikişli bölgeden yapılan iplik çekme verileri			
3DC-3D1	0	24	106,60
3DC-3D2	0	24	116,40
3DC-3D3	0	24	104,80
3DC-3D4	0	24	100,30
3DC-3D5	0	24	116,80
3DC-3D6	0	24	114,80
3DC-3D7	0	24	112,50



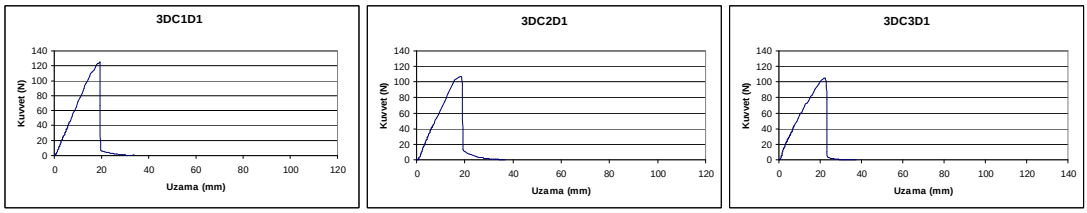
Şekil 4.60. 1. kat dikişsiz bölgeden yapılan iplik çekmelerinin orta 1, 2 ve 3'ün kuvvet-uzama grafikleri.



Şekil 4.61. 7. kat dikişsiz bölgeden yapılan iplik çekmelerinin orta 1, 2 ve 3'ün kuvvet-uzama grafikleri.



Şekil 6.62. 14. kat dikişsiz bölgeden yapılan iplik çekmelerinin orta 1, 2 ve 3'ün kuvvet-uzama grafikleri.



Şekil 4.63. Sırasıyla 1. kat 7. kat ve 14. kattan 1. dikişten çekilen ipliklerin kuvvet-uzama grafikleri.

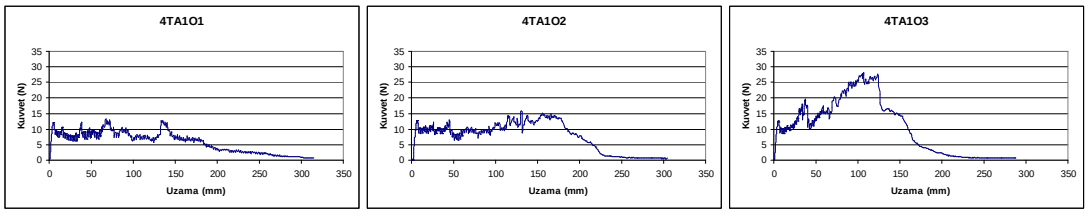
4.5.2. Twaron CT 714 Kumaştan Geliştirilen 14 Katlı Dikişli Yapılarda İplik Çekme Deney Sonuçları

4.5.2.1. 14 Katlı Tek Yön Dikişli Kumaştan Atkı Yönünde Yapılan İplik Çekme Deney Sonuçları

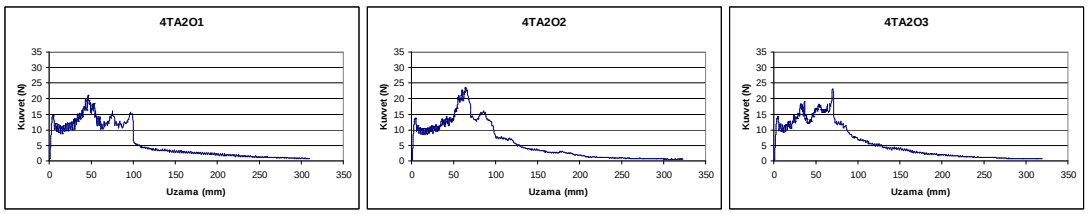
Twaron CT714 seyrek kumaş kullanımı ile geliştirilen 14 katlı çözgü yönünde tek yön dikişli yapıya atkı yönünde 30 cm de uygulanan iplik çekme testi ile elde edilen veriler Tablo 4.29 ve Şekil 4.64-4.67 de verilmiştir. Tablo ve şekillerden görüleceği üzere tekli çekilen ipliklerin dikişle temas etmeyen bölgesinden ve dikişle temas eden bölgesinden elde edilen veriler incelendiğinde dikişsiz bölgeden çekilen ipliğin dayanım değeri ve krimpden dolayı iplik uzaması sırası ile ortalama 22 N ve 6 mm bulunmuştur, ki bu aynı kumaşın tekli formunda yapılan çekimdeki değerle (18 N ve 6 mm) nerdeyse eşdeğerdir. Ancak dikişli bölgeden çekilen ipliklerin dayanım ve uzama değerleri sırası ile 13-37 N aralığı ve 6 mm bulunmuştur. Bu da göstermektedir ki dikişli formdaki katlı yapılardan ipliklerin çekilmesi için daha fazla bir yüke ihtiyaç vardır. Bu özellikle mermi-lif etkileşim bölgesinin dikişli ve dikişsiz kısımlarında farklı iplik çekme değeri gösterebileceğini ifade eder ve yapının vurma yüklemelerinde heterojen davranış sergileyeceğinin kanıtıdır.

Tablo 4.29. Twaron™ CT 714 kumaştan geliştirilen atkı yönü tek yön dikişli yapının iplik çekme test değerleri.

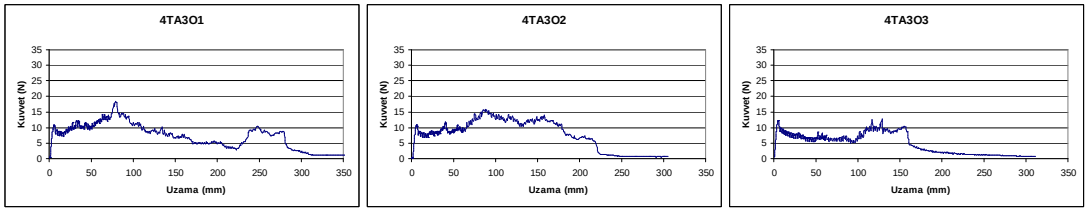
KUMAŞ KODU	Kumaş hareket miktarı (mm)	Krimpten dolayı iplik uzaması (mm)	İplik çekme kuvveti (N)
1. kat dikişsiz bölgeden yapılan iplik çekme verileri			
4TA-1O1	0	6	13,42
4TA-1O2	0	6	15,97
4TA-1O3	0	6	28,18
4TA-1O4	0	6	29,39
1. kat dikişli bölgeden yapılan iplik çekme verileri			
4TA-1D1	0	6	18,22
4TA-1D2	0	6	13,42
4TA-1D3	0	6	37,85
4TA-1D4	0	6	22,95
4TA-1D5	0	6	19,32
4TA-1D7	0	6	13,82
7. kat dikişsiz bölgeden yapılan iplik çekme verileri			
4TA-2O1	0	6	21,07
4TA-2O2	0	6	23,62
4TA-2O3	0	6	23,22
4TA-2O4	0	6	18,25
7. kat dikişli bölgeden yapılan iplik çekme verileri			
4TA-2D1	0	6	30,2
4TA-2D2	0	6	30,33
4TA-2D3	0	6	13,28
4TA-2D4	0	6	13,95
4TA-2D5	0	6	19,73
4TA-2D6	0	6	13,42
4TA-2D7	0	6	26,3
14. kat dikişsiz bölgeden yapılan iplik çekme verileri			
4TA-3O1	0	6	18,65
4TA-3O2	0	6	16,1
4TA-3O3	0	6	12,75
4TA-3O4	0	6	15,03
14. kat dikişli bölgeden yapılan iplik çekme verileri			
4TA-3D1	0	6	16,37
4TA-3D2	0	6	19,46
4TA-3D3	0	6	19,73
4TA-3D4	0	6	15,3
4TA-3D5	0	6	18,92
4TA-1D6	0	6	14,63
4TA-3D6	0	6	11,67
4TA-3D7	0	6	18,48



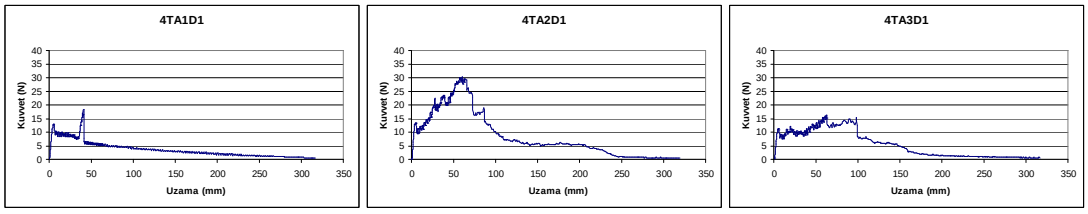
Şekil 4.64. 1. kat dikişsiz bölgeden yapılan iplik çekmelerinin orta 1, 2 ve 3'ün kuvvet-uzama grafikleri.



Şekil 4.65. 7. kat dikişsiz bölgeden yapılan iplik çekmelerinin orta 1, 2 ve 3'ün kuvvet-uzama grafikleri.



Şekil 4.66. 14. kat dikişsiz bölgeden yapılan iplik çekmelerinin orta 1, 2 ve 3'ün kuvvet-uzama grafikleri.



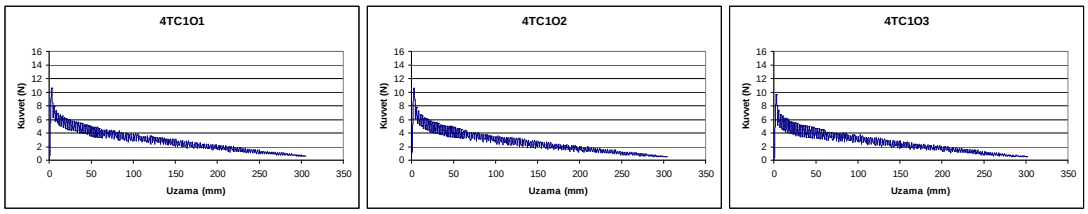
Şekil 4.67. Sırasıyla 1. kat 7. kat ve 14. kattan 1. dikişten çekilen ipliklerin kuvvet-uzama grafikleri.

4.5.2.2. 14 Katlı Tek Yön Dikişli Kumaştan Çözgü Yönünde Yapılan İplik Çekme Deney Sonuçları

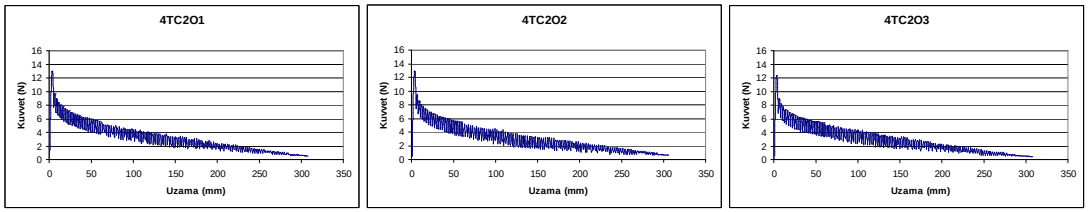
Twaron CT714 seyrek kumaş kullanımı ile geliştirilen 14 katlı çözgü yönünde tek yön dikişli yapıya çözgü yönünde 30 cm de uygulanan iplik çekme testi ile elde edilen veriler Tablo 4.30 ve Şekil 4.68-4.71 de verilmiştir. Tablo ve şekillerden görüleceği üzere katlı yapının ön yüzeyinden tekli çekilen ipliklerin dikişle temas etmeyen bölgesinden ve dikişle temas eden bölgesinden elde edilen veriler incelendiğinde dikişsiz bölgeden çekilen ipliğin dayanım değeri ve krimpden dolayı iplik uzaması sırası ile ortalama 10 N ve 4 mm bulunmuştur, ki bu aynı kumaşın tekli formunda yapılan çekimdeki değerler olan 16 N ve 7-4 mm den farklılık gösterdiği tespit edilmiştir. Yani katlı yapıya merminin vurması ile iplik çekilmesi için daha fazla çekme yüküne gereksinim göstereceği izlenimi vermiştir. Aynı yapının dikişli bölgesinden çekilen ipliklerin dayanım ve uzama değerleri sırası ile 40-91 N aralığı ve 4 mm bulunmuştur. Bu da göstermektedir ki dikişli formdaki katlı yapılardan ipliklerin çekilmesi için daha fazla bir yüke ihtiyaç vardır. Bu özellikle mermi-lif etkileşim bölgesinin dikişli ve dikişsiz kısımlarında farklı iplik çekme değeri gösterebileceğini ifade eder ve yapının vurma yüklemelerinde heterojen davranış sergileyeceğinin kanıtıdır.

Tablo 4.30. Twaron™ CT 714 kumaştan geliştirilen çözgü yönü tek yön dikişli yapının iplik çekme test değerleri.

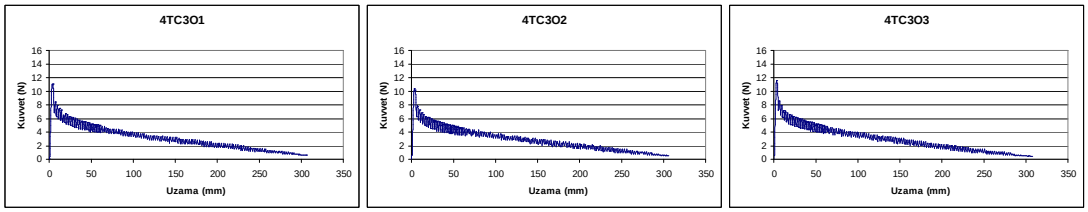
KUMAŞ KODU	Kumaş hareket miktarı (mm)	Krimpten dolayı iplik uzaması (mm)	İplik çekme kuvveti (N)
1. kat dikişsiz bölgeden yapılan iplik çekme verileri			
4TC-1O1	0	4	10,60
4TC-1O2	0	4	10,60
4TC-1O3	0	4	9,79
4TC-1O4	0	4	10,06
1. kat dikişli bölgeden yapılan iplik çekme verileri			
4TC-1D1	0	4	40,53
4TC-1D2	0	4	66,57
4TC-1D3	0	4	48,18
4TC-1D4	0	4	91,00
4TC-1D5	0	4	70,20
4TC-1D6	0	4	55,43
4TC-1D7	0	4	42,68
7. kat dikişsiz bölgeden yapılan iplik çekme verileri			
4TC-2O1	0	4	13,02
4TC-2O2	0	4	13,02
4TC-2O3	0	4	12,34
4TC-2O4	0	4	14,09
7. kat dikişli bölgeden yapılan iplik çekme verileri			
4TC-2D1	0	4	26,57
4TC-2D2	0	4	37,71
4TC-2D3	0	4	37,44
4TC-2D4	0	4	40,80
4TC-2D5	0	4	39,46
4TC-2D6	0	4	38,65
4TC-2D7	0	4	35,57
14. kat dikişsiz bölgeden yapılan iplik çekme verileri			
4TC-3O1	0	4	11,00
4TC-3O2	0	4	10,33
4TC-3O3	0	4	11,54
4TC-3O4	0	4	11,14
14. kat dikişli bölgeden yapılan iplik çekme verileri			
4TC-3D1	0	4	22,95
4TC-3D2	0	4	32,88
4TC-3D3	0	4	26,30
4TC-3D4	0	4	20,53
4TC-3D5	0	4	24,42
4TC-3D6	0	4	53,15
4TC-3D7	0	4	49,12



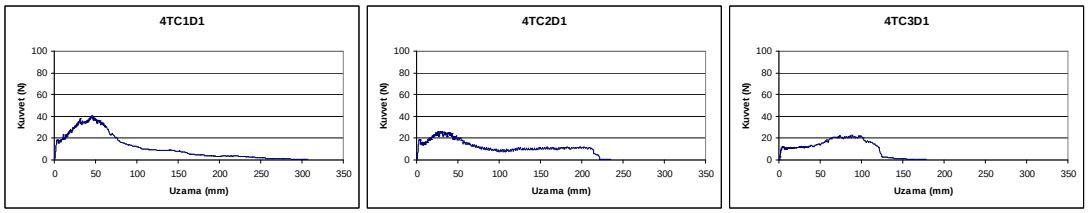
Şekil 4.68. 1. kat dikişsiz bölgeden yapılan iplik çekmelerinin orta 1, 2 ve 3'ün kuvvet-uzama grafikleri.



Şekil 4.69. 7. kat dikişsiz bölgeden yapılan iplik çekmelerinin orta 1, 2 ve 3'ün kuvvet-uzama grafikleri.



Şekil 4.70. 14. kat dikişsiz bölgeden yapılan iplik çekmelerinin orta 1, 2 ve 3'ün kuvvet-uzama grafikleri.



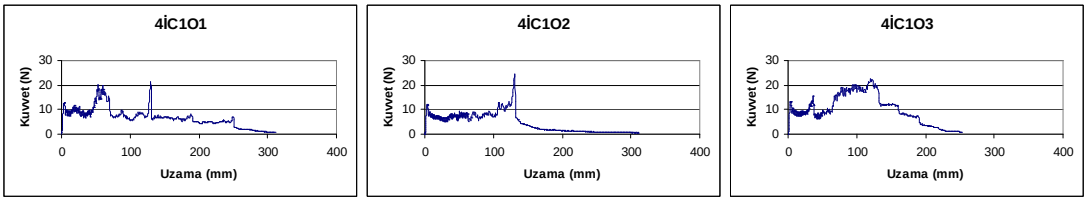
Şekil 4.71. Sırasıyla 1. kat 7. kat ve 14. kattan 1. dikişten çekilen ipliklerin kuvvet-uzama grafikleri.

4.5.2.3. 14 Katlı İki Yön Dikişli Kumaştan Çözgü Yönünde Yapılan İplik Çekme Deney Sonuçları

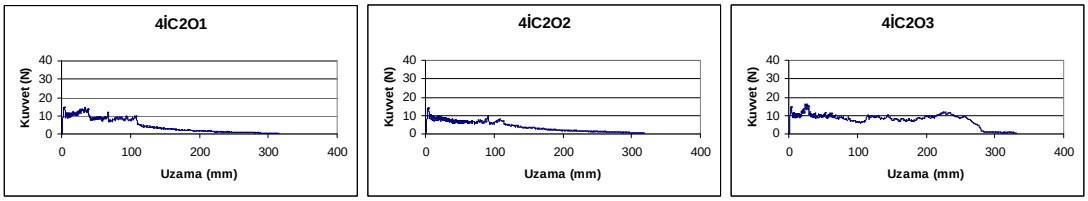
Twaron CT714 seyrek kumaş kullanımı ile geliştirilen 14 katlı çözgü yönünde iki yön dikişli yapıya çözgü yönünde 30 cm de uygulanan iplik çekme testi ile elde edilen veriler Tablo 4.31 ve Şekil 4.72-4.75 de verilmiştir. Tablo ve şekillerden görüleceği üzere katlı yapının ön yüzeyinden tekli çekilen ipliklerin dikişle temas etmeyen bölgesinden ve dikişle temas eden bölgesinden elde edilen veriler incelendiğinde dikişsiz bölgeden çekilen ipliğin dayanım değeri ve krimpden dolayı iplik uzaması sırası ile ortalama 20 N ve 4 mm bulunmuştur, ki bu aynı kumaşın tekli formunda yapılan çekimdeki değerler olan 16 N ve 7-4 mm den farklılık gösterdiği tespit edilmiştir. Yani katlı yapıya merminin vurması ile iplik çekilmesi için daha fazla çekme yüküne gereksinim göstereceği izlenimi vermiştir. Aynı yapının dikişli bölgesinden çekilen ipliklerin dayanım ve uzama değerleri sırası ile 29-70 N aralığı ve 4 mm bulunmuştur. Bu da göstermektedir ki dikişli formdaki katlı yapılardan ipliklerin çekilmesi için daha fazla bir yüke ihtiyaç vardır. Bu özellikle mermi-lif etkileşim bölgesinin dikişli ve dikişsiz kısımlarında farklı iplik çekme değeri gösterebileceğini ifade eder ve yapının vurma yüklemelerinde heterojen davranış sergileyeceğinin kanıtıdır.

Tablo 4.31. Twaron™ CT 714 kumaştan geliştirilen iki yön dikişli yapının çözgü yönünde iplik çekme test değerleri.

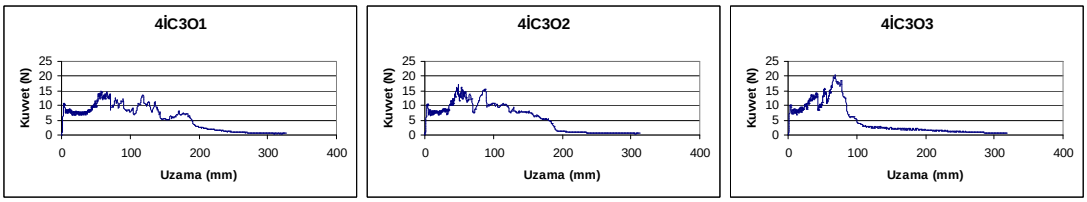
KUMAŞ KODU	Kumaş hareket miktarı (mm)	Krimpten dolayı iplik uzaması (mm)	İplik çekme kuvveti (N)
1. kat dikişsiz bölgeden yapılan iplik çekme verileri			
4İC-1O1	0	4	22,28
4İC-1O2	0	4	14,79
4İC-1O3	0	4	22,68
4İC-1O4	0	4	19,59
1. kat dikişli bölgeden yapılan iplik çekme verileri			
4İC-1D1	0	4	56,91
4İC-1D2	0	4	39,79
4İC-1D3	0	4	29,39
4İC-1D4	0	4	37,85
4İC-1D5	0	4	69,79
4İC-1D6	0	4	66,04
4İC-1D7	0	4	40,40
7. kat dikişsiz bölgeden yapılan iplik çekme verileri			
4İC-2O1	0	4	14,76
4İC-2O2	0	4	14,09
4İC-2O3	0	4	16,10
4İC-2O4	0	4	29,93
7. kat dikişli bölgeden yapılan iplik çekme verileri			
4İC-2D1	0	4	33,55
4İC-2D2	0	4	30,46
4İC-2D3	0	4	37,98
4İC-2D4	0	4	39,86
4İC-2D5	0	4	39,73
4İC-2D6	0	4	39,73
4İC-2D7	0	4	32,34
14. kat dikişsiz bölgeden yapılan iplik çekme verileri			
4İC-3O1	0	4	14,89
4İC-3O2	0	4	17,04
4İC-3O3	0	4	21,34
4İC-3O4	0	4	17,70
14. kat dikişli bölgeden yapılan iplik çekme verileri			
4İC-3D1	0	4	37,98
4İC-3D2	0	4	37,98
4İC-3D3	0	4	33,28
4İC-3D4	0	4	23,35
4İC-3D5	0	4	25,23
4İC-3D6	0	4	36,64
4İC-3D7	0	4	33,35



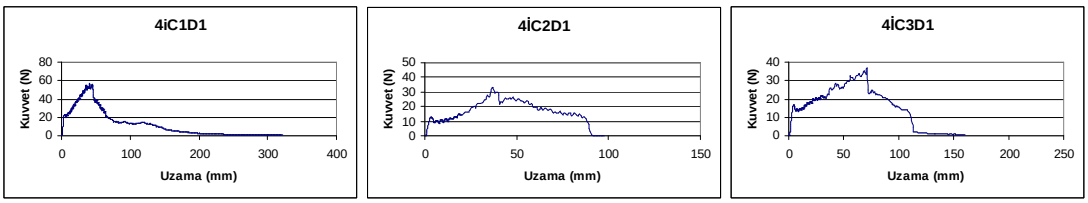
Şekil 4.72. 1. kat dikişsiz bölgeden yapılan iplik çekmelerinin orta 1, 2 ve 3'ün kuvvet-uzama grafikleri.



Şekil 4.73. 7. kat dikişsiz bölgeden yapılan iplik çekmelerinin orta 1, 2 ve 3'ün kuvvet-uzama grafikleri.



Şekil 4.74. 14. kat dikişsiz bölgeden yapılan iplik çekmelerinin orta 1, 2 ve 3'ün kuvvet-uzama grafikleri.



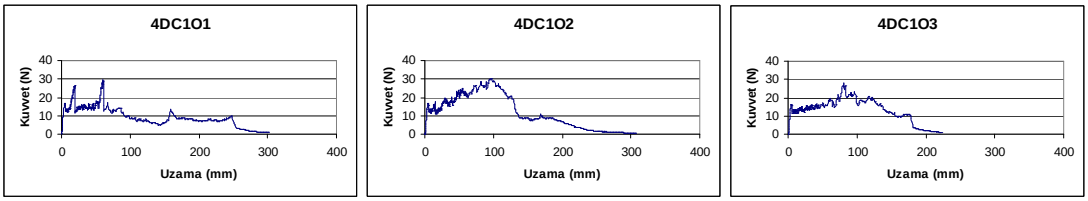
Şekil 4.75. Sırasıyla 1. kat 7. kat ve 14. kattan 1. dikişten çekilen ipliklerin kuvvet-uzama grafikleri.

4.5.2.4. 14 Katlı Dört Yön Dikişli Kumaştan Çözgü Yönünde Yapılan İplik Çekme Deney Sonuçları

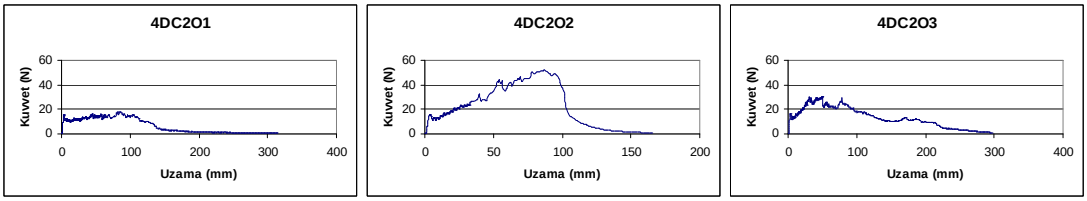
Twaron CT714 seyrek kumaş kullanımı ile geliştirilen 14 katlı çözgü yönünde dört yön dikişli yapıya çözgü yönünde 30 cm de uygulanan iplik çekme testi ile elde edilen veriler Tablo 4.32 ve Şekil 4.76-4.79 de verilmiştir. Tablo ve şekillerden görüleceği üzere katlı yapının ön yüzeyinden tekli çekilen ipliklerin dikişle temas etmeyen bölgesinden ve dikişle temas eden bölgesinden elde edilen veriler incelendiğinde dikişsiz bölgeden çekilen ipliğin dayanım değeri ve krimpden dolayı iplik uzaması sırası ile ortalama 32 N ve 4 mm bulunmuştur, ki bu aynı kumaşın tekli formunda yapılan çekimdeki değerler olan 16 N ve 7-4 mm den farklılık gösterdiği tespit edilmiştir. Yani katlı yapıya merminin vurması ile iplik çekilmesi için daha fazla çekme yüküne gereksinim göstereceği izlenimi vermiştir. Aynı yapının dikişli bölgesinden çekilen ipliklerin dayanım ve uzama değerleri sırası ile 33-104 N aralığı ve 4 mm bulunmuştur. Bu da göstermektedir ki dikişli formdaki katlı yapılardan ipliklerin çekilmesi için daha fazla bir yüke ihtiyaç vardır. Bu özellikle mermi-lif etkileşim bölgesinin dikişli ve dikişsiz kısımlarında farklı iplik çekme değeri gösterebileceğini ifade eder ve yapının vurma yüklemelerinde heterojen davranış sergileyeceğinin kanıtıdır.

Tablo 4.32. Twaron™ CT 714 kumaştan geliştirilen dört yön dikişli yapının çözgü yönünde iplik çekme test değerleri.

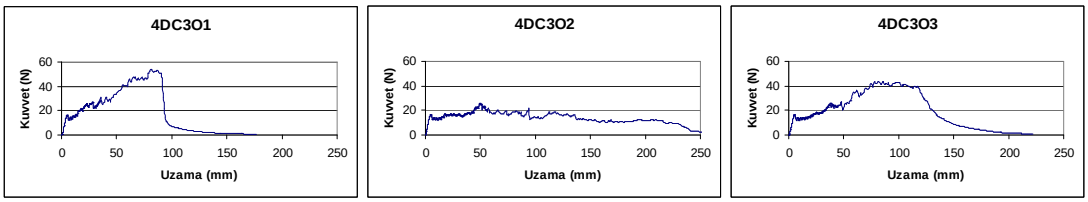
KUMAŞ KODU	Kumaş hareket miktarı (mm)	Krimpten dolayı iplik uzaması (mm)	İplik çekme kuvveti (N)
1. kat dikişsiz bölgeden yapılan iplik çekme verileri			
4DC-1O1	0	4	29,53
4DC-1O2	0	4	30,73
4DC-1O3	0	4	28,99
4DC-1O4	0	4	38,12
1. kat dikişli bölgeden yapılan iplik çekme verileri			
4DC-1D1	0	4	98,25
4DC-1D2	0	4	45,77
4DC-1D3	0	4	33,42
4DC-1D4	0	4	55,16
4DC-1D5	0	4	104,20
4DC-1D6	0	4	82,41
4DC-1D7	0	4	85,23
7. kat dikişsiz bölgeden yapılan iplik çekme verileri			
4DC-2O1	0	4	18,52
4DC-2O2	0	4	52,48
4DC-2O3	0	4	30,87
4DC-2O4	0	4	27,38
7. kat dikişli bölgeden yapılan iplik çekme verileri			
4DC-2D1	0	4	61,74
4DC-2D2	0	4	54,09
4DC-2D3	0	4	42,16
4DC-2D4	0	4	85,23
4DC-2D5	0	4	63,89
4DC-2D6	0	4	48,72
4DC-2D7	0	4	58,12
14. kat dikişsiz bölgeden yapılan iplik çekme verileri			
4DC-3O1	0	4	54,22
4DC-3O2	0	4	25,90
4DC-3O3	0	4	43,75
4DC-3O4	0	4	43,62
14. kat dikişli bölgeden yapılan iplik çekme verileri			
4DC-3D1	0	4	45,77
4DC-3D2	0	4	49,53
4DC-3D3	0	4	42,95
4DC-3D4	0	4	37,18
4DC-3D5	0	4	65,23
4DC-3D6	0	4	64,96
4DC-3D7	0	4	57,04



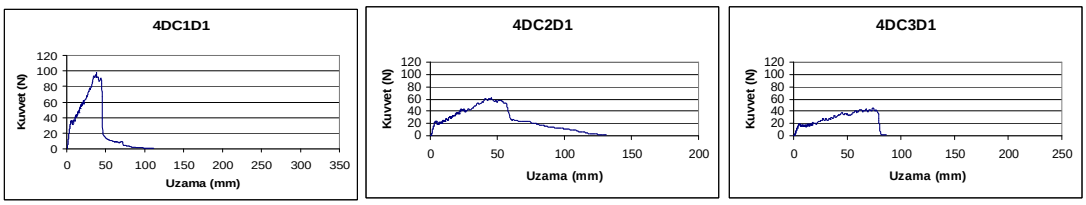
Şekil 4.76. 1. kat dikişsiz bölgeden yapılan iplik çekmelerinin orta 1, 2 ve 3'ün kuvvet-uzama grafikleri.



Şekil 4.77. 7. kat dikişsiz bölgeden yapılan iplik çekmelerinin orta 1, 2 ve 3'ün kuvvet-uzama grafikleri.



Şekil 4.78. 14. kat dikişsiz bölgeden yapılan iplik çekmelerinin orta 1, 2 ve 3'ün kuvvet-uzama grafikleri.



Şekil 4.79. Sırasıyla 1. kat 7. kat ve 14. kattan 1. dikişten çekilen ipliklerin kuvvet-uzama grafikleri.

4.6. Atış Sonuçları

4.6.1. Twaron™ CT 714 Kodlu Kumaştan Geliştirilen Yapıların Atış Sonuçları

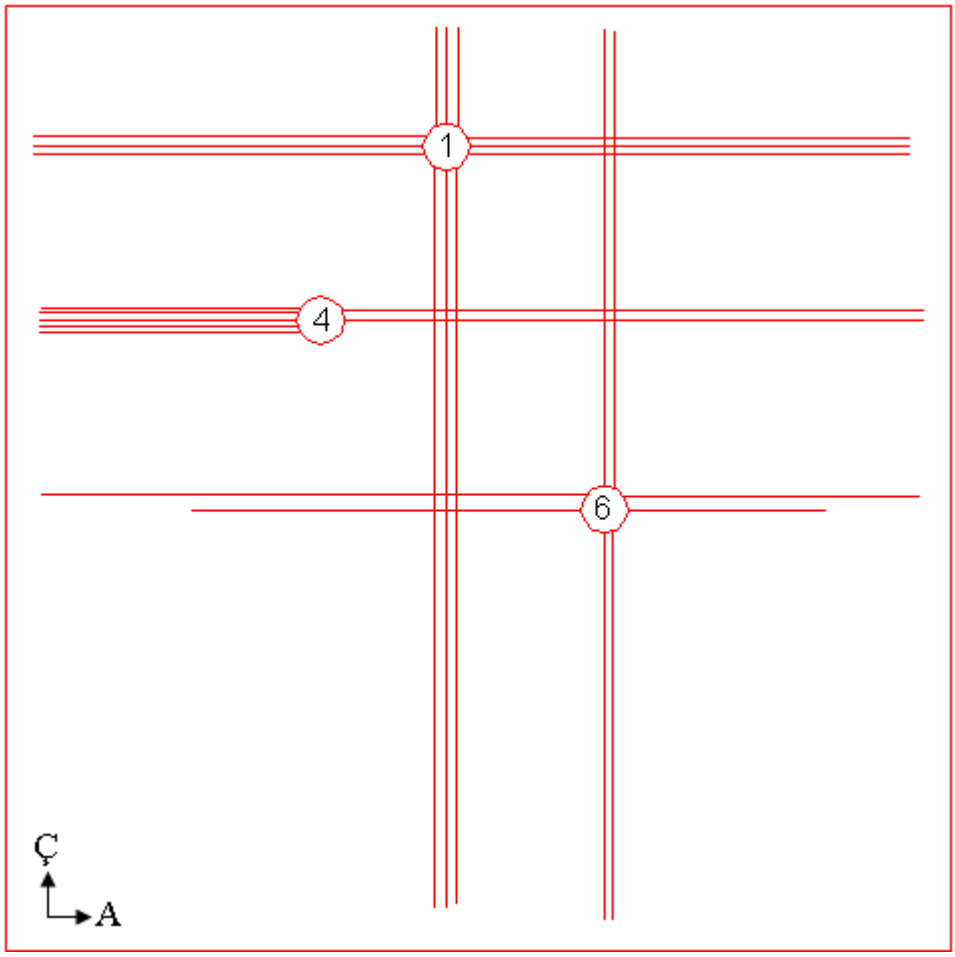
4.6.1.1. Twaron™ CT 714 Kodlu Kumaştan 14 Katlı Dikişsiz Yapının Atış Sonuçları

CT 714 kodlu seyrek kumaştan geliştirilen 14 katlı dikişsiz katlı yapıya 1, 4 ve 6 nolu atışlar yapıldı. Atış sonrası yapıda meydana gelen şekil değişimi macun üzerindeki izle (back face signature) birlikte Şekil 4.80 de ve yapının ilk katındaki iplik setleri üzerindeki şekil değişimi ise şematik olarak Şekil 4.81 de, ayrıca ölçülen veriler Tablo 4.33 de ayrıntıları ile verilmiştir.

1 ve 4 nolu atışların yapı tarafından absorblanması çok sayıda ipliklerin her bir katta başta iplik çekilmesi ve çok az olarakta krimp düzelmesi ile gerçekleşirken ipliklerden bazılarının kırıldığı ve bazılarının da kısmi kırılması ile gerçekleştiği anlaşılmıştır. Örneğin 1. atışta ilk kattaki bozunan toplam iplik sayısı 13 iken bu 2. katta da 13 ve 3. katta ise 11 olarak tespit edilmiştir. Buradan ilk katların ciddi kinetik enerji yükü altında olduğu söylenebilir. Ayrıca bu kinetik enerjinin dar bir hacimde olduğu ve bunun her bir kattaki geniş bir yüzeye dağıtılmadığı tahmin edilmiştir. Ancak 6. atış irdelendiğinde bu enerjinin tamamının absorblanmadığı ve merminin yapıyı deldiği görülmüştür. Absorblama prosesine katkı sağlayan toplam iplik sayısı 186 dır. Burada göz önüne alınacak bir başka noktada mermi hızı ile ortaya çıkan enerjinin seviyesinin absorblamaya katkı sağlayacak iplik sayıları ile olası ilgisidir. Ancak mermi hızının kritik eşik değerlerinin üzerinde olaylarının son derece non lineer gerçekleşeceği tahmin edilmektedir.



Şekil 4.80. Twaron™ CT 714 kodlu kumaştan geliştirilen 14 katlı dikişsiz yapının atış sonrası ve macun üzerindeki iz görüntüsü.



Şekil 4.81. Twaron™ CT 714 kodlu kumaştan geliştirilen 14 katlı dikişsiz yapıda atış sonrası ilk kattaki iplik çekilmesi ve krimp düzelmesinin şematik gösterimi.

Tablo 4.33. Twaron™ CT 714 kodlu kumaştan geliştirilen 14 katlı dikişsiz yapının atış sonuçları.

Silah tipi	Mermi hızı m/s	Koni derinliği (mm)	Koni çapı (mm)	Bozunan kat sayısı	Bozunan katlar	Kırılan iplik sayısı		Kısmi kırılan iplik sayısı		Çekilen iplik sayısı		Krimp uzaması	
						Atkı	Çözgü	Atkı	Çözgü	Atkı	Çözgü	Atkı	Çözgü
1 Nolu atış CZ 75	346,5	43	47,83	5	1. Kat	2	2	1	2	3	3	---	---
					2. Kat	---	---	2	2	4	5	---	---
					3. Kat	---	---	1	1	4	5	---	---
					4. Kat	---	---	---	---	---	---	---	---
					5. Kat	---	---	---	---	---	---	---	---
					Toplam	2	2	4	5	11	13	---	---
4 Nolu atış BARETTA	317	38	43,09	6	1. Kat	2	3	3	2	4	5	---	---
					2. Kat	3	4	1	1	4	4	---	---
					3. Kat	4	4	1	1		4	---	---
					4. Kat	---	---	1	---	---	---	---	---
					5. Kat	---	---	---	---	---	---	---	---
					6. Kat	---	---	---	---	---	---	---	---
					Toplam	9	11	6	4	8	13	---	---
6 Nolu atış MP5	395,5	DELİNDİ	41,56	Delindi	1. Kat	---	1	2	2	2	2	---	---
					2. Kat	---	2	3	2	2	2	---	---
					3. Kat	---	---	3	2	3	2	---	---
					4. Kat	---	2	3	1	3	6	---	---
					5. Kat	---	3	2	1	2	8	---	---
					6. Kat	---	3	2	2	2	8	---	---
					7. Kat	3	3	1	1	2	7	---	---
					8. Kat	2	2	1	1	2	6	---	---
					9. Kat	2	2	2	2	1	8	---	---
					10. Kat	2	2	2	2		7	3	---
					11. Kat	1	2	---	1	1	5	---	---
					12. Kat	1	2	1	1	3	4	---	---
					13. Kat	2	1	1	2	3	1	---	---
					14. Kat	2	1	1	2	3	1	---	---
					Toplam	15	26	24	22	29	67	3	---

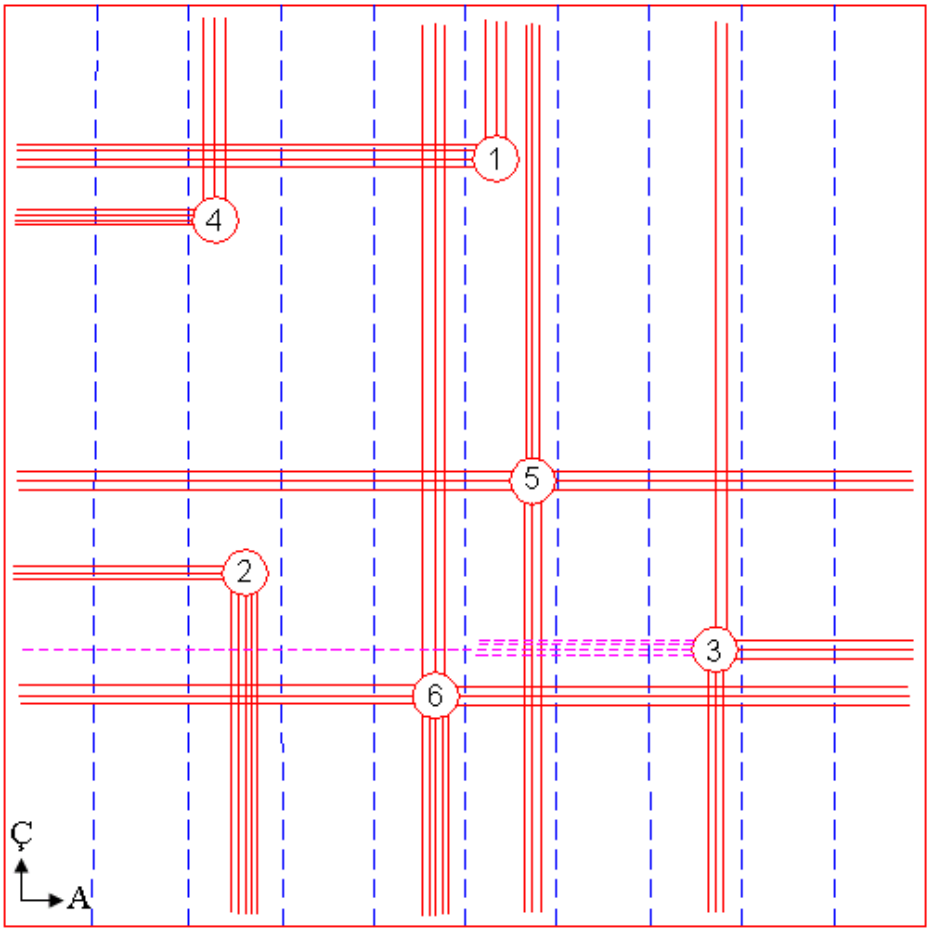
4.6.1.2. Twaron™ CT 714 Kodlu Kumaştan 14 Katlı Tek Yön Dikişli Yapının Atış Sonuçları

CT 714 kodlu seyrek kumaştan geliştirilen 14 katlı çözgü yönünde tek yön polyamid dikişli katlı yapıya 1, 2, 3, 4, 5 ve 6 nolu atışlar yapılmıştır. Atış sonrası yapıda meydana gelen şekil değişimi macun üzerindeki izle (back face signature) birlikte Şekil 4.82 de ve yapının ilk katındaki iplik setleri üzerindeki şekil değişimi ise şematik olarak Şekil 4.83 de, ayrıca ölçülen veriler Tablo 4.34 de ayrıntıları ile verilmiştir.

5, 4 ve 6 nolu atışların yapı tarafından absorblanması çok sayıda ipliklerin her bir katta başta iplik çekilmesi ve çok az olarakta krimp düzelmesi ile gerçekleşirken ipliklerden bazılarının kırıldığı ve bazılarının da kısmi kırılması ile gerçekleştiği anlaşılmıştır. Özellikle yapının orta bölgelerine kıyasla kenar bölgelerine yakın atışlarda çoklu iplik çekilmeleri olduğu bununda iplikler arasındaki kesişme sayılarının az olmasından kaynaklandığı söylenebilir. Örneğin 5. Atışta (330 m/s) ilk kattaki bozunan toplam iplik sayısı 11 iken bu 2. katta da 11, 3. ve 4. katlarda 0 olarak tespit edilmiştir. Buradan ilk katların ciddi kinetik enerji yükü altında olduğu söylenebilir. Ayrıca bu kinetik enerjinin dar bir hacimde olduğu ve bunun her bir kattaki geniş bir yüzeye dağıtılmadığı tahmin edilmiştir. Ancak 6. atış (390 m/s) irdelendiğinde bu enerjinin tamamının 6 katta absorblandığı ve absorblama prosesine katkı sağlayan iplik sayılarının 1. katta 12, 2. de 16, 3. de 15, 4. de 15, 5. de 15 ve 6. da 22 olmak üzere toplam 95 olduğu anlaşılmıştır. Burada göz önüne alınacak bir başka noktada mermi hızı ile ortaya çıkan enerjinin seviyesinin absorblamaya katkı sağlayacak iplik sayıları ile olası ilgisidir. Ancak mermi hızının kritik eşik değerlerinin üzerinde olayların son derece non lineer gerçekleşeceği tahmin edilmektedir.



Şekil 4.82. Twaron™ CT 714 kodlu kumaştan geliştirilen 14 katlı tek yön dikişli (Nylon 6.6 dikişli) yapıda atış sonrası görüntüsü.



Şekil 4.83. Twaron™ CT 714 kodlu kumaştan geliştirilen 14 katlı tek yön dikişli (Nylon 6.6 dikişli) yapıda atış sonrası ilk kattaki iplik çekilmesi ve krimp düzelmesinin şematik görünümü.

Tablo 4.34. Twaron™ CT 714 kodlu kumaştan geliştirilen 14 katlı tek yön dikişli yapının atış sonuçları (Nylon 6,6 dikişli).

Silah tipi	Mermi hızı m/s	Koni derinliği (mm)	Koni çapı (mm)	Bozunan kat sayısı	Bozunan katlar	Kırılan iplik sayısı		Kısmi kırılan iplik sayısı		Çekilen iplik sayısı		Krimp uzaması	
						Atkı	Çözgü	Atkı	Çözgü	Atkı	Çözgü	Atkı	Çözgü
1 Nolu atış CZ 75	339,9	40	43,76	4	1. Kat	2	2	3	3	3	4	---	---
					2. Kat	1	---	4	2	2	4	---	---
					3. Kat	1	---	2	2	---	4	---	---
					4. Kat	---	---	---	---	---	4	---	---
					Toplam	4	2	9	7	5	16	---	---
5 Nolu atış CZ 75	331,7	40	50,73	4	1. Kat	1	1	2	1	3	3	---	---
					2. Kat	---	---	2	1	4	4	---	---
					3. Kat	---	---	---	---	---	---	---	---
					4. Kat	---	---	---	---	---	---	---	---
					Toplam	1	1	4	2	7	7	---	---
4 Nolu atış BARETTA	349,4	42	45,71	4	1. Kat	2	1	2	3	4	3	---	---
					2. Kat	1	---	3	2	7	9	---	---
					3. Kat	---	---	1	1	6	6	---	---
					4. Kat	---	---	---	---	6	6	---	---
					Toplam	3	1	6	6	23	24	---	---
2 Nolu atış BARETTA	340,5	41	59,97	5	1. Kat	1	3	3	2	3	5	---	---
					2. Kat	---	3	2	2	6	6	---	---
					3. Kat	---	---	1	2	6	6	---	---
					4. Kat	---	---	1	2	6	6	---	---
					5. Kat	---	---	1	2	6	6	---	---
					Toplam	1	6	8	10	27	29	---	---
6 Nolu atış MP5	392,9	44	49,17	6	1. Kat	1	1	1	2	3	4	---	---
					2. Kat	1	---	3	2	5	5	---	---
					3. Kat	1	1	2	2	5	4	---	---
					4. Kat	1	---	2	2	5	5	---	---
					5. Kat	---	---	1	1	6	7	---	---
					6. Kat	---	---	---	---	11	11	---	---
					Toplam	4	2	9	9	35	36	---	---
3 Nolu atış MP5	389,4	46	49,81	6	1. Kat	2	1	1	2	3	3	4	---
					2. Kat	1	2	3	2	4	4	---	---
					3. Kat	1	2	3	1	5	7	---	---
					4. Kat	---	---	2	1	5	7	---	---
					5. Kat	---	---	1	2	6	10	---	---
					6. Kat	---	---	---	---	10	10	---	---
					Toplam	4	5	10	8	33	41	---	---

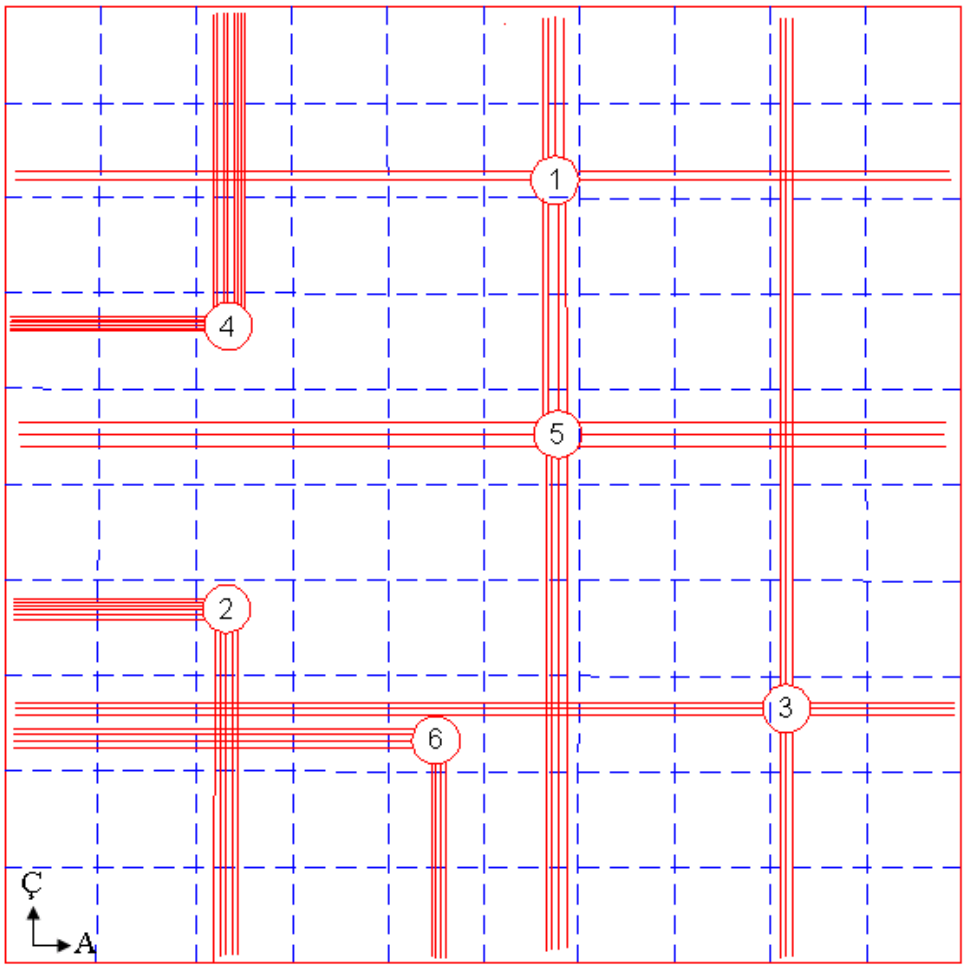
4.6.1.3. Twaron™ CT 714 Kodlu Kumaştan 14 Katlı İki Yön Dikişli (Nylon 6,6 Dikişli) Yapının Atış Sonuçları

CT 714 kodlu seyrek kumaştan geliştirilen 14 katlı iki yönlü polyamid dikişli katlı yapıya 1, 2, 3, 4, 5 ve 6 nolu atışlar yapılmıştır. Atış sonrası yapıda meydana gelen şekil değişimi macun üzerindeki izle (back face signature) birlikte Şekil 4.84 de ve yapının ilk katındaki iplik setleri üzerindeki şekil değişimi ise şematik olarak Şekil 4.85 de, ayrıca ölçülen veriler Tablo 4.35 de ayrıntıları ile verilmiştir.

4, 2 ve 6 nolu atışların yapı tarafından absorblanması çok sayıda ipliklerin her bir katta başta iplik çekilmesi ve çok az olarakta krimp düzelmesi ile gerçekleşirken ipliklerden bazılarının kırıldığı ve bazılarının da kısmi kırılması ile gerçekleştiği anlaşılmıştır. Özellikle yapının orta bölgelerine kıyasla kenar bölgelerine yakın atışlarda çoklu iplik çekilmeleri olduğu bununda iplikler arasındaki kesişme sayılarının az olmasından kaynaklandığı söylenebilir. Örneğin 4. atışta (326 m/s) ilk kattaki bozunan toplam iplik sayısı 21 iken bu 2. katta 19, 3. de 19, 4. de 18, ve 5. de 20 olmak üzere 97 olarak tespit edilmiştir. Buradan ilk katların ciddi kinetik enerji yükü altında olduğu söylenebilir. Ayrıca bu kinetik enerjinin dar bir hacimde olduğu ve bunun her bir kattaki geniş bir yüzeye dağıtılmadığı tahmin edilmiştir. Ancak 6. atış (390 m/s) irdelendiğinde bu enerjinin tamamının 7 katta absorblandığı ve absorblama prosesine katkı sağlayan iplik sayılarının 1. katta 17, 2. de 17, 3. de 20, 4. de 22, 5. de 21, 6. da 24 ve 7. de 29 olmak üzere toplam 150 olduğu anlaşılmıştır. Burada göz önüne alınacak bir başka noktada mermi hızı ile ortaya çıkan enerjinin seviyesinin absorblamaya katkı sağlayacak iplik sayıları ile olası ilgisidir. Ancak mermi hızının kritik eşik değerlerinin üzerinde olayların son derece non lineer gerçekleşeceği tahmin edilmektedir. Bu non lineerliğin bir başka tanımlaması da yüksek hızlarda yapının ve dolayısı ile yapıdaki ipliklerin verecekleri tepkide (ballistic response) geç kalmalarıdır.



Şekil 4.84. Twaron™ CT 714 kodlu kumaştan geliştirilen 14 katlı iki yön dikişli (Nylon 6.6 dikişli) yapıda atış sonrası görüntüsü.



Şekil 4.85. Twaron™ CT 714 kodlu kumaştan geliştirilen 14 katlı iki yön dikişli (Nylon 6.6 dikişli) yapıda atış sonrası ilk kattaki iplik çekilmesi ve krimp düzelmesinin şematik görünümü.

Tablo 4.35. Twaron™ CT 714 kodlu kumaştan geliştirilen 14 katlı iki yön dikişli yapının atış sonuçları (Nylon 6,6 dikişli).

Silah tipi	Mermi hızı m/s	Koni derinliği (mm)	Koni çapı (mm)	Bozunan kat sayısı	Bozunan katlar	Kırılan iplik sayısı		Kısmi kırılan iplik sayısı		Çekilen iplik sayısı		Krimp uzaması	
						Atkı	Çözgü	Atkı	Çözgü	Atkı	Çözgü	Atkı	Çözgü
1 Nolu atış CZ 75	334,5	41	44,43	6	1. Kat	---	1	2	2	2	4	---	---
					2. Kat	---	2	3	2	3	2	---	---
					3. Kat	1	2	2	1	3	3	---	---
					4. Kat	1	1	2	3	5	4	---	---
					5. Kat	1	1	1		5	5	---	---
					6. Kat	1	---	---	1	6	8	---	---
					Toplam	4	7	10	9	24	26	---	---
5 Nolu atış CZ 75	327,1	36	48,61	5	1. Kat	3	2	2	2	3	4	---	---
					2. Kat	4	2	1	3	4	3	---	---
					3. Kat	1	2	3	2	4	4	---	---
					4. Kat	1	1	1	1	5	5	---	---
					5. Kat		1	1	1	6	5	---	---
					Toplam	9	8	8	9	22	21	---	---
4 Nolu atış BARETTA	326,1	40	43,5	5	1. Kat	1	---	3	3	6	8	---	---
					2. Kat	1	---	2	3	5	8	---	---
					3. Kat	---	---	1	1	7	10	---	---
					4. Kat	---	---	---	---	8	10	---	---
					5. Kat	---	---	---	---	9	11	---	---
					Toplam	2	0	6	7	35	47	---	---
2 Nolu atış BARETTA	356,8	40	47,47	6	1. Kat	1	2	4	4	6	5	---	---
					2. Kat	1	2	2	2	6	5	---	---
					3. Kat	1	3	2	1	8	6	---	---
					4. Kat	---	4	2	1	9	8	---	---
					5. Kat	---	4	2	---	9	10	---	---
					6. Kat	---	3	---	---	11	10	---	---
					Toplam	3	18	12	8	49	44	---	---
6 Nolu atış MP5	390	46	49,52	7	1. Kat	4	3	1	1	4	4	---	---
					2. Kat	3	2	2	1	4	5	---	---
					3. Kat	4	1	1	3	4	7	---	---
					4. Kat	4	1	1	3	5	8	---	---
					5. Kat	3	1	2	3	4	8	---	---
					6. Kat	2	---	2	2	8	10	---	---
					7. Kat	---	---	---	---	14	15	---	---
					Toplam	20	8	9	13	43	57	---	---
3 Nolu atış MP5	379,2	43	46,67	7	1. Kat	3	4	1	---	3	3	---	---
					2. Kat	1	2	3	2	4	3	---	---
					3. Kat	1	1	2	3	5	6	---	---
					4. Kat	1	1	3	2	7	8	---	---
					5. Kat	---	1	2	1	7	9	---	---
					6. Kat	---	1	1	1	8	9	---	---
					7. Kat	---	---	---	---	13	11	---	---
					Toplam	6	10	12	9	47	49	---	---

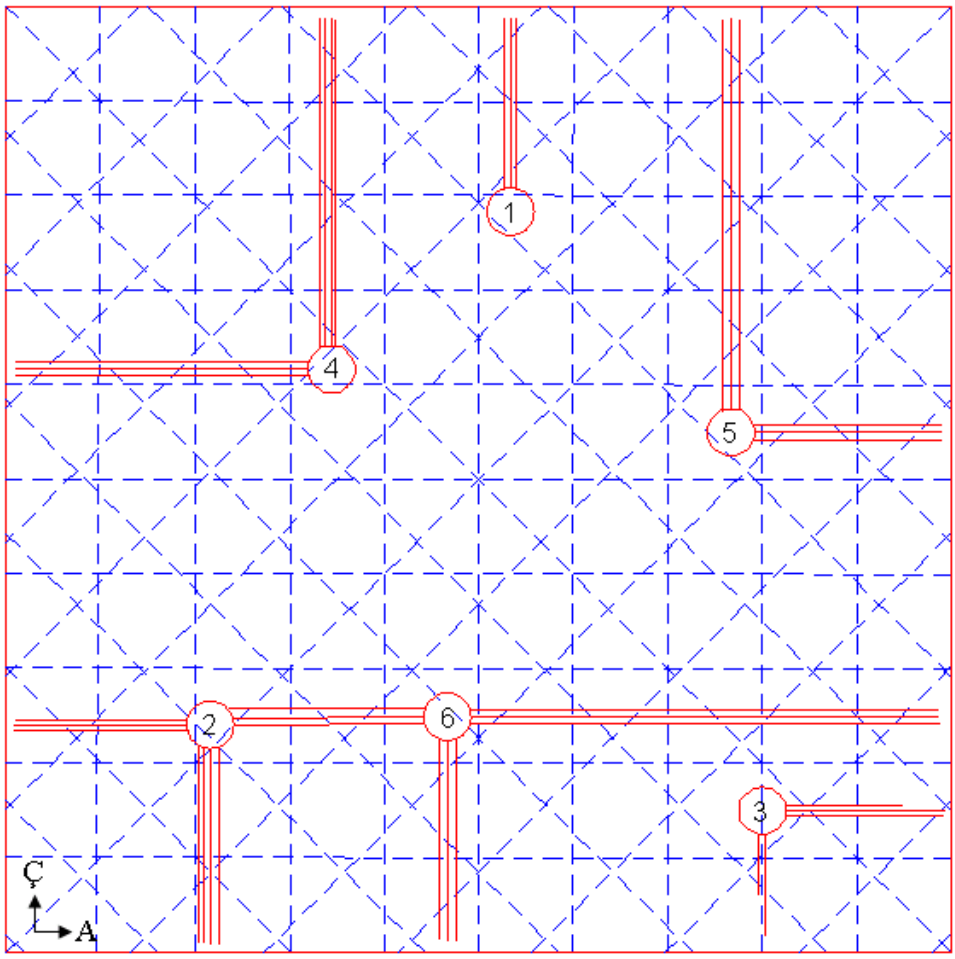
4.6.1.4. Twaron™ CT 714 Kodlu Kumaştan 14 Katlı Dört Yön Dikişli (Nylon 6,6 Dikişli) Yapının Atış Sonuçları

CT 714 kodlu seyrek kumaştan geliştirilen 14 katlı dört yönlü polyamid dikişli katlı yapıya 1, 2, 3, 4, 5 ve 6 nolu atışlar yapılmıştır. Atış sonrası yapıda meydana gelen şekil değişimi macun üzerindeki izle (back face signature) birlikte Şekil 4.86 de ve yapının ilk katındaki iplik setleri üzerindeki şekil değişimi ise şematik olarak Şekil 4.87 de, ayrıca ölçülen veriler Tablo 4.36 de ayrıntıları ile verilmiştir.

2, 4 ve 3 nolu atışların yapı tarafından absorblanması çok sayıda ipliklerin her bir katta başta iplik çekilmesi ve krimp düzelmesi ile gerçekleşirken ipliklerden bazılarının kırıldığı ve bazılarının da kısmi kırılması ile gerçekleştiği anlaşılmıştır. Özellikle yapının orta bölgelerine kıyasla kenar bölgelerine yakın atışlarda çoklu iplik çekilmeleri olduğu bununda iplikler arasındaki kesişme sayılarının az olmasından kaynaklandığı söylenebilir. Örneğin 2. atışta (275 m/s) ilk kattaki bozunan toplam iplik sayısı 14 iken bu 2. katta 11, 3. de 14 olmak üzere 39 olarak tespit edilmiştir. Buradan ilk katların ciddi kinetik enerji yükü altında olduğu söylenebilir. Ayrıca bu kinetik enerjinin dar bir hacimde olduğu ve bunun her bir kattaki geniş bir yüzeye dağıtılmadığı tahmin edilmiştir. Ancak 6. atış (410 m/s) irdelendiğinde bu enerjinin tamamının 9 katta absorblandığı ve absorblama prosesine katkı sağlayan iplik sayılarının 1. katta 13, 2. de 17, 3. de 19, 4. de 19, 5. de 18, 6. da 17, 7. de 21, 8. de 28 ve 9. da 30 olmak üzere toplam 182 olduğu anlaşılmıştır. Burada göz önüne alınacak bir başka noktada mermi hızı ile ortaya çıkan enerjinin seviyesinin absorblamaya katkı sağlayacak iplik sayıları ile olası ilgisi ve her bir iplikteki yük dağılımının şeklidir. Ancak mermi hızının kritik eşik değerlerinin üzerinde olayların son derece non lineer gerçekleşeceği tahmin edilmektedir. Bu non lineerliğin bir başka tanımlaması da yüksek hızlarda yapının ve dolayısı ile yapıdaki ipliklerin verecekleri tepkide (ballistic response) geç kalmalarıdır.



Şekil 4.86. Twaron™ CT 714 kodlu kumaştan geliştirilen 14 katlı dört yön dikişli (Nylon 6.6 dikişli) yapıda atış sonrası görüntüsü.



Şekil 4.87. Twaron™ CT 714 kodlu kumaştan geliştirilen 14 katlı dört yön dikişli (Nylon 6.6 dikişli) yapıda atış sonrası ilk kattaki iplik çekilmesi ve krimp düzelmesinin şematik gösterimi.

Tablo 4.36. Twaron™ CT 714 kodlu kumaştan geliştirilen 14 katlı dört yön dikişli yapının atış sonuçları (Nylon 6,6 dikişli).

Silah tipi	Mermi hızı m/s	Koni derinliği (mm)	Koni çapı (mm)	Bozunan kat sayısı	Bozunan katlar	Kırılan iplik sayısı		Kısmi kırılan iplik sayısı		Çekilen iplik sayısı		Krimp uzaması	
						Atkı	Çözgü	Atkı	Çözgü	Atkı	Çözgü	Atkı	Çözgü
1 Nolu atış CZ 75	340,2	38	42,52	4	1. Kat	---	---	5	4	---	3	---	---
					2. Kat	---	---	2	2	---	4	---	---
					3. Kat	2	---	1	1	2	7	---	---
					4. Kat	---	---	---	---	---	7	---	---
					Toplam	2	0	8	7	2	21	---	---
5 Nolu atış CZ 75	315,7	37	45,77	4	1. Kat	4	3	2	1	3	3	---	---
					2. Kat	1	1	2	2	4	5	---	---
					3. Kat	1	1	1	1	4	8	---	---
					4. Kat	---	---	---	---	7	7	---	---
					Toplam							---	---
4 Nolu atış BARETTA	342,9	38	48,89	5	1. Kat	1	1	2	2	3	4	---	---
					2. Kat	---	2	3	1	4	4	---	---
					3. Kat	---	---	2	2	4	5	---	---
					4. Kat	---	---	2	2	4	9	---	---
					5. Kat	---	---	---	---	6	9	---	---
					Toplam	1	3	9	7	21	31	---	---
2 Nolu atış BARETTA	274,8	38	49,56	3	1. Kat	1	2	2	2	4	3	---	---
					2. Kat	1	---	1	1	3	5	---	---
					3. Kat	---	---	1	1	5	7	---	---
					Toplam	2	2	4	4	12	15	---	---
6 Nolu atış MP5	390,6	43	52,51	7	1. Kat	2	2	2	3	3	3	---	---
					2. Kat	---	1	3	2	3	4	---	---
					3. Kat	1	1	2	2	4	4	---	---
					4. Kat	1	1	1	2	3	5	---	---
					5. Kat	---	1	1	1	4	7	---	---
					6. Kat	---	---	1	1	8	9	---	---
					7. Kat	---	---	---	---	11	12	---	---
					Toplam	4	6	10	11	36	44	---	---
3 Nolu atış MP5	410,6	48	50,49	9	1. Kat	3	2	1	2	3	2	---	---
					2. Kat	3	2	1	2	5	4	---	---
					3. Kat	1	---	4	4	5	5	---	---
					4. Kat	---	1	4	3	5	6	---	---
					5. Kat	1	---	2	2	6	7	---	---
					6. Kat	---	---	2	---	7	8	---	---
					7. Kat	---	---	---	---	12	9	---	---
					8. Kat	---	---	---	---	14	14	---	---
					9. Kat	---	---	---	---	15	15	---	---
					Toplam	8	5	14	13	72	70	---	---

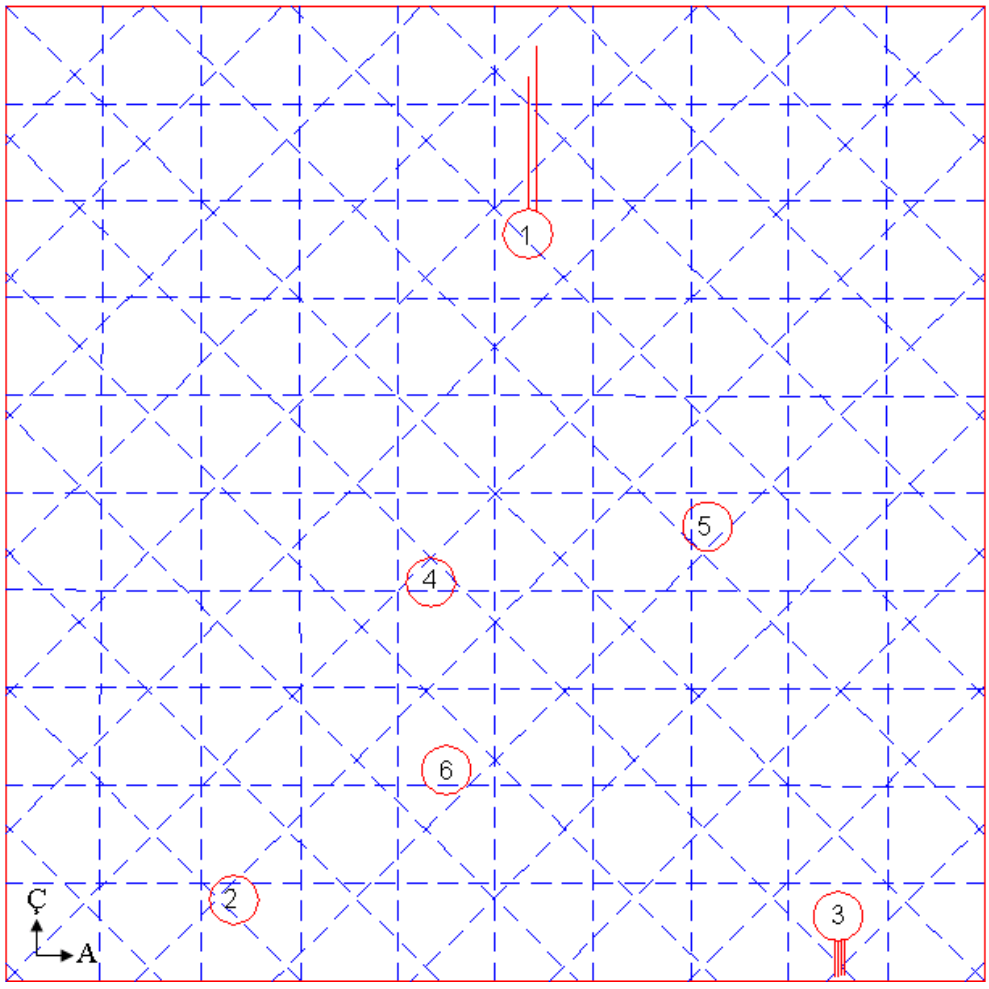
4.6.1.5. Twaron CT™ 714 Kodlu Kumaştan 14 Katlı Dört Yön Dikişli (Kevlar™ 129 Dikişli) Yapının Atış Sonuçları

CT 714 kodlu seyrek kumaştan geliştirilen 14 katlı dört yönlü kevlar™ 129 dikişli katlı yapıya 1, 2, 3, 4, 5 ve 6 nolu atışlar yapılmıştır. Atış sonrası yapıda meydana gelen şekil değişimi macun üzerindeki izle (back face signature) birlikte Şekil 4.88 de ve yapının ilk katındaki iplik setleri üzerindeki şekil değişimi ise şematik olarak Şekil 4.89 de, ayrıca ölçülen veriler Tablo 4.37 de ayrıntıları ile verilmiştir.

5, 1 ve 3 nolu atışların yapı tarafından absorblanması çok sayıda ipliklerin her bir katta başta iplik çekilmesi ve krimp düzelmesi ile gerçekleşirken ipliklerden bazılarının kırıldığı ve bazılarının da kısmi kırılması ile gerçekleştiği anlaşılmıştır. Özellikle yapının orta bölgelerine kıyasla kenar bölgelerine yakın atışlarda çoklu iplik çekilmeleri olduğu bununda iplikler arasındaki kesişme sayılarının az olmasından kaynaklandığı söylenebilir. Örneğin 5. atışta (304 m/s) ilk kattaki bozunan toplam iplik sayısı 8 iken bu 2. katta 6, 3. de 6 ve 4. de 2 olmak üzere 22 olarak tespit edilmiştir. Buradan ilk katların ciddi kinetik enerji yükü altında olduğu söylenebilir. Ayrıca kevlar dikişli yapının polyamid e göre daha rijit ve bozunmaların da rijit olduğu tespit edilmiştir. Yana daha çok iplik kırılması daha az krimp düzelmesi ve iplik çekilmesi ancak toplamdaki iplik absorblama sayısında düşme gözlenmiştir. Ayrıca 3. atış (397 m/s) irdelendiğinde bu enerjinin tamamının 6 katta absorblandığı ve absorblama prosesine katkı sağlayan iplik sayılarının 1. katta 18, 2. de 16, 3. de 14, 4. de 15, 5. de 15, 6. da 16 olmak üzere toplam 94 olduğu anlaşılmıştır. Bir ilginç noktada 3. ve 6. atışlar eşdeğer olmasına karşın iplik absorlama sayısı sırası ile 94 ve 46 bulunmuştur. Fakat kırılan iplik üzerinden göz önüne alındığında ise sırası ile 25 ve 27 olarak tespit edilmiştir. Ayrıca, mermi hızının kritik eşik değerlerinin üzerinde olayların son derece non lineer gerçekleşeceği tahmin edilmektedir. Bu non lineerliğin bir başka tanımlaması da yüksek hızlarda yapının ve dolayısı ile yapıdaki ipliklerin verecekleri tepkide (ballistic response) geç kalmalarıdır.



Şekil 4.88. Twaron™ CT 714 kodlu kumaştan geliştirilen 14 katlı dört yön dikişli (Kevlar 129 dikişli) yapıda atış sonrası görüntüsü.



Şekil 4.89. Twaron™ CT 714 kodlu kumaştan geliştirilen 14 katlı dört yön dikişli (Kevlar™ 129 dikişli) yapıda atış sonrası ilk kattaki iplik çekilmesi ve krimp düzelmesinin şematik gösterimi.

Tablo 4.37. Twaron™ CT 714 kodlu kumaştan geliştirilen 14 katlı dört yön dikişli yapının atış sonuçları (Kevlar™ 129 dikişli).

Silah tipi	Mermi hızı m/s	Koni derinliği (mm)	Koni çapı (mm)	Bozunan kat sayısı	Bozunan katlar	Kırılan iplik sayısı		Kısmi kırılan iplik sayısı		Çekilen iplik sayısı		Krimp uzaması	
						Atkı	Çözgü	Atkı	Çözgü	Atkı	Çözgü	Atkı	Çözgü
1 Nolu atış CZ 75	346,2	36	49,01	6	1. Kat	2	---	2	3	---	2	---	---
					2. Kat	1	2	2	1	---	2	---	---
					3. Kat	2	4	---	---	---	2	---	---
					4. Kat	4	2	---	1	---	4	---	---
					5. Kat	2	---	1	---	---	5	---	---
					6. Kat	---	---	---	---	---	6	---	---
					Toplam	11	8	5	5	0	21	---	---
5 Nolu atış CZ 75	304,3	38	47,13	4	1. Kat	4	1	---	3	---	---	---	---
					2. Kat	1	2	2	1	---	---	---	---
					3. Kat	---	---	3	3	---	---	---	---
					4. Kat	---	---	---	2	---	---	---	---
					Toplam	5	3	5	9	---	---	---	---
4 Nolu atış BARETTA	319,4	37	48,68	4	1. Kat	3	5	1	1	---	---	---	---
					2. Kat	2	4	1	1	---	---	---	---
					3. Kat	1	3	3	1	---	---	---	---
					4. Kat	1	---	---	2	---	---	---	---
					Toplam	7	12	5	5	---	---	---	---
2 Nolu atış BARETTA	305,4	44	49,74	3	1. Kat	1	1	1	2	---	---	---	---
					2. Kat	---	---	1	2	---	---	---	---
					3. Kat	---	---	1	1	---	---	---	---
					Toplam	1	1	3	5	---	---	---	---
6 Nolu atış MP5	397,4	39	55,03	6	1. Kat	4	1	---	4	---	4	---	---
					2. Kat	4		2	4	---	4	---	---
					3. Kat	1	2	1	1	---	5	---	---
					4. Kat	---	---	2	1	---	6	---	---
					Toplam	9	3	5	10	---	19	---	---
3 Nolu atış MP5	397,4	47	51,95	6	1. Kat	4	3	1	3	3	4	---	---
					2. Kat	3	2	1	2	3	5	---	---
					3. Kat	---	---	2	2	4	6	---	---
					4. Kat	---	---	1	1	5	8	---	---
					5. Kat	---	---	---	---	6	9	---	---
					6. Kat	---	---	---	---	7	9	---	---
					Toplam	7	5	5	8	28	41	---	---

4.6.2. Twaron™ CT 716 Kodlu Kumaştan Geliştirilen Yapıların Atış Sonuçları

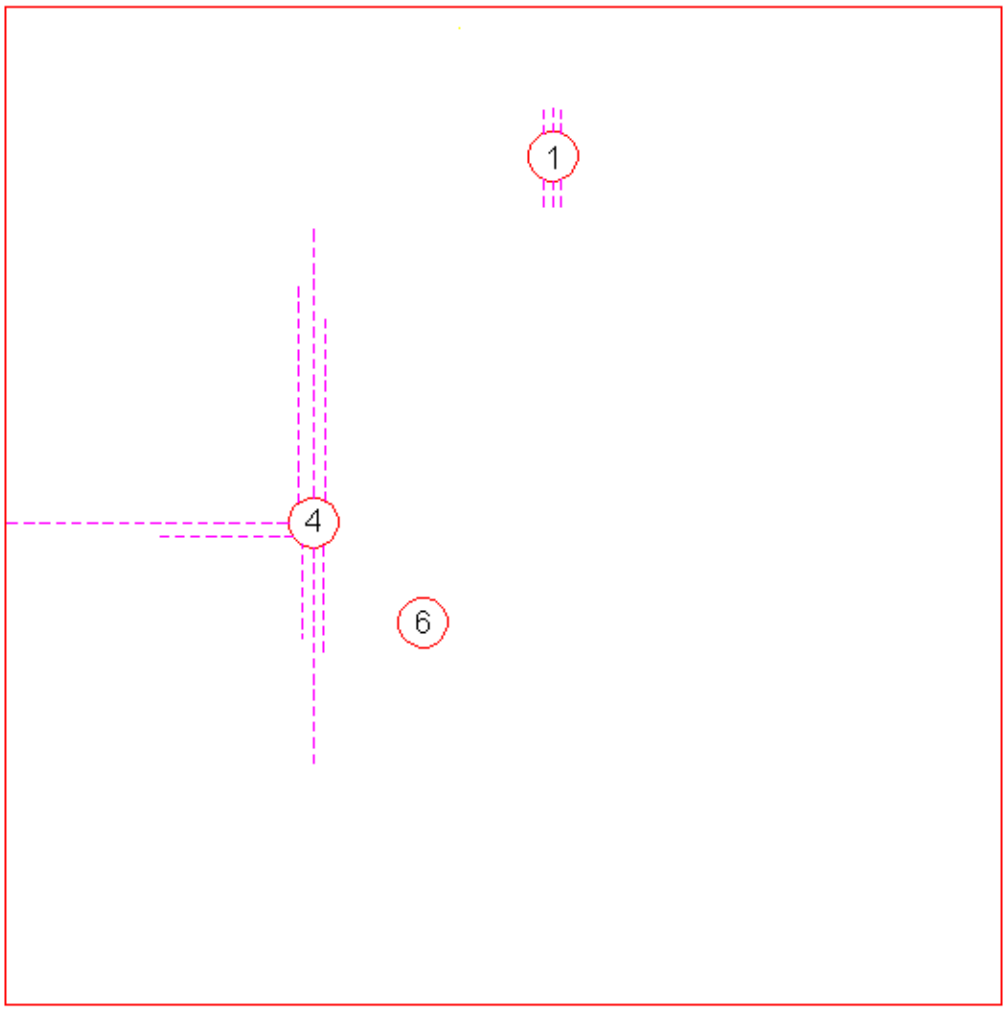
4.6.2.1. Twaron™ CT 716 Kodlu Kumaştan 14 Katlı Dikişsiz Yapının Atış Sonuçları

CT 716 kodlu sıkı kumaştan geliştirilen 14 katlı dikişsiz katlı yapıya 1, 4 ve 6 nolu atışlar yapıldı. Atış sonrası yapıda meydana gelen şekil değişimi macun üzerindeki izle (back face signature) birlikte Şekil 4.90 de ve yapının ilk katındaki iplik setleri üzerindeki şekil değişimi ise şematik olarak Şekil 4.91 de, ayrıca ölçülen veriler Tablo 4.38 de ayrıntıları ile verilmiştir.

4 ve 6 nolu atışların yapı tarafından absorblanması çok sayıda ipliklerin her bir katta başta iplik çekilmesi ve çok az olarakta krimp düzelmesi ile gerçekleşirken ipliklerden bazılarının kırıldığı ve bazılarının da kısmi kırılması ile gerçekleştiği anlaşılmıştır. Örneğin 4. atışta (339 m/s) ilk kattaki bozunan toplam iplik sayısı 15 iken bu 2. katta 22 ve 3. katta ise 6 olarak toplam 43 olarak tespit edilmiştir. Buradan ilk katların ciddi kinetik enerji yükü altında olduğu söylenebilir. Ayrıca bu kinetik enerjinin dar bir hacimde olduğu ve bunun her bir kattaki geniş bir yüzeye dağıtılmadığı tahmin edilmiştir. Ancak 6. Atış (415 m/s) irdelendiğinde bozunan toplam iplik sayısı 1. katta 10, 2. de 12, 3. de 15, 4. de 18, 5. de 27 ve 6. da 9 olmak üzere 91 olduğu tespit edilmiş ve absorblama prosesine katkı sağladığı anlaşılmıştır. Burada göz önüne alınacak bir başka noktada mermi hızı ile ortaya çıkan enerjinin seviyesinin absorblamaya katkı sağlayacak iplik sayıları ile olası ilgisidir. Ancak mermi hızının kritik eşik değerlerinin üzerinde olayların son derece non lineer gerçekleşeceği tahmin edilmektedir.



Şekil 4.90. Twaron™ CT 716 kodlu kumaştan geliştirilen 14 katlı dikişsiz yapıda atış sonrası görünümü.



Şekil 4.91. Twaron™ CT 716 kodlu kumaştan geliştirilen 14 katlı dikişsiz yapıda atış sonrası ilk kattaki iplik çekilmesi ve krimp düzelmesinin şematik gösterimi.

Tablo 4.38. Twaron™ CT 716 kodlu kumaştan geliştirilen 14 katlı dikişsiz yapının atış sonuçları.

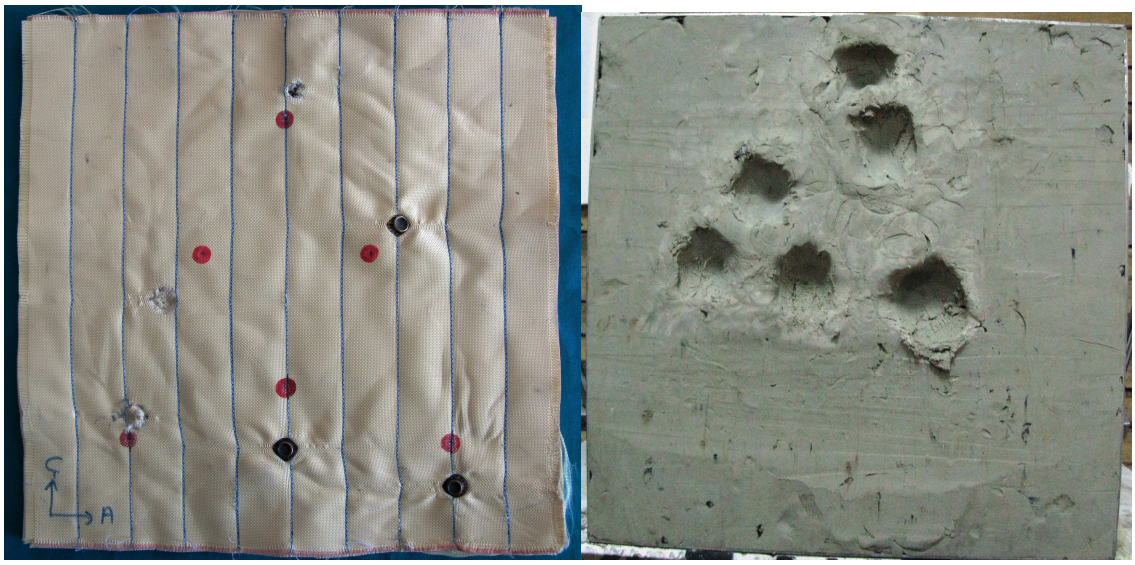
Silah tipi	Mermi hızı m/s	Koni derinliği (mm)	Koni çapı (mm)	Bozunan kat sayısı	Bozunan katlar	Kırılan iplik sayısı		Kısmi kırılan iplik sayısı		Çekilen iplik sayısı		Krimp uzaması	
						Atkı	Çözgü	Atkı	Çözgü	Atkı	Çözgü	Atkı	Çözgü
1 Nolu atış CZ 75	347	43	59,76	6	1. Kat	3	2	1	2	---	---	---	3
					2. Kat	3	4	1	1	---	---	---	2
					3. Kat	5	6	2	1	---	---	4	3
					4. Kat	---	---	1	1	---	---	---	---
					Toplam	11	12	5	5	---	---		8
4 Nolu atış BARETTA	338,8	34	60,01	5	1. Kat	5	2	1	2	---	---	2	3
					2. Kat	6	3	2	4	---	---	4	3
					3. Kat	2	---	2	2	---	---	---	---
					Toplam	13	5	5	8	---	---	6	6
6 Nolu atış MP5	415,1	43	57,8	7	1. Kat	3	5	2	---	---	---	---	---
					2. Kat	4	4	1	2	---	---	---	1
					3. Kat	5	5	2	1	1	---	---	1
					4. Kat	7	4	1	1	---	---	2	3
					5. Kat	8	5	2	3	---	---	4	5
					6. Kat	---	---	2	2	---	---	5	---
					Toplam	27	23	10	9	1	---	11	10

4.6.2.2. Twaron™ CT 716 Kodlu Kumaştan 14 Katlı Tek Yön Dikişli (Nylon 6,6 Dikişli) Yapının Atış Sonuçları

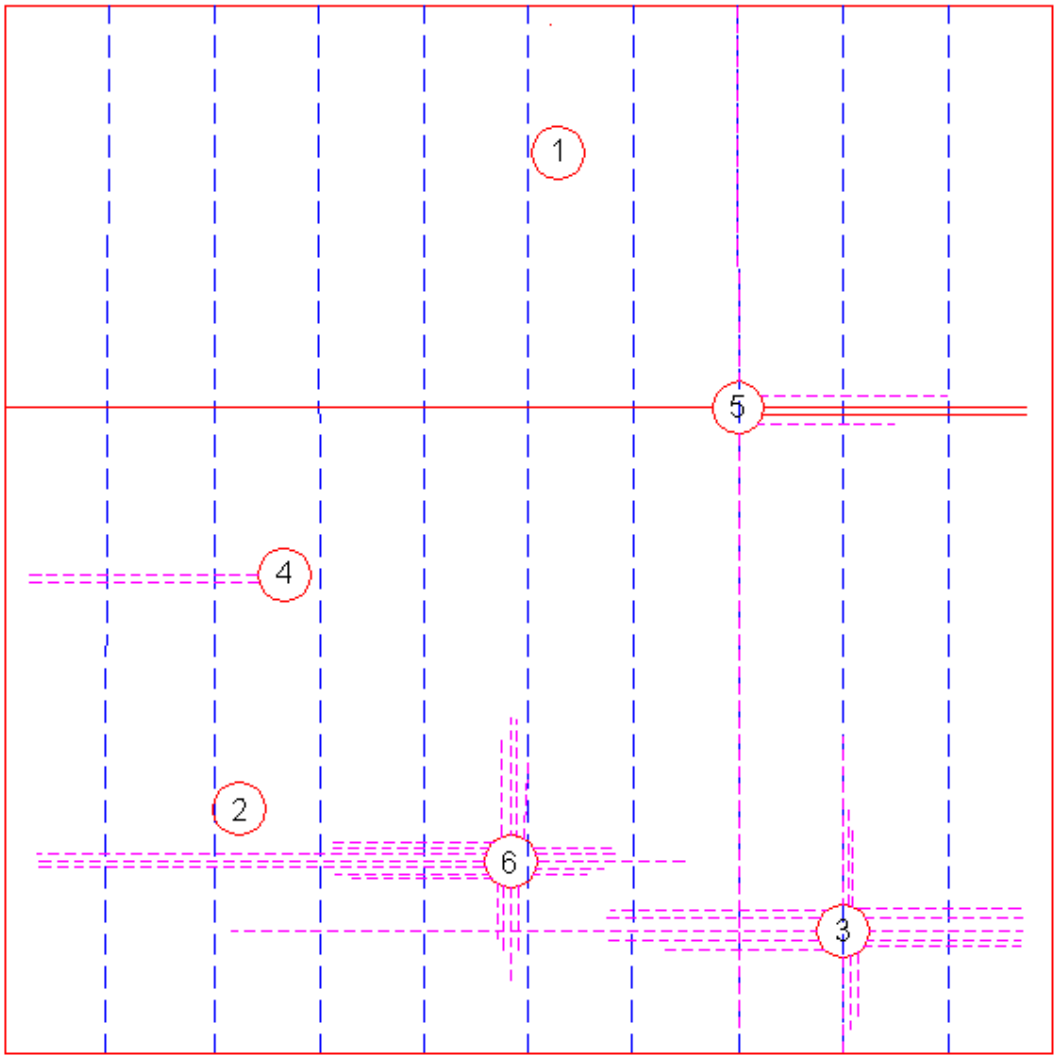
CT 716 kodlu sıkı kumaştan geliştirilen 14 katlı çözgü yönünde tek yön polyamid dikişli katlı yapıya 1, 2, 3, 4, 5 ve 6 nolu atışlar yapılmıştır. Atış sonrası yapıda meydana gelen şekil değişimi macun üzerindeki izle (back face signature) birlikte Şekil 4.92 de ve yapının ilk katındaki iplik setleri üzerindeki şekil değişimi ise şematik olarak Şekil 4.93 de, ayrıca ölçülen veriler Tablo 4.39 de ayrıntıları ile verilmiştir.

2, 4 ve 3 nolu atışların yapı tarafından absorblanması çok sayıda ipliklerin her bir katta başta iplik çekilmesi ve krimp düzelmesi ile gerçekleşirken ipliklerden bazılarının kırıldığı ve bazılarının da kısmi kırılması ile gerçekleştiği anlaşılmıştır. Özellikle yapının orta bölgelerine kıyasla kenar bölgelerine yakın atışlarda çoklu iplik çekilmeleri olduğu bununda iplikler arasındaki kesişme sayılarının az olmasından kaynaklandığı söylenebilir. Örneğin 2. atışta (305 m/s) ilk kattaki bozunan toplam iplik sayısı 11 iken bu 2. katta 9 ve 3. kat da 2 olarak toplam 22 olarak tespit edilmiştir. Buradan ilk katların ciddi kinetik enerji yükü altında olduğu söylenebilir. Ayrıca bu kinetik enerjinin dar bir hacimde olduğu ve bunun her bir kattaki geniş bir yüzeye dağıtılmadığı tahmin edilmiştir. Ancak 3. atış (397 m/s) irdelendiğinde bu enerjinin tamamının 4

katta absorblandığı ve absorblama prosesine katkı sağlayan iplik sayılarının 1. katta 20, 2. de 17, 3. de 12 ve 4. de 5 olmak üzere toplam 54 olduğu anlaşılmıştır. Burada göz önüne alınacak bir başka noktada mermi hızı ile ortaya çıkan enerjinin seviyesinin absorblamaya katkı sağlayacak iplik sayıları ile olası ilgisidir. Ancak mermi hızının kritik eşik değerlerinin üzerinde olayların son derece non lineer gerçekleşeceği tahmin edilmektedir.



Şekil 4.92. Twaron™ CT 716 kodlu kumaştan geliştirilen 14 katlı tek yön dikişli (Nylon 6.6 dikişli) yapıda atış sonrası görüntüsü.



Şekil 4.93. Twaron™ CT 716 kodlu kumaştan geliştirilen 14 katlı tek yön dikişli (Nylon 6.6 dikişli) yapıda atış sonrası ilk kattaki iplik çekilmesi ve krimp düzelmesinin şematik gösterim.

Tablo 4.39. Twaron™ CT 716 kodlu kumaştan geliştirilen 14 katlı tek yön dikişli yapının atış sonuçları (Nylon 6,6 dikişli).

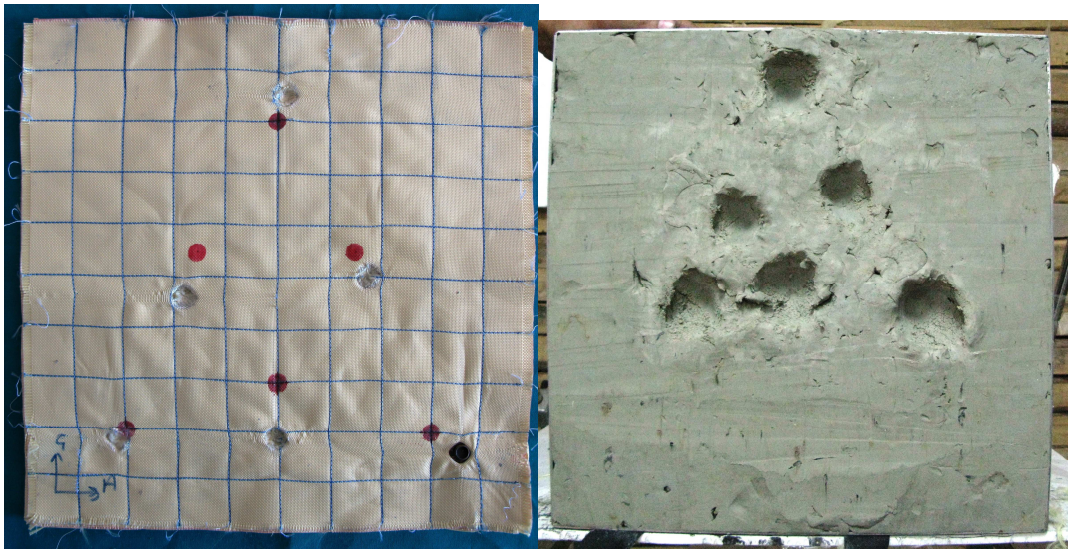
Silah tipi	Mermi hızı m/s	Koni derinliği (mm)	Koni çapı (mm)	Bozunan kat sayısı	Bozunan katlar	Kırılan iplik sayısı		Kısmi kırılan iplik sayısı		Çekilen iplik sayısı		Krimp uzaması	
						Atkı	Çözgü	Atkı	Çözgü	Atkı	Çözgü	Atkı	Çözgü
1 Nolu atış CZ 75	346,3	39	52,27	5	1. Kat	4	3	---	1	---	---	---	---
					2. Kat	3	2	2	2	---	---	2	2
					3. Kat	2	1	4	4	---	3	5	---
					4. Kat	2	2	2	1	---	---	---	---
					Toplam	11	8	8	8	---	3	7	2
5 Nolu atış CZ 75	347,5	36	62,58	5	1. Kat	3	3	2	1	2	1	2	1
					2. Kat	2	1	2	4	3	---	---	4
					3. Kat	2	1	1	1	---	---	5	6
					Toplam	7	5	5	6	---	---	7	11
4 Nolu atış BARETTA	347,3	38	58,66	4	1. Kat	4	5	---	2	---	---	2	---
					2. Kat	1	2	2	1	---	---	---	---
					3. Kat	---	---	---	1	---	---	---	---
					Toplam	5	7	2	4	---	---	2	---
2 Nolu atış BARETTA	305,7	33	62,24	4	1. Kat	6	4	---	1	---	---	---	---
					2. Kat	2	2	1	1	---	---	---	3
					3. Kat	---	---	1	1	---	---	---	---
					Toplam	8	6	2	3	---	---	---	3
6 Nolu atış MP5	374,8	35	59,32	6	1. Kat	4	5	2	2	---	---	7	4
					2. Kat	2	2	3	2	---	---	6	4
					3. Kat	3	2	2	1	---	---	7	---
					4. Kat	---	---	2	1	---	---	---	---
					Toplam	9	9	9	6	---	---	20	8
3 Nolu atış MP5	397,4	47	67,14	6	1. Kat	6	2	1	3	---	---	5	3
					2. Kat	4	2	2	3	---	---	6	---
					3. Kat	4	---	1	2	---	---	5	---
					4. Kat	1	---	2	2	---	---	---	---
					Toplam	15	4	6	10	---	---	16	3

4.6.2.3. Twaron™ CT 716 Kodlu Kumaştan 14 Katlı İki Yön Dikişli (Nylon 6,6 Dikişli) Yapının Atış Sonuçları

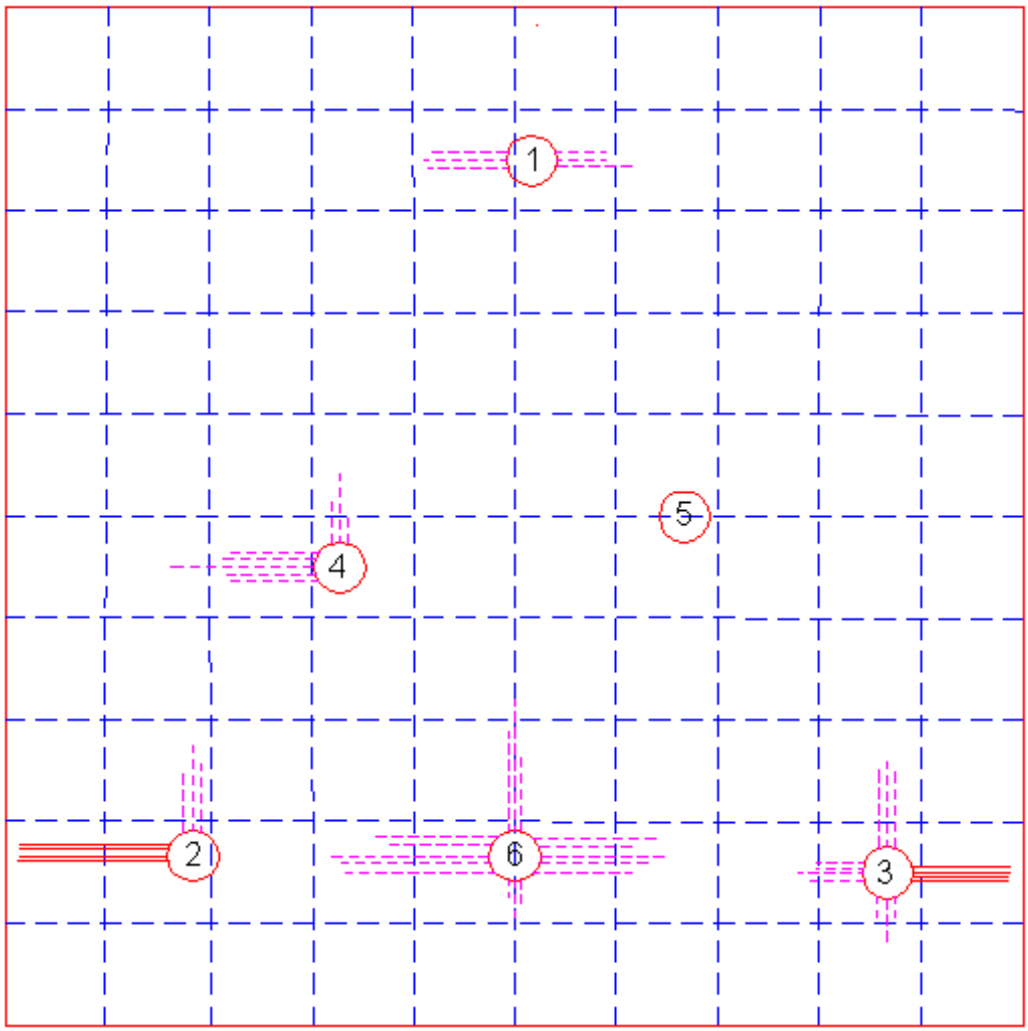
CT 716 kodlu sıkı kumaştan geliştirilen 14 katlı çözgü yönünde iki yön polyamid dikişli katlı yapıya 1, 2, 3, 4, 5 ve 6 nolu atışlar yapılmıştır. Atış sonrası yapıda meydana gelen şekil değişimi macun üzerindeki izle (back face signature) birlikte Şekil 4.94 de ve yapının ilk katındaki iplik setleri üzerindeki şekil değişimi ise şematik olarak Şekil 4.95 de, ayrıca ölçülen veriler Tablo 4.40 de ayrıntıları ile verilmiştir.

5, 4 ve 6 nolu atışların yapı tarafından absorblanması çok sayıda ipliklerin her bir katta başta iplik çekilmesi ve krimp düzelmesi ile gerçekleşirken ipliklerden bazılarının kırıldığı ve bazılarının da kısmi kırılması ile gerçekleştiği anlaşılmıştır. Özellikle

yapının orta bölgelerine kıyasla kenar bölgelerine yakın atışlarda çoklu iplik çekilmeleri olduğu bununda iplikler arasındaki kesişme sayılarının az olmasından kaynaklandığı söylenebilir. Örneğin 5. atışta (324 m/s) ilk kattaki bozunan toplam iplik sayısı 13 iken bu 2. katta 8 ve 3. kat da 2 olarak toplam 23 olarak tespit edilmiştir. Buradan ilk katların ciddi kinetik enerji yükü altında olduğu söylenebilir. Ayrıca bu kinetik enerjinin dar bir hacimde olduğu ve bunun her bir kattaki geniş bir yüzeye dağıtılmadığı tahmin edilmiştir. Ancak 6. atış (398 m/s) irdelendiğinde bu enerjinin tamamının 4 katta absorblandığı ve absorblama prosesine katkı sağlayan iplik sayılarının 1. katta 23, 2. de 16, 3. de 10 ve 4. de 2 olmak üzere toplam 51 olduğu anlaşılmıştır. Burada göz önüne alınacak bir başka noktada mermi hızı ile ortaya çıkan enerjinin seviyesinin absorblamaya katkı sağlayacak iplik sayıları ile olası ilgisidir. Ancak mermi hızının kritik eşik değerlerinin üzerinde olayların son derece non lineer gerçekleşeceği tahmin edilmektedir.



Şekil 4.94. Twaron™ CT 716 kodlu kumaştan geliştirilen 14 katlı iki yön dikişli (Nylon 6.6 dikişli) yapıda atış sonrası görüntüsü.



Şekil 4.95. Twaron™ CT 716 kodlu kumaştan geliştirilen 14 katlı iki yön dikişli (Nylon 6.6 dikişli) yapıda atış sonrası ilk kattaki iplik çekilmesi ve krimp düzelmesinin şematik gösterimi.

Tablo 4.40. Twaron™ CT 716 kodlu kumaştan geliştirilen 14 katlı iki yön dikişli yapının atış sonuçları (Nylon 6,6 dikişli).

Silah tipi	Mermi hızı m/s	Koni derinliği (mm)	Koni çapı (mm)	Bozunan kat sayısı	Bozunan katlar	Kırılan iplik sayısı		Kısmi kırılan iplik sayısı		Çekilen iplik sayısı		Krimp uzaması	
						Atkı	Çözgü	Atkı	Çözgü	Atkı	Çözgü	Atkı	Çözgü
1 Nolu atış CZ 75	347,1	38	57,87	4	1. Kat	4	3	1	1	---	---	3	---
					2. Kat	2	1	1	2	---	---	1	---
					Toplam	6	4	2	3	---	---	4	---
5 Nolu atış CZ 75	324,4	34	46,99	4	1. Kat	6	5	---	2	---	---	---	---
					2. Kat	---	4	3	1	---	---	---	---
					3. Kat	---	---	---	2	---	---	---	---
					Toplam	6	9	3	5	---	---	---	---
4 Nolu atış BARETTA	362,9	38	53,37	5	1. Kat	5	5	1	1	---	---	5	3
					2. Kat	2	6	1	1	---	---	2	---
					3. Kat	3	3	1	2	---	---	2	---
					Toplam	10	14	3	4	---	---	9	3
2 Nolu atış BARETTA	334	32	60,04	4	1. Kat	2	1	3	4	4	---	---	3
					2. Kat	1	1	1	3	---	---	---	---
					3. Kat	---	1	2	1	---	---	---	---
					Toplam	3	3	6	8	4	---	---	3
6 Nolu atış MP5	397,6	34	62,42	5	1. Kat	5	5	1	2	---	---	6	4
					2. Kat	5	3	2	3	---	---	3	---
					3. Kat	3	1	2	1	---	---	3	---
					4. Kat	---	---	1	1	---	---	---	---
					Toplam	4	4	4	4	---	---	4	4
3 Nolu atış MP5	390	42	65,51,	5	1. Kat	3	4	2	1	---	---	4	3
					2. Kat	2	2	3	2	---	---	5	---
					3. Kat	1	1	2	1	---	---	6	---
					4. Kat	1	---	1	2	---	---	7	---
					Toplam	7	7	8	6	---	---	22	3

4.6.2.4. Twaron™ CT 716 Kodlu Kumaştan 14 Katlı Dört Yön Dikişli (Nylon 6,6 Dikişli) Yapının Atış Sonuçları

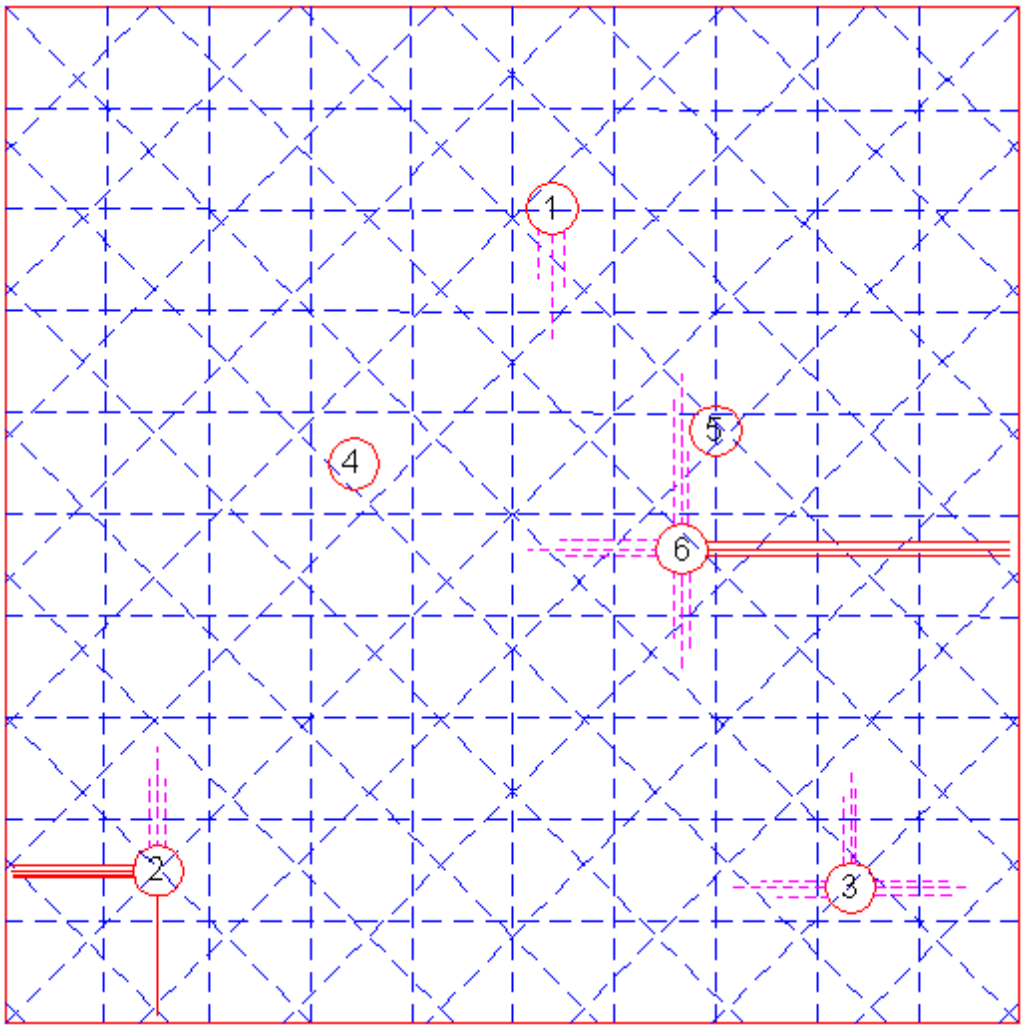
CT 716 kodlu sıkı kumaştan geliştirilen 14 katlı çözgü yönünde dört yön polyamid dikişli katlı yapıya 1, 2, 3, 4, 5 ve 6 nolu atışlar yapılmıştır. Atış sonrası yapıda meydana gelen şekil değişimi macun üzerindeki izle (back face signature) birlikte Şekil 4.96 de ve yapının ilk katındaki iplik setleri üzerindeki şekil değişimi ise şematik olarak Şekil 4.97 de, ayrıca ölçülen veriler Tablo 4.41 de ayrıntıları ile verilmiştir.

4, 2 ve 6 nolu atışların yapı tarafından absorblanması çok sayıda ipliklerin her bir katta başta iplik çekilmesi ve krimp düzelmesi ile gerçekleşirken ipliklerden bazılarının kırıldığı ve bazılarının da kısmi kırılması ile gerçekleştiği anlaşılmıştır. Özellikle yapının orta bölgelerine kıyasla kenar bölgelerine yakın atışlarda çoklu iplik çekilmeleri olduğu bununda iplikler arasındaki kesişme sayılarının az olmasından kaynaklandığı

söylenebilir. Örneğin 4. atışta (338 m/s) sadece ilk katta bozunma gerçekleşmiş ve toplam iplik sayısı sadece 1 olarak tespit edilmiştir. Ancak 6. atış (387 m/s) irdelendiğinde bu enerjinin tamamının 3 katta absorblandığı ve absorblama prosesine katkı sağlayan iplik sayılarının 1. katta 17, 2. de 11 ve 3. de 6 olmak üzere toplam 34 olduğu anlaşılmıştır. Burada göz önüne alınacak bir başka noktada mermi hızı ile ortaya çıkan enerjinin seviyesinin absorblamaya katkı sağlayacak iplik sayıları ile olası ilgisidir. Ancak mermi hızının kritik eşik değerlerinin üzerinde olayların son derece non lineer gerçekleşeceği tahmin edilmektedir.



Şekil 4.96. Twaron™ CT 716 kodlu kumaştan geliştirilen 14 katlı dört yön dikişli (Nylon 6.6 dikişli) yapıda atış sonrası görüntüsü.



Şekil 4.97. Twaron™ CT 716 kodlu kumaştan geliştirilen 14 katlı dört yön dikişli (Nylon 6.6 dikişli) yapıda atış sonrası ilk kattaki iplik çekilmesi ve krimp düzelmesinin şematik gösterimi.

Tablo 4.41. Twaron™ CT 716 kodlu kumaştan geliştirilen 14 katlı dört yön dikişli yapının atış sonuçları (Nylon 6,6 dikişli).

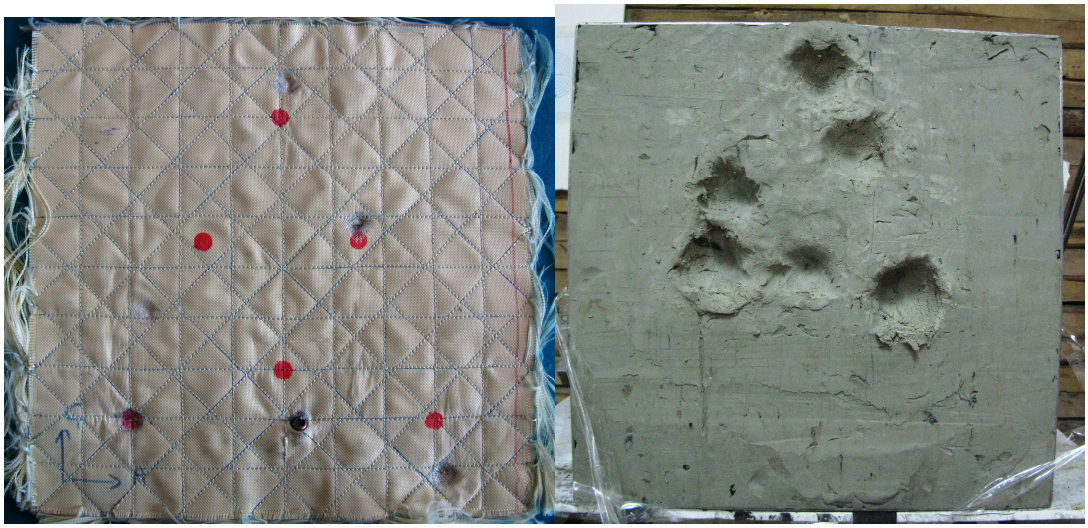
Silah tipi	Mermi hızı m/s	Koni derinliği (mm)	Koni çapı (mm)	Bozunan kat sayısı	Bozunan katlar	Kırılan iplik sayısı		Kısmi kırılan iplik sayısı		Çekilen iplik sayısı		Krimp uzaması	
						Atkı	Çözgü	Atkı	Çözgü	Atkı	Çözgü	Atkı	Çözgü
1 Nolu atış CZ 75	347,7	35	48,17	5	1. Kat	4	4	1	1	---	---	---	3
					2. Kat	3	3	1	2	---	---	---	---
					3. Kat	1	1	1	1	---	---	---	---
					Toplam	8	8	3	4	---	---	---	3
5 Nolu atış CZ 75	347,9	ölçülemedi		2	1. Kat	---	---	3	3	---	---	---	---
					2. Kat	---	---	---	2	---	---	---	---
					Toplam	---	---	3	5	---	---	---	---
4 Nolu atış BARETTA	337,7	32	58,99	3	1. Kat	1	---	---	---	---	---	---	---
					Toplam	1	---	---	---	---	---	---	---
2 Nolu atış BARETTA	347,7	37	58,81	5	1. Kat	3	2	2	2	4	1	3	3
					2. Kat	2	2	2	2	3	3	---	---
					3. Kat	2	3	1	2	5	---	---	---
					4. Kat	---	---	1	2	---	---	---	---
					Toplam	7	7	6	8	12	4	3	3
6 Nolu atış MP5	387,1	37	64,22	5	1. Kat	3	5	2	1	---	---	3	3
					2. Kat	3	5	2	1	---	---	---	---
					3. Kat	2	---	2	2	---	---	---	---
					Toplam	8	10	6	4	---	---	3	3
3 Nolu atış MP5	382,9	41	64,97	5	1. Kat	6	7	---	---	---	---	3	3
					2. Kat	2	3	2	3	---	---	6	---
					3. Kat	---	---	1	1	---	---	---	---
					Toplam	8	10	3	4	---	---	9	3

4.6.2.5. Twaron™ CT 716 Kodlu Kumaştan 14 Katlı Dört Yön Dikişli (Kevlar™ 129 Dikişli) Yapının Atış Sonuçları

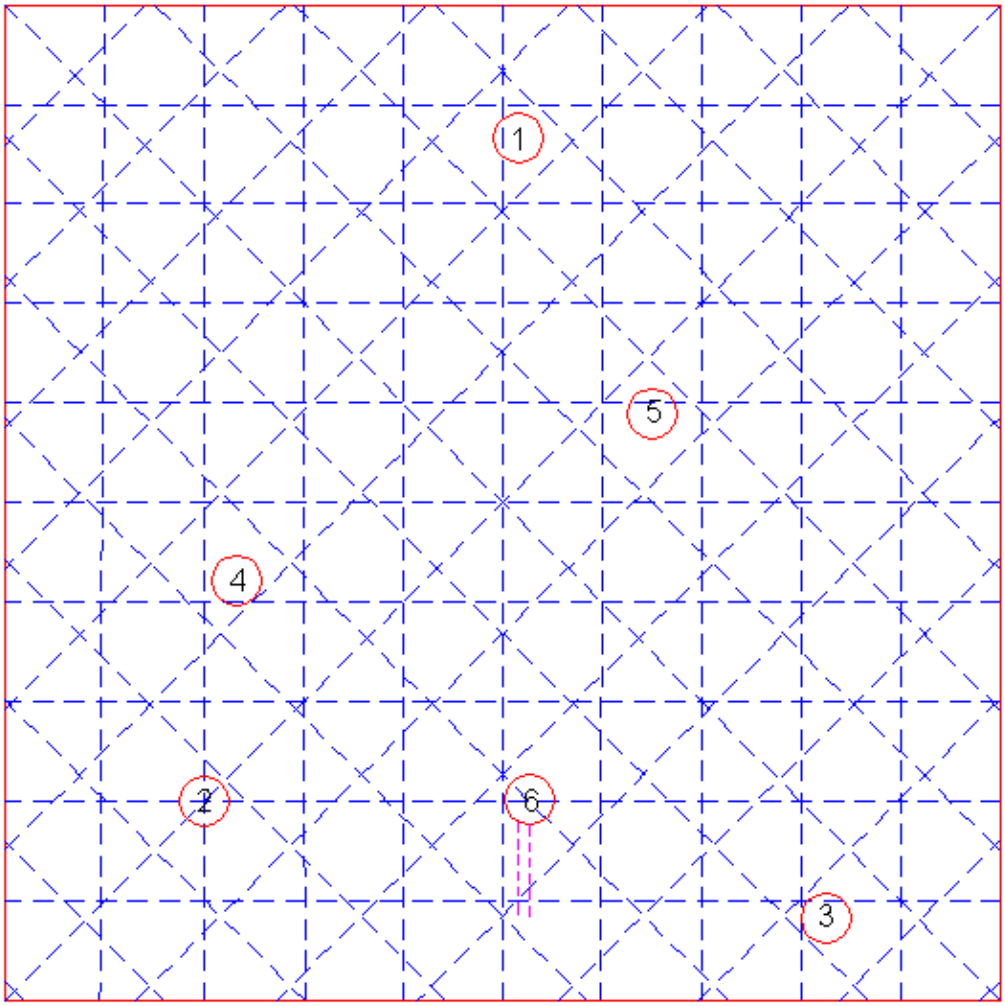
CT 716 kodlu sıkı kumaştan geliştirilen 14 katlı dört yönlü kevlar™ 129 dikişli katlı yapıya 1, 2, 3, 4, 5 ve 6 nolu atışlar yapılmıştır. Atış sonrası yapıda meydana gelen şekil değişimi macun üzerindeki izle (back face signature) birlikte Şekil 4.98 de ve yapının ilk katındaki iplik setleri üzerindeki şekil değişimi ise şematik olarak Şekil 4.99 de, ayrıca ölçülen veriler Tablo 4.42 de ayrıntıları ile verilmiştir.

4, 1 ve 6 nolu atışların yapı tarafından absorblanması birçok sayıda ipliklerin her bir katta başta iplik çekilmesi ve krimp düzelmesi ile gerçekleşirken ipliklerden bazılarının kırıldığı ve bazılarının da kısmi kırılması ile gerçekleştiği anlaşılmıştır. Ancak bozunan iplik sayısı dört yönlü polyamid dikişli yapıya göre daha az sayıda gerçekleşmiştir. Ayrıca, yapının orta bölgelerine kıyasla kenar bölgelerine yakın atışlarda çoklu iplik çekilmeleri olduğu bununda iplikler arasındaki kesişme sayılarının az olmasından

kaynaklandığı söylenebilir. Örneğin 4. atışta (347 m/s) sadece ilk katta 3 iplik bozunmuştur. Buradan ilk katların ciddi kinetik enerji yükü altında olduğu söylenebilir. Ayrıca kevlar dikişli yapının polyamid e göre daha rijid ve bozunmaların da rijid olduğu tespit edilmiştir. Yana daha çok iplik kırılması daha az krimp düzelmesi ve iplik çekilmesi ancak toplamdaki iplik absorblama sayısında düşme gözlenmiştir. Ayrıca 6. atış (380 m/s) irdelendiğinde bu enerjinin tamamının 5 katta absorblandığı ve absorblama prosesine katkı sağlayan iplik sayılarının 1. katta 18, 2. de 15, 3. de 16, 4. de 11 ve 5. de 1 olmak üzere toplam 61 olduğu anlaşılmıştır. Ayrıca, mermi hızının kritik eşik değerlerinin üzerinde olayların son derece non lineer gerçekleşeceği tahmin edilmektedir. Bu non lineerliğin bir başka tanımlaması da yüksek hızlarda yapının ve dolayısı ile yapıdaki ipliklerin verecekleri tepkide (ballistic response) geç kalmalarıdır.



Şekil 4.98. Twaron™ CT 716 kodlu kumaştan geliştirilen 14 katlı dört yön dikişli (Kevlar™ 129 dikişli) yapıda atış sonrası görüntüsü.



Şekil 4.99. Twaron™ CT 716 kodlu kumaştan geliştirilen 14 katlı dört yön dikişli (Kevlar™ 129 dikişli) yapıda atış sonrası ilk kattaki iplik çekilmesi ve krimp düzelmesinin şematik gösterimi.

Tablo 4.42. Twaron™ CT 716 kodlu kumaştan geliştirilen 14 katlı dört yön dikişli yapının atış sonuçları (Kevlar™ 129 dikişli).

Silah tipi	Mermi hızı m/s	Koni derinliği (mm)	Koni çapı (mm)	Bozunan kat sayısı	Bozunan katlar	Kırılan iplik sayısı		Kısmi kırılan iplik sayısı		Çekilen iplik sayısı		Krimp uzaması	
						Atkı	Çözgü	Atkı	Çözgü	Atkı	Çözgü	Atkı	Çözgü
1 Nolu atış CZ 75	348,4	35	58,24	3	1. Kat	3	---	2	3	---	---	---	---
					2. Kat	---	---	1	1	---	---	---	---
					Toplam	3	---	3	4	---	---	---	---
5 Nolu atış CZ 75	347,3	34	61,06	3	1. Kat	1	---	---	---	---	---	---	---
					Toplam	1	---	---	---	---	---	---	---
4 Nolu atış BARETTA	346,9	34	56,24	3	1. Kat	2	1	---	---	---	---	---	---
					Toplam	2	1	---	---	---	---	---	---
2 Nolu atış BARETTA	347,3	41	56,24	3	1. Kat	1	---	---	1	---	---	---	---
					Toplam	1	---	---	1	---	---	---	---
6 Nolu atış MP5	379,9	32	48,53	5	1. Kat	7	7	---	2	---	---	---	2
					2. Kat	6	8	---	---	---	---	---	1
					3. Kat	5	9	1	---	---	---	---	1
					4. Kat	4	4	1	2	---	---	---	---
					5. Kat	---	---	---	1	---	---	---	---
					Toplam	22	28	2	5	---	---	---	4
3 Nolu atış MP5	378	50	63,97	4	1. Kat	---	3	---	---	---	---	---	---
					Toplam	---	3	---	---	---	---	---	---

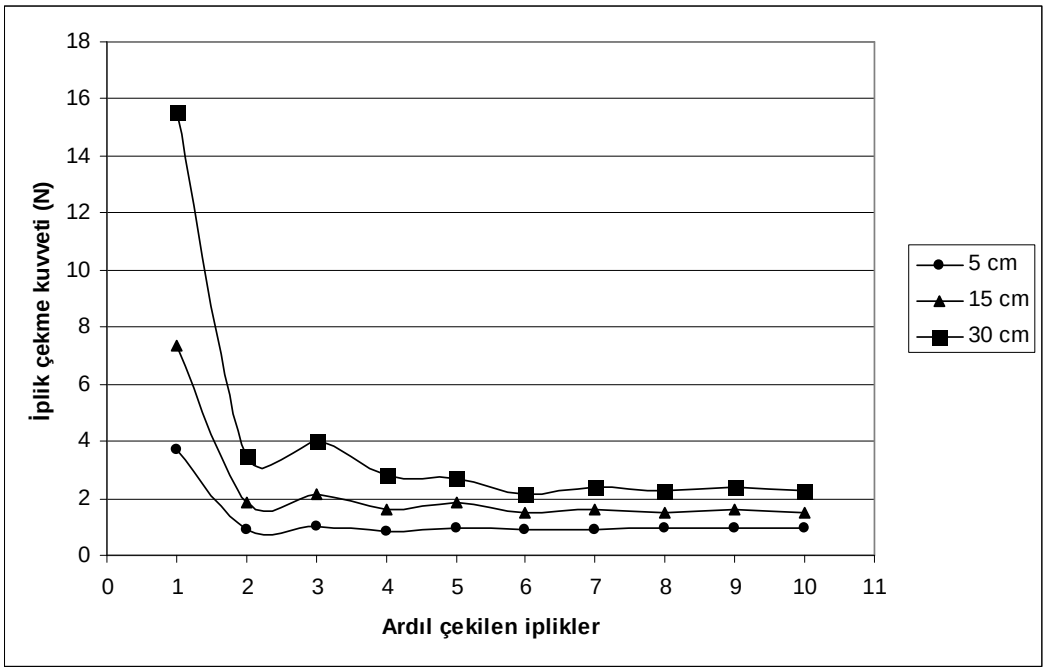
5. BÖLÜM

TARTIŞMA, SONUÇ VE ÖNERİLER

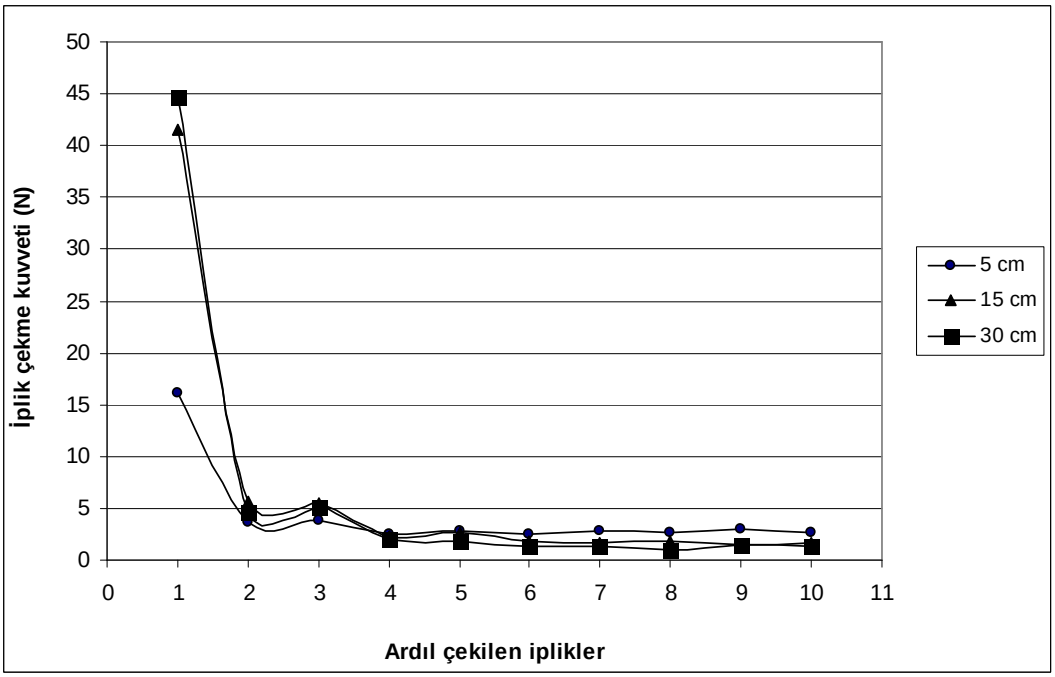
5.1. İplik Çekme (Pull-out) Verilerinin Değerlendirilmesi

Balistik çalışmaya temel oluşturan Twaron™ CT 714 ve 716 kumaştan ardıl iplik çekim sonuçları bir arada kumaş uzunluklarına bağlı olarak Şekil 5.1-5.2 de verilmiştir. Grafiklerden görüleceği üzere kumaştan iplik çekme kuvveti kumaş uzunluklarına bağlı olduğu uzunluk arttıkça çekme kuvvetinin arttığı bunun nedeninin de iplik setleri arasındaki kesişme sayılarının kumaş uzunluğuna bağlı olarak artmasından kaynaklandığı anlaşılmıştır. Öte yandan ilk iplikle çekilen son iplik arasında geniş bir çekme kuvvet farklılığı olduğu bununda kumaşın seyrekleşmesinden dolayı iplik setleri arasında kesişme bölgelerinde birbirlerine uyguladıkları basıncın azalması olarak tespit edilmiştir. Bu açık olarak Şekil 5.3-5.4 de her iki kumaşın ardıl iplik çekimleri için görülmektedir. Bu kumaş mekaniği açısından da ilginç bir durum olarak değerlendirilmiştir.

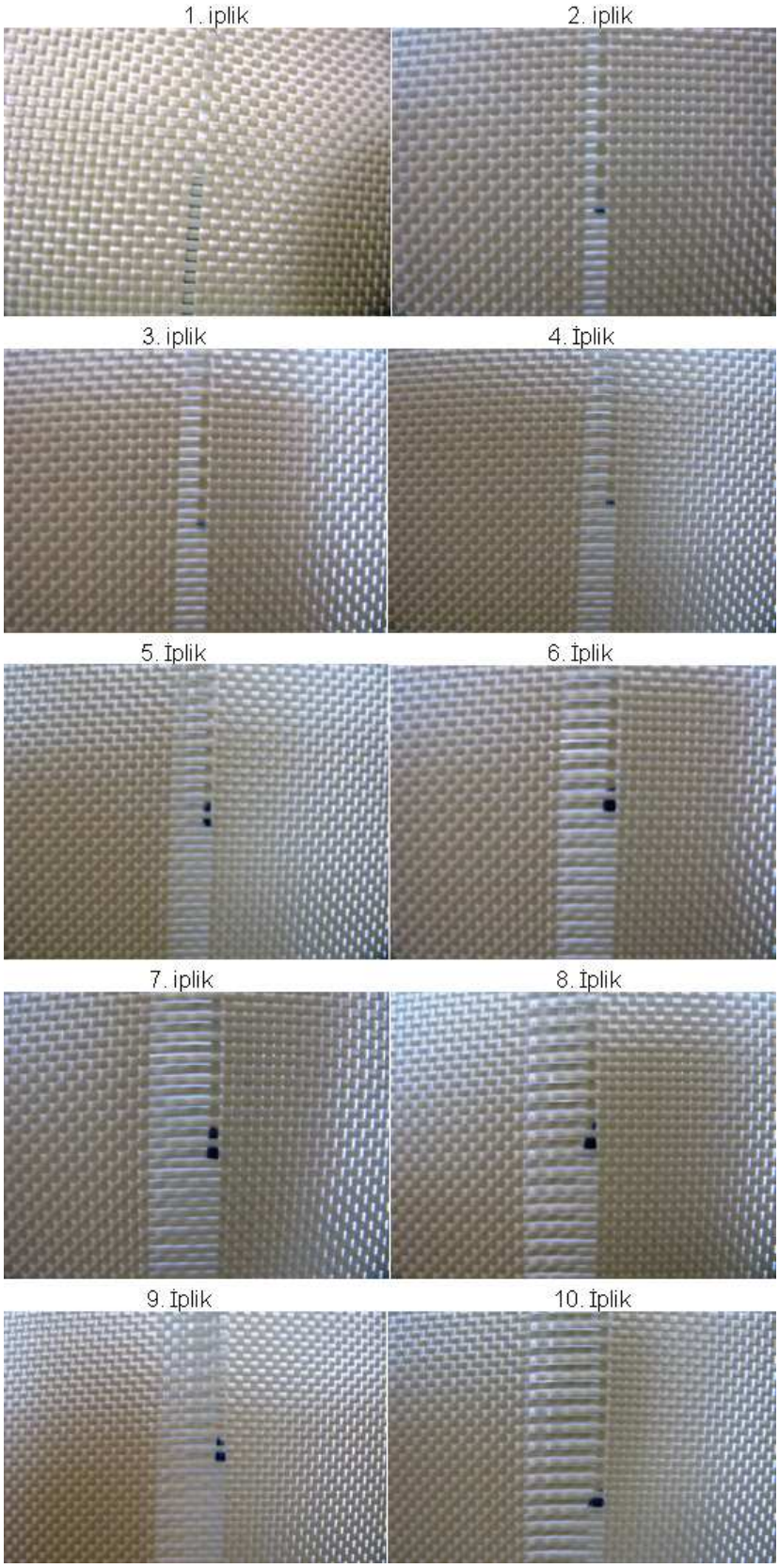
Kumaşlardan çok uçlu iplik çekimlerinden elde edilen sonuçlar Şekil 5.5-5.6 de verilmiştir. Grafiklerden görüleceği üzere çekme kuvvetinin kumaş uzunluğuna bağlı olduğu ve tekli çekimlerle benzer davranış sergilediği ancak çekme kuvvetlerinin son derece non lineer olarak gerçekleştiği tespit edilmiştir. Bu non lineerliğin kuvvetlerin her bir kesişme aralığında filamentler üzerindeki yeni denge durumunda yük dağılımı ile ilişkisinin olabileceği söylenebilir. Bu açık olarak Şekil 5.7-5.8 de her iki kumaşın çoklu iplik çekimleri için görülmektedir.



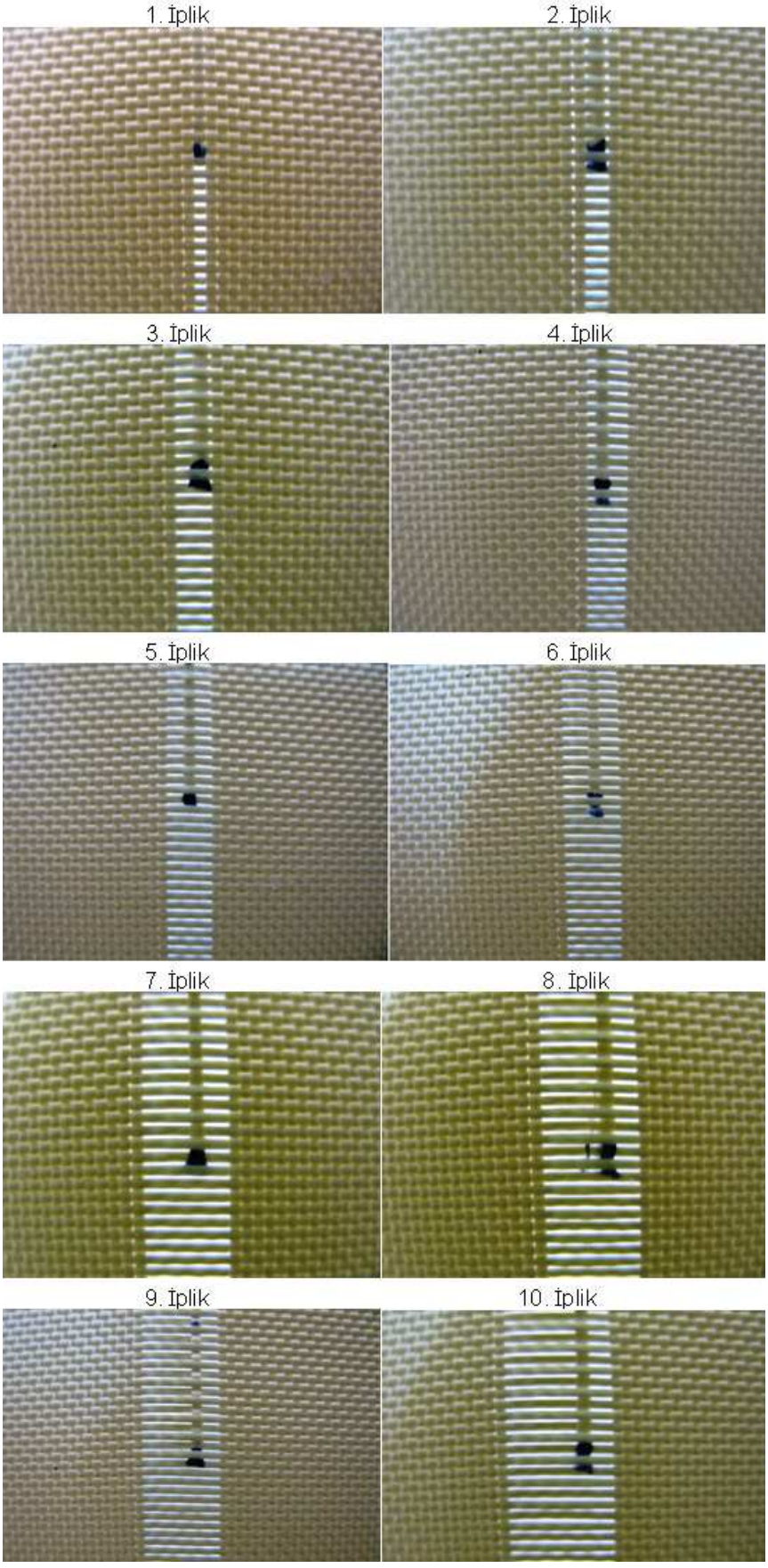
Şekil 5.1. Twaron™ CT 714 kumaştan çözgü yönünde 5cm, 15 cm ve 30cm mesafelerden ardıl çekilen ipliklerin iplik çekme kuvvetinin grafiği.



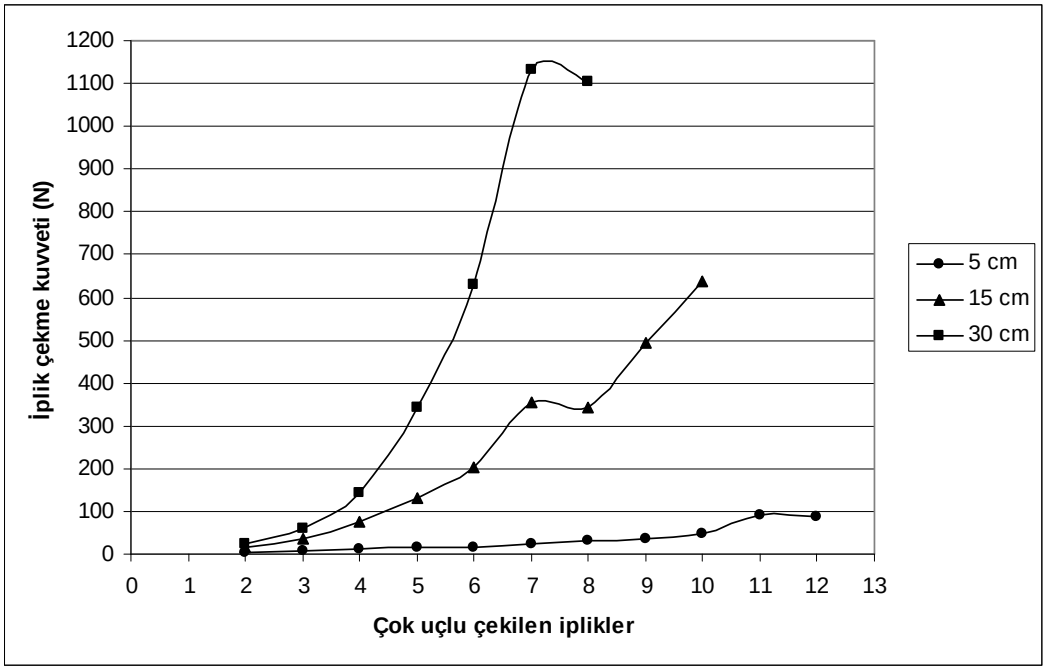
Şekil 5.2. Twaron™ CT 716 kumaştan çözgü yönünde 5cm, 15cm ve 30cm mesafelerden ardıl çekilen ipliklerin iplik çekme kuvvetinin grafiği.



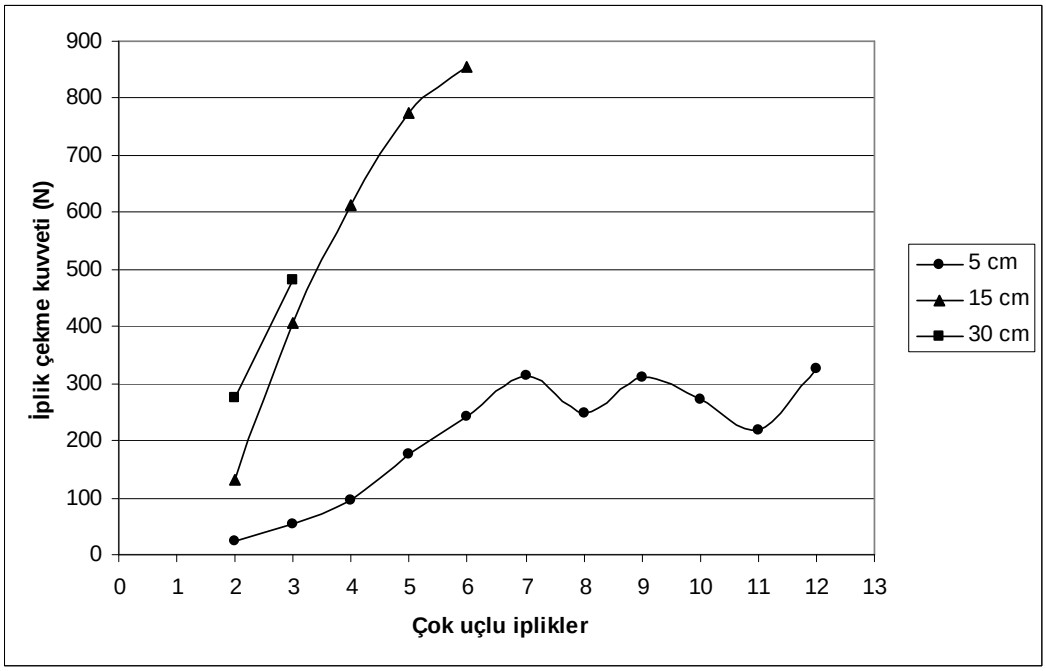
Şekil 5.3. Twaron™ CT 714 tek kat kumaşta ardıl iplik çekme görüntüleri.



Şekil 5.4. Twaron™ CT 716 tek kat kumaşta ardıl iplik çekme görüntüleri.



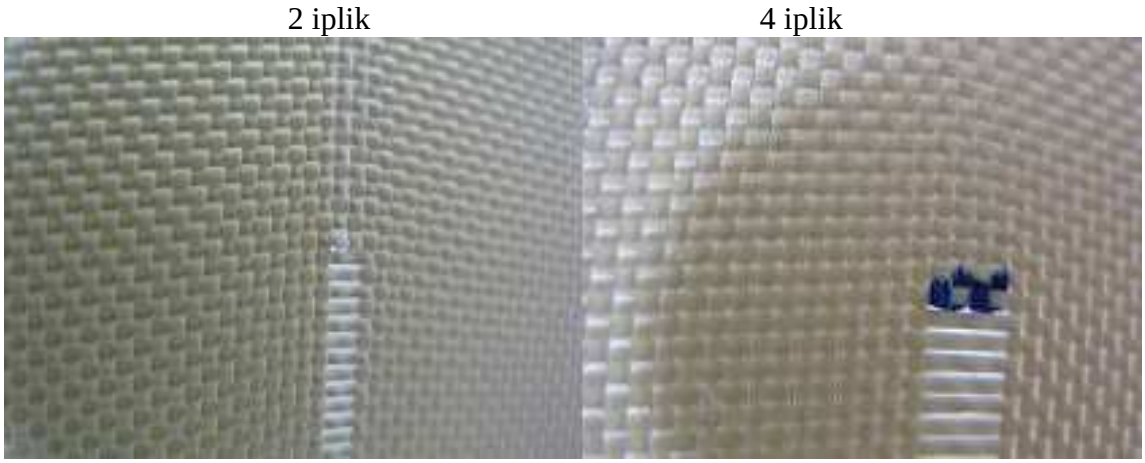
Şekil 5.5. Twaron™ CT 714 kumaştan çözgü yönünde 5cm, 15cm ve 30cm mesafelerden çok uçlu çekilen ipliklerin iplik çekme kuvvetinin grafiği.



Şekil 5.6. Twaron™ CT 716 kumaştan çözgü yönünde 5cm, 15cm ve 30cm mesafelerden çok uçlu çekilen ipliklerin iplik çekme kuvvetinin grafiği.

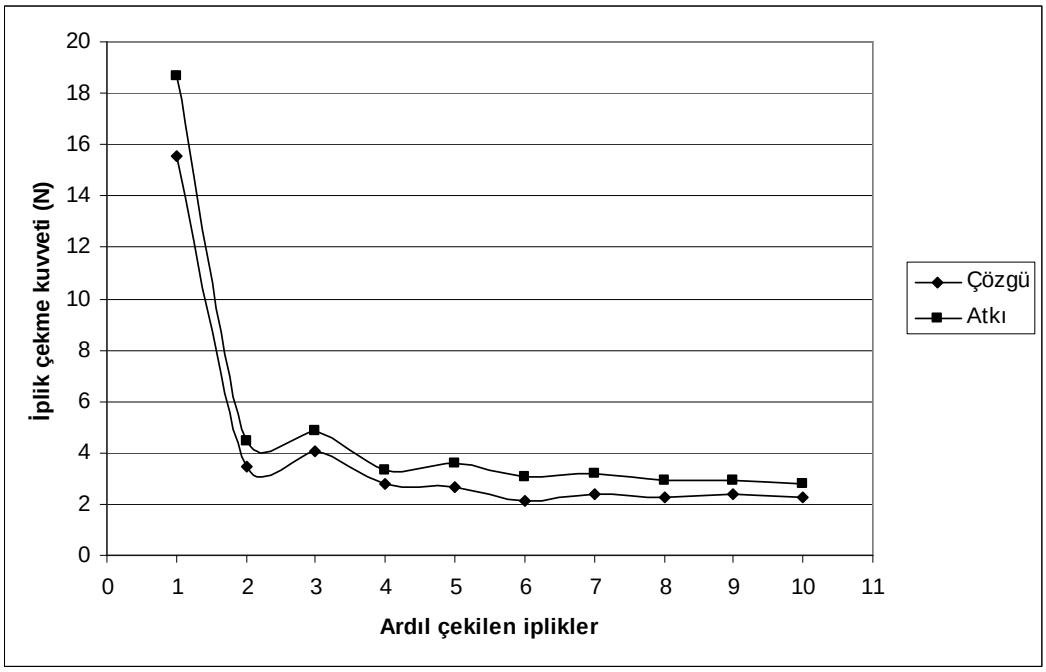


Şekil 5.7. Twaron™ CT 714 çoklu iplik çekimi görüntüleri.

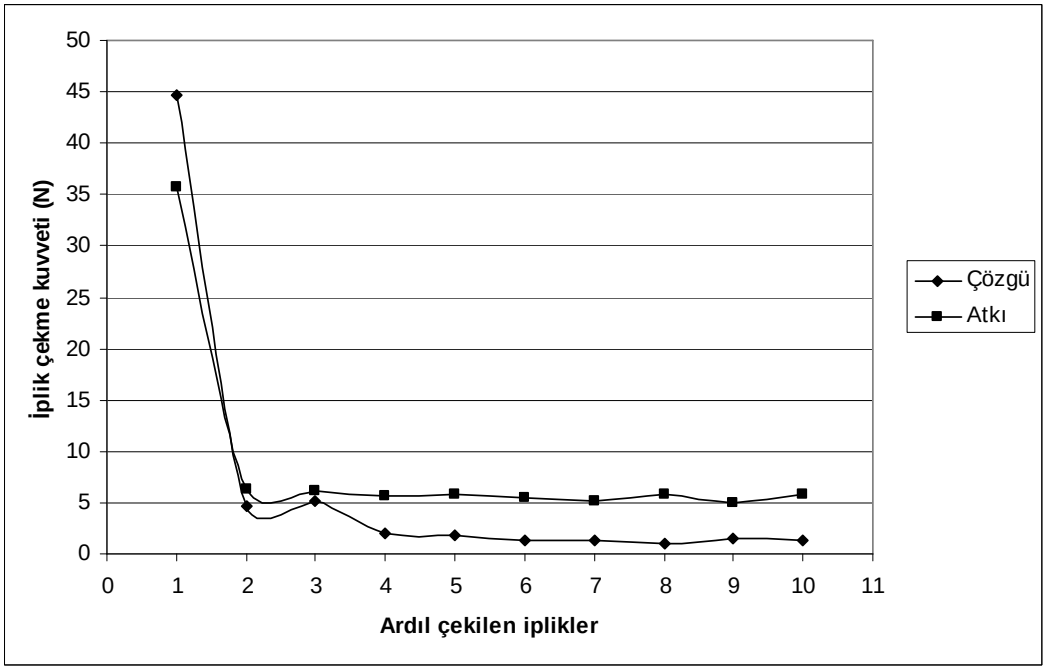


Şekil 5.8. Twaron™ CT 716 çoklu iplik çekimi görüntüleri.

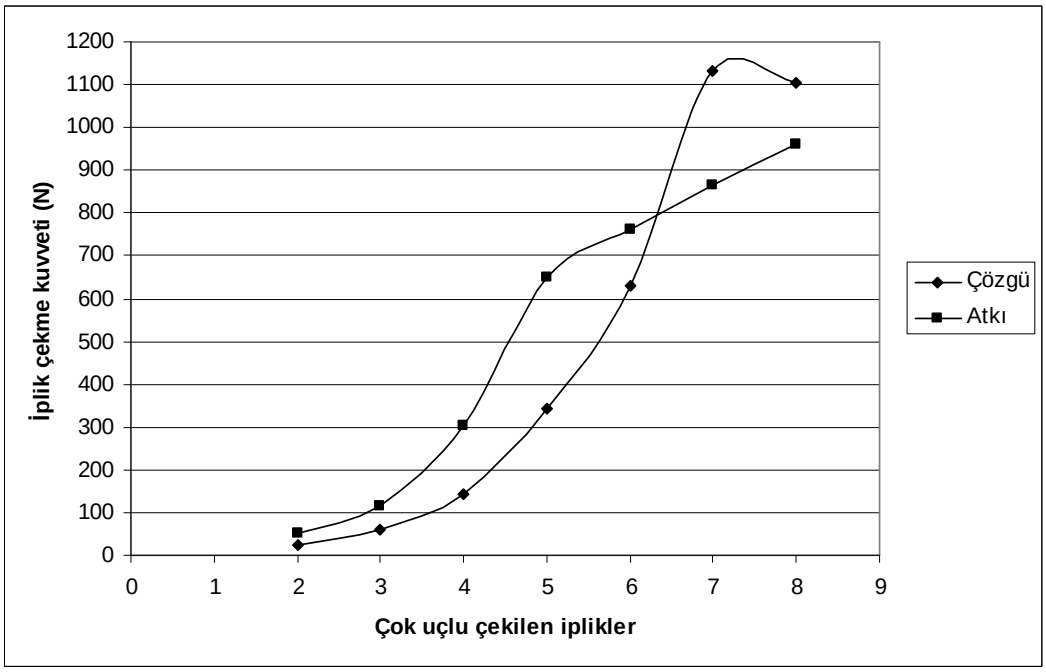
Twaron™ CT 714 ve 716 kumaşların çözgü ve atkı iplik setlerinde tekli ve çoklu iplik çekimleri Şekil 5.9-5.12 de verilmiştir. Grafiklerden görüldüğü üzere CT 714 kumaşta ardıl çekimlerde atkı üzerindeki iplik çekme kuvveti çözgüye göre çok az olarak daha yüksek ancak CT 716 kumaşta çözgü üzerindeki çekme kuvvetinin atkıdan daha yüksek olduğu bunun temel nedeni CT 714 kumaşın seyrek ve CT 716 nında sıkı yapıda dokunmasından kaynaklandığı söylenebilir. Çoklu iplik çekimlerinden de benzer sonuçlar çıktığı ancak CT 714 de belli bir toplu çekim değerinin üzerinde çözgülerdeki yükün atkılardan daha büyük olduğu tespit edilmiştir.



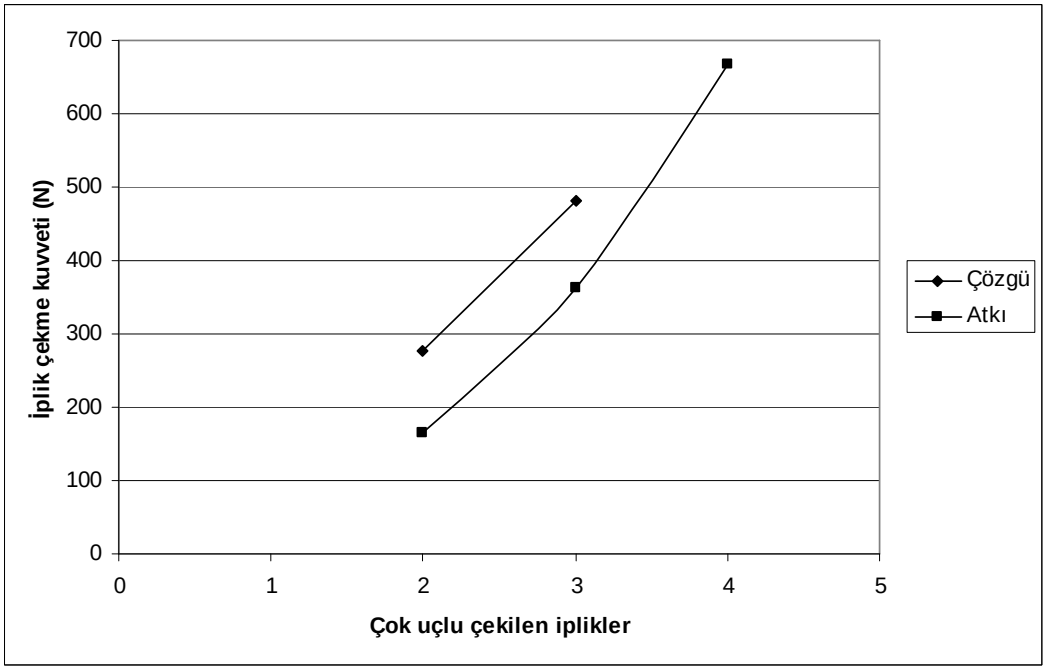
Şekil 5.9. Twaron™ CT 714 kumaştan çözgü yönünde 30cm mesafeden atkı ve çözgü yönünde ardıl çekilen ipliklerin iplik çekme kuvvetinin grafiği.



Şekil 5.10. Twaron™ CT 716 kumaştan çözgü yönünde 30cm mesafeden atkı ve çözgü yönünde ardıl çekilen ipliklerin iplik çekme kuvvetinin grafiği.

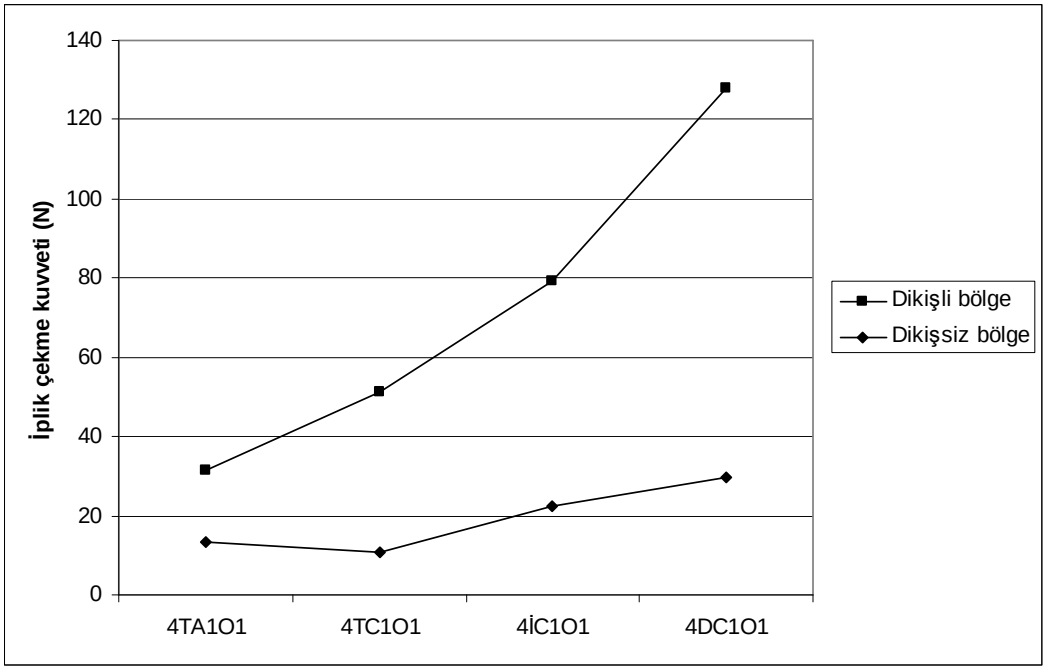


Şekil 5.11. Twaron™ CT 714 kumaştan çözgü yönünde 30cm mesafeden atkı ve çözgü yönünde çok uçlu çekilen ipliklerin iplik çekme kuvvetinin grafiği.

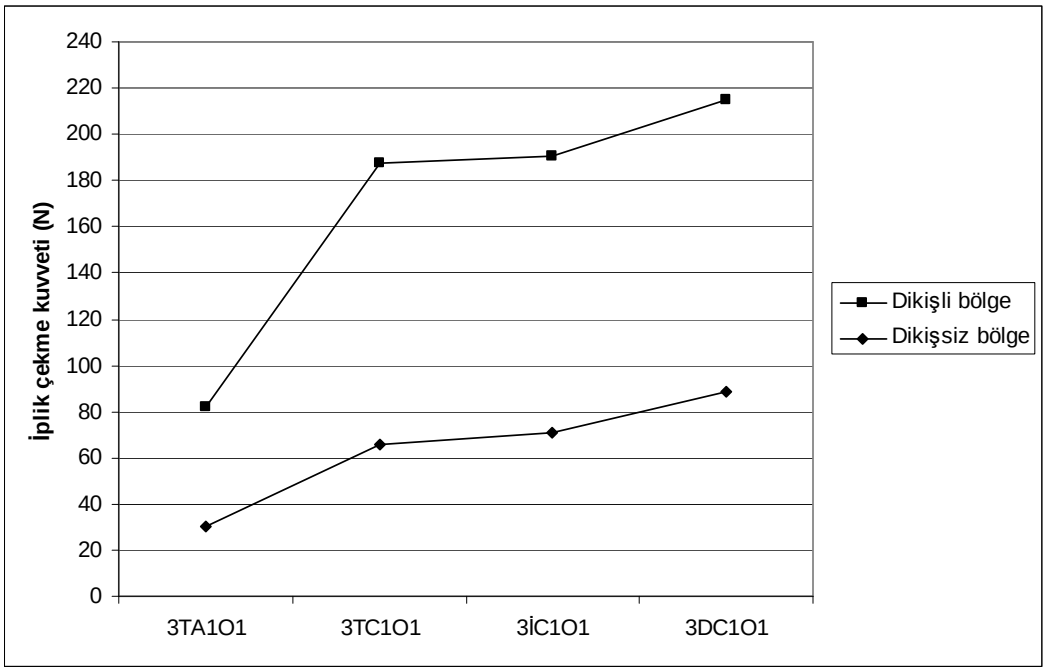


Şekil 5.12. Twaron™ CT 716 kumaştan çözgü yönünde 30cm mesafeden atkı ve çözgü yönünde çok uçlu çekilen ipliklerin iplik çekme kuvvetinin grafiği.

Twaron™ CT 714 ve 716 kumaşların kullanılması ile geliştirilen katlı yapıların dikişli ve dikişsiz bölgelerinden tekli çekilen ipliklerden elde edilen veriler Şekil 5.13-5.14 da verilmiştir. Grafiklerden görüleceği üzere dikişli bölgelerden çekilen iplikdeki çekme kuvvetleri dikişsiz bölgeden çekilene göre daha yüksek olduğu ve tek katlı kumaştan çekilen iplik çekme değerlerinden de yine yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu özellikle dikişli katlı yapıların geliştirilmesi açısından kayda değer bir sonuçtur.



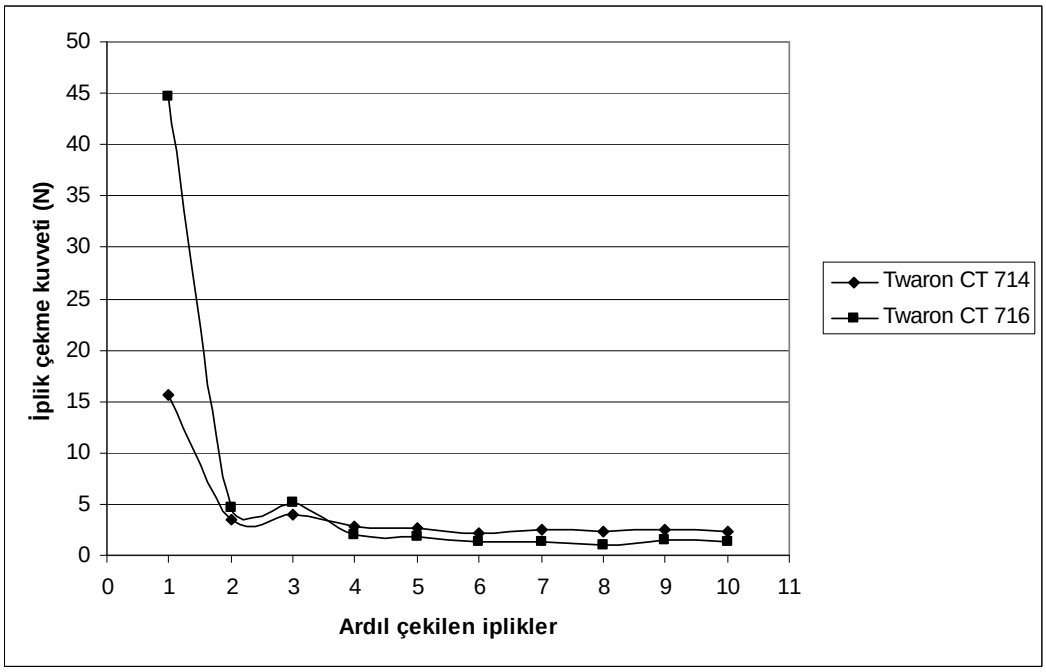
Şekil 5.13. Twaron™ CT 714 kumaştan geliştirilen dikişli yapıların ön yüzeyinin dikişli ve dikişsiz bölgelerinden tek iplik çekme kuvvetinin grafiği.



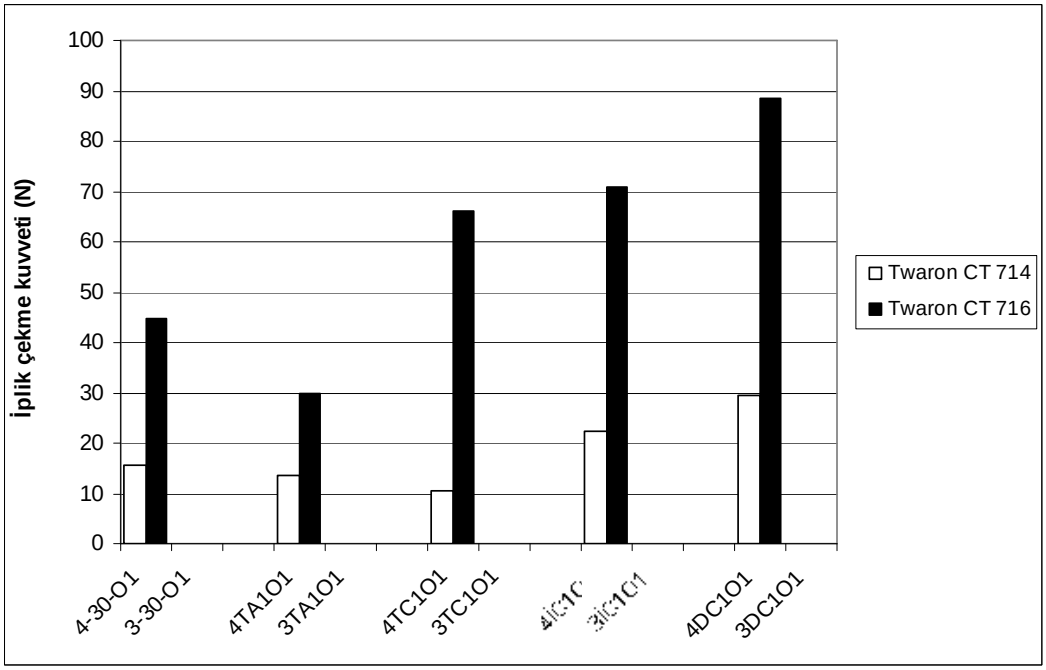
Şekil 5.14. Twaron™ CT 716 kumaştan geliştirilen dikişli yapıların ön yüzeyinin dikişli ve dikişsiz bölgelerinden tek iplik çekme kuvvetinin grafiği.

Geliştirilen katlı dikişli yapıların ön yüzlerinin ilk katından iplik çekme kuvvet değerleri kıyaslama esaslı olarak tek katlı kumaş yüzeyinden katlı yapıdaki kumaş uzunluğundaki iplik çekme değerleri üzerinden elde edilen veriler Şekil 5.15-5.16 da verilmiştir. Grafiklerden görüleceği üzere her iki tipdeki kumaşların 30 cm uzunluğundaki iplik çekme değerleri sıkı yapıda seyrek yapıya kıyasla daha büyük değerde görülürken katlı yapıların dikişli formlarının her iki kumaş tipi üzerinden çekme değerleri benzer eğilim gösterirken katlı yapılardaki iplik çekme değerleri tek katlı kumaştaki değerlerden daha yüksek çıkmıştır. Bu bir derece ilginç bulunmuştur. Yani lifsi tekstil esaslı yapıların geleneksel karakteristiği olan her bir koşuldaki değişikliğe bir karşılık özelliği (arbitrary) göstermesi burada da kendisini göstermiştir. Yapıların karşılaştırmalı grafiğinden görüleceği üzere atkı yönündeki iplik çekim değeri göz ardı edilirse katlı yapıların iplik çekme değerleri tek katlı durumdan daha yüksek bir değer göstermiştir.

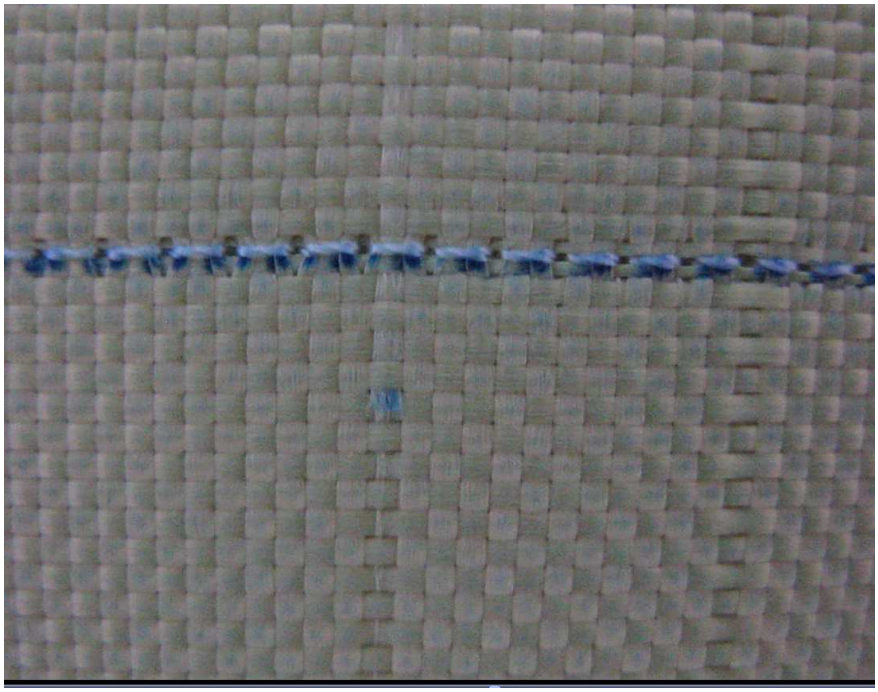
Şekil 5.17-5.20 de sayıldıkları sıra ile çözgü yönünde dikişli ancak atkı yönünde iplik çekimi, çözgü yönünde iplik çekimi ile iki ve dört yönlü nylon 6.6 dikimli yapıların çözgü yönündeki iplik çekimleri görülmektedir.



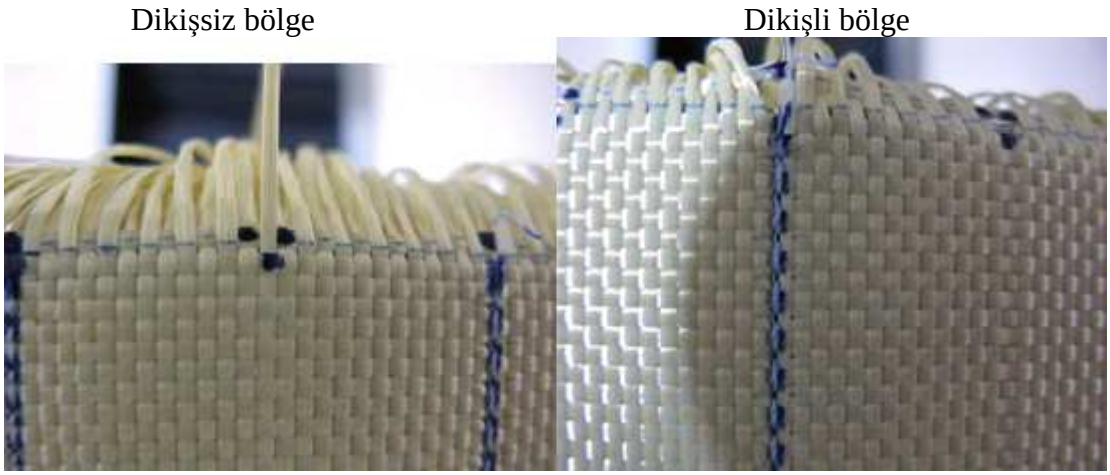
Şekil 5.15.Twaron™ CT 714 ve 716 kumaşlardan çözgü yönünde 30cm mesafeden ardıl çekilen ipliklerin iplik çekme kuvvetinin grafiği.



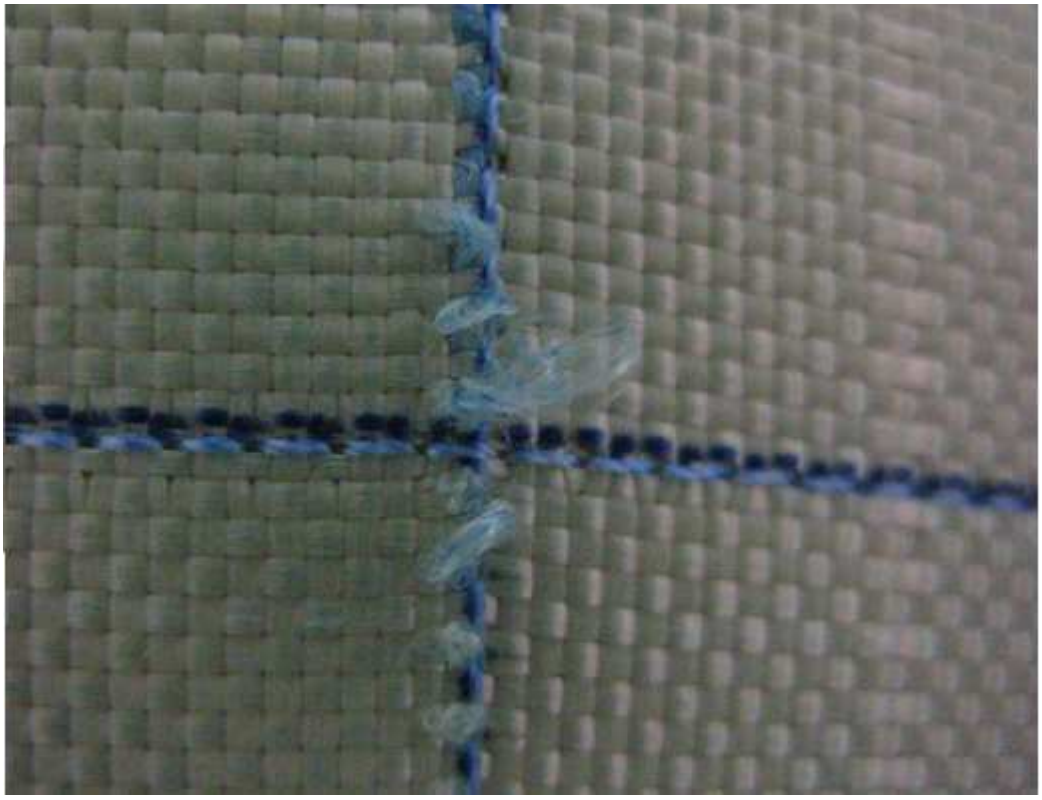
Şekil 5.16. Twaron™ CT 714 ve 716 kumaşlardan çözgü yönünde 30cm mesafeden tek katlı ve çok katlı dikişli yapılardan tek iplik çekmeleri ile elde edilen iplik çekme kuvvetlerinin grafiği.



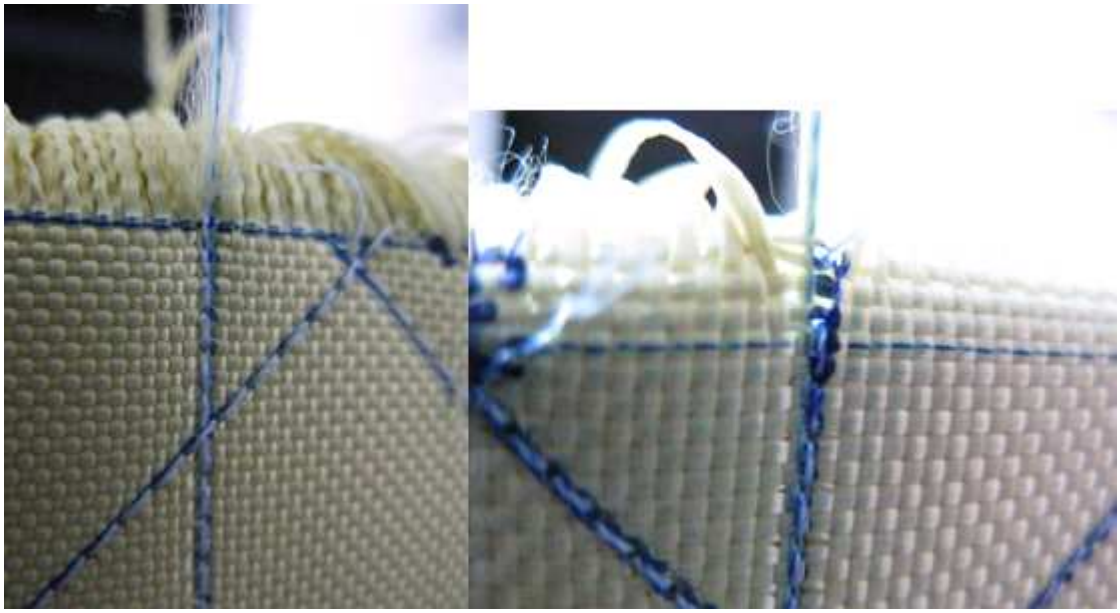
Şekil 5.17. Çözgü yönüne paralel tek yön dikişli yapıda atkı yönünde iplik çekimi.



Şekil 5.18. Tek yön dikişli çözgü yönü yapıda iplik çekilmesinin gösterimi.

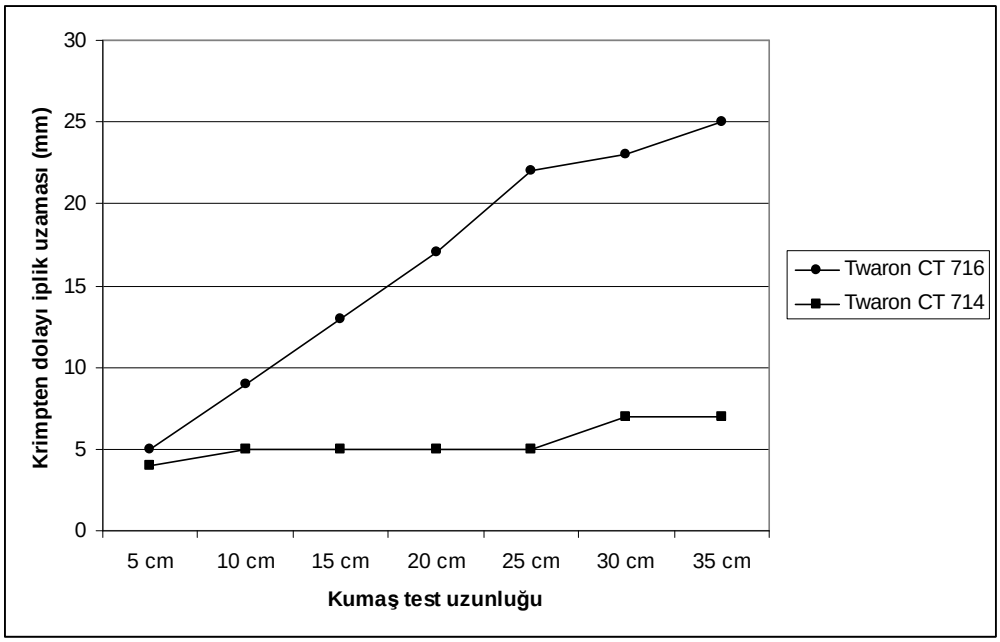


Şekil 5.19. İki yön dikişli yapıda çözgü yönünde dikişli bölgeden iplik çekilmesinin gösterimi.

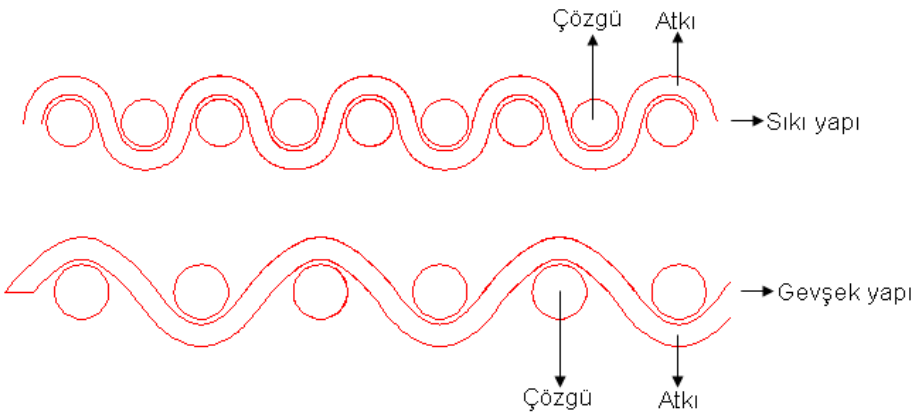


Şekil 5.20. Dört yön dikişli yapıda çözgü yönünde iplik çekilmesinin gösterimi.

Twaron™ CT 716 ve CT 714 kumaştan çözgü yönünde kumaşın farklı uzunlukları üzerinden krimpten dolayı iplik uzaması Şekil 5.21 de verilmiştir. Grafikten görüleceği üzere kumaş uzunluğu arttıkça her iki tip kumaşta da krimpten dolayı iplik uzaması artmaktadır. Bunun nedeni iplik setlerindeki kumaş uzunluğundan dolayı kesişme sayılarının artmasıdır. CT 716 kodlu kumaştaki krimpten dolayı uzama değeri CT 714 e göre daha yüksek çıkmıştır bunun nedeni ise Şekil 5.22 de görüleceği üzere CT 716 kumaşın sıkı yapısından dolayı daha fazla iplik kesişmelerle yapıya birikmişken CT 714 in seyrek yapısından dolayı daha az iplik uzunluğu yapıda yer almıştır.

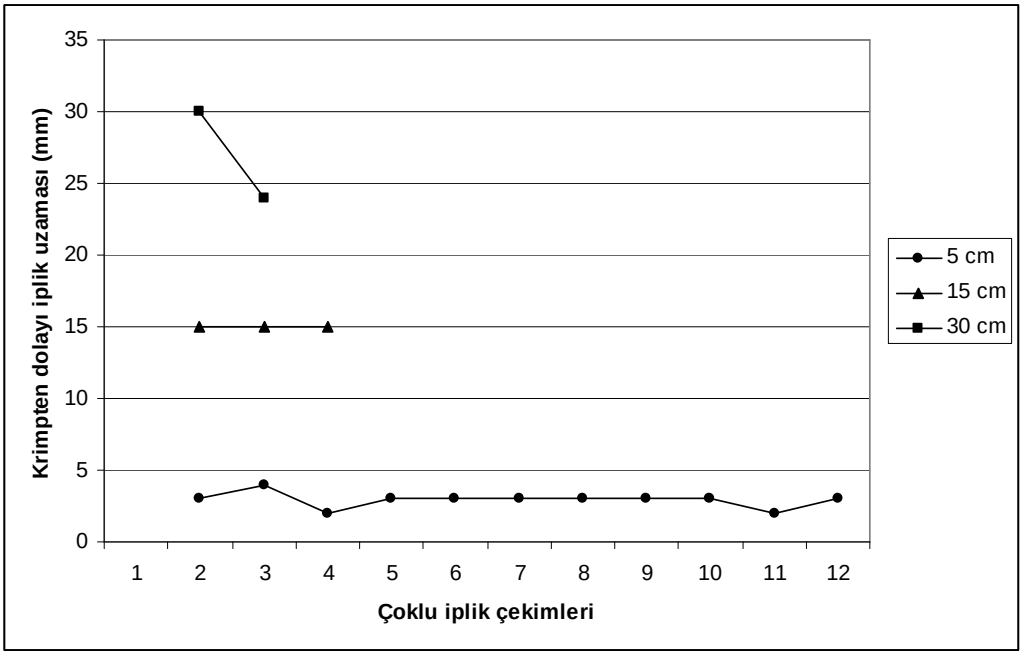


Şekil 5.21. Twaron™ CT 716 ve CT 714 kumaştan çözgü yönünde 5cm, 10cm, 15cm, 20cm, 25cm, 30cm ve 35cm mesafelerden ardıl çekilen ipliklerde krimpten dolayı iplik uzaması.

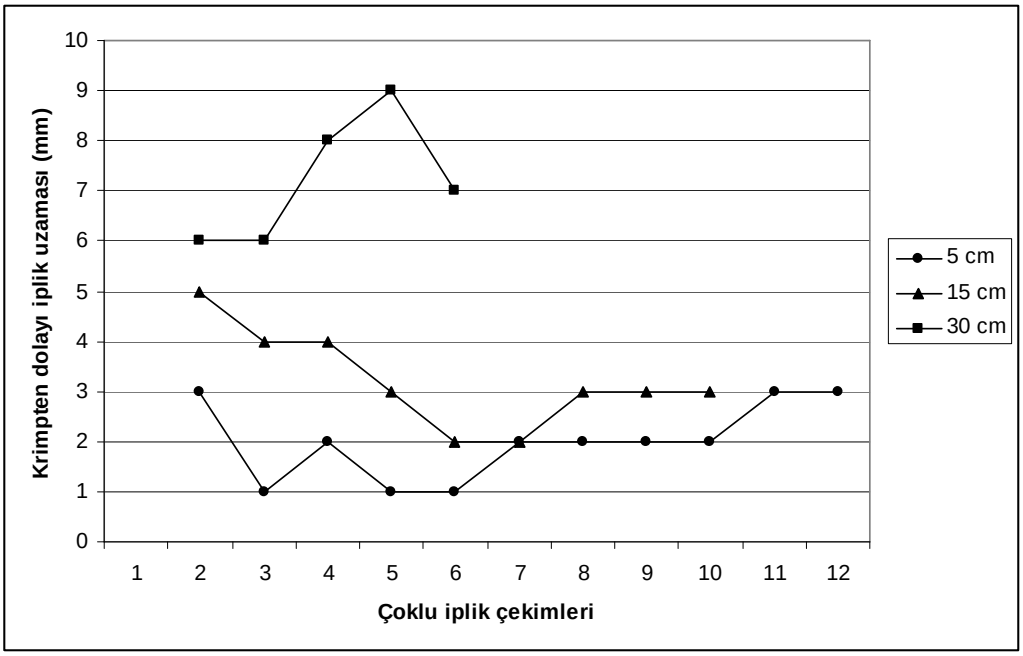


Şekil 5.22. Twaron™ CT 716 sıkı kumaşda tekli iplik çekimi ile krimpten dolayı uzamanın CT 714 seyrek kumaştan iplik çekimine göre daha yüksek olmasını açıklayan şematik görünümü.

Twaron™ CT 716 ve 714 kumaşlardan çoklu iplik çekimleri ile krimpten dolayı iplik uzaması kumaş uzunluğuna bağlı olarak Şekil 5.23-5.24 de verilmiştir. Grafiklerden görüleceği üzere çoklu iplik çekimlerinde krimpten dolayı iplik uzaması kumaş uzunluğunun bir fonksiyonu olup kumaş uzunluğu arttıkça artma eğiliminde olduğu her iki tek katlı kumaş üzerinde görülmüştür.

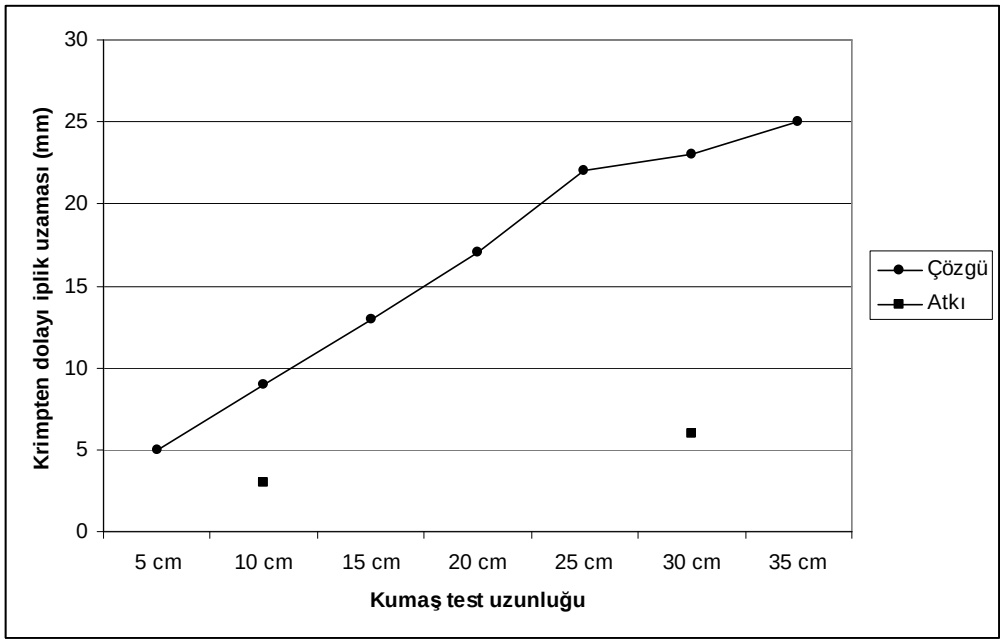


Şekil 5.23. Twaron™ CT 716 kumaştan çözgü yönünde 5cm, 15cm ve 30cm mesafelerden çoklu çekilen ipliklerde krimpten dolayı iplik uzaması.

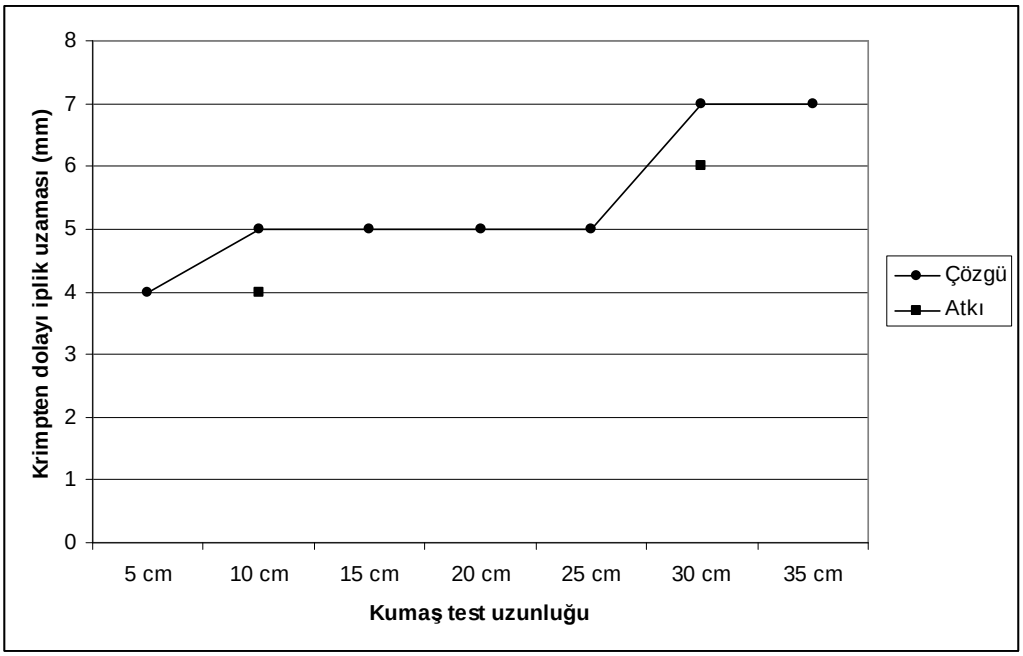


Şekil 5.24. Twaron™ CT 714 kumaştan çözgü yönünde 5cm, 15cm ve 30cm mesafelerden çoklu çekilen ipliklerde krimpten dolayı iplik uzaması.

Twaron™ CT 716 ve 714 kumaşların farklı uzunluklarının hem çözgü ve hem de atkı yönlerinde krimpten dolayı iplik uzamaları Şekil 5.25-5.26 da verilmiştir. Grafiklerden görüleceği üzere çözgü yönündeki krimpten dolayı çözgü uzaması her iki kumaş tipi içinde yüksek çıkmıştır. Farklılık CT 716 sıkı kumaşta CT 714 seyrek kumaşa göre daha büyük olarak elde edilmiştir.



Şekil 5.25. Twaron™ CT 716 kumaştan atkı yönünde 10cm, 30cm ve çözgü yönünde 5cm, 10cm, 15cm, 20cm, 25cm, 30cm ve 35cm mesafelerden ardıl çekilen ipliklerde krimpten dolayı iplik uzaması.



Şekil 5.26. Twaron™ CT 714 kumaştan atkı yönünde 10cm, 30cm ve çözgü yönünde 5cm, 10cm, 15cm, 20cm, 25cm, 30cm ve 35cm mesafelerden ardıl çekilen ipliklerde krimpten dolayı iplik uzaması.

5.2. Atış Verilerinin Değerlendirilmesi

5.2.1. Tehlikenin Kinetik Enerjisi

Her bir tehlike tipi için kinetik enerji,

$Ek = \frac{1}{2} mV^2$ formülü ile hesaplanmıştır. Burada;

m= Merminin kütlesi (Kg), V= Merminin hızı (m/s),
göstermektedir. Kinetik enerji formülü kullanılarak her bir tehlike tipi için ayrı ayrı hesaplanmıştır.

5.2.2. Bozunan Katın Spesifik Enerji Absorblaması (BSEA)

Atış sonucunda her bir yapıda tehlike tipine bağlı olarak katlarda oluşan bozunmalara göre sergilediği spesifik enerji absorblama (BSEA) değerleri hesaplanmıştır.

Bozunan katın yoğunluğu üzerinden,

$$\text{Spesifik enerji absorblama (BSEA)} = \frac{\text{Tehlikenin kinetik enerjisi}}{\text{Bozunan katın yoğunluğu}} \quad \left[J * \frac{m^2}{g} \right]$$

şeklinde hesaplanmıştır.
Burada,
Bozunan katın yoğunluğu= (Bozunan kat sayısı * Kumaş yoğunluğu (gram/m^2)) dır.

5.2.3. Yapının Spesifik Enerji Absorblaması (YSEA)

Her bir yapının belirtilen tehlike tiplerine maruz kalması halinde bütün yapı göz önünde bulundurularak sergilediği spesifik enerji absorblama (YSEA) değerleri hesaplandı. Bunun için;
Yapının yoğunluğu üzerinden

$$\text{Spesifik enerji absorblama (YSEA)} = \frac{\text{Tehlikenin kinetik enerjisi}}{\text{Yapının toplam yoğunluğu}} \quad \left[J * \frac{m^2}{g} \right]$$

bağıntısı kullanılarak hesaplandı. Yapı yoğunlukları dikişli yapılarda dikiş ipliğinin ağırlığı da yapı ağırlığına dahil edilmiştir. Geliştirilen yapılar dikildikten sonra tartılarak yapı yoğunluğu hesaplanmıştır.

5.2.4. Twaron™ CT 714 Esaslı Geliştirilen Yapıların Bozunan Kat Ve Yapının Yoğunluğu Üzerinden Enerji Absorblaması

Twaron™ CT 714 kumaşla ki bu bezayağı örgüde seyrektir, geliştirilen 14 katlı dikişsiz ve dikişli formlarına 9 mm FMJ merminin CZ 75, BARETTA ve MP5'le yapılan atışlar sonucunda elde edilen enerji ile absorblanan enerji değerleri Tablo 5.1-5.5 ve Şekil 5.27-5.30 de verilmiştir. Tablo ve grafiklerden görüleceği üzere dikişsiz yapıların enerji absorblaması ile dikişli yapıların enerji absorblaması toplam yapı yoğunluğu üzerinden kıyaslandığında CZ 75 ve BARETTA (300-350 m/s) nın birbirine yakın mermi hızlarında olması nedeni ile benzer miktarda yapılar tarafından absorplandığı ancak MP5(350-400 m/s) in ilk ikisine kıyasla daha yüksek mermi hızlarına çıkmasından dolayı en fazla enerji absorplamasının MP5 den atılan mermi üzerinde bütün yapılarda olduğu saptanmıştır. Dikişsiz ve dikişli yapıların enerji absorplama değerleri yapı yoğunluğu üzerinden birbirine yakın çıkarken konik derinlik açısından kevlar dikişli yapının en düşük değerde olması dikkat çekici bir noktadır. Yani çok yönde kevlar dikişler yapıyı rijid hale getirmesi ve mermi temas yönünün tersi yönünde katları açmak için bir enerjiye gereksinim duymaları ve bunun sonucunda enerjinin bir kısmı burada absorplanmasına karşın enerji absorplama mekanizmasının bir parçası olan yapıda krimp uzaması ve iplik çekilmelerinin düşük olmasına (yapının dikişli olması ile kumaş katlarının ve dolayısı ile ipliklerin rahat hareket edememesi ve yapının rijidliği) ve bozunan kat sayılarıda göz önüne alınarak mermi temas yönünde çökmelerin düşük olmasına yol açtığı düşünülmüştür.

Ancak dikişsiz yapıda enerji absorplaması ağırlıklı olarak her kattaki geniş aralıkta serbestçe hareket edebilen ipliklerdeki krimp uzamaları ve iplik çekmeleri üzerinden gerçekleştiği gözlenmiştir. Bunun sonucunda dikişli yapılara kıyasla daha yüksek çökmeler gözlenmiştir. Bu da olağan karşılanmıştır çünkü katların hareketliliği dolayısı ile de ipliklerin dikişlerle sınırlandırılmamıştır.

Tablo 5.1. Twaron™ CT 714 14 katlı dikişsiz yapının atış sonucu hesaplanan enerji absorplama değerleri.

Silah tipi	**Mermi hızı m/s**	**Mermi ağırlığı (gram)**	**Koni derinliği (mm)**	**Koni çapı (mm)**	**Bozunan kat sayısı**	**Merminin kinetik enerjisi (J)**	**BSEA** $\left(J*\frac{m^2}{gram}\right)$	**YSEA** $\left(J*\frac{m^2}{gram}\right)$
1 Nolu atış CZ 75	346,5	8	43	47,83	5	480,25	0,505	0,183
4 Nolu atış BARETTA	317	8	38	43,09	6	401,96	0,352	0,153
6 Nolu atış MP5	395,5	8	Delindi	41,56	14	625,68	0,235	0,238

Tablo 5.2. Twaron™ CT 714 14 katlı tek yön dikişli (Nylon 6.6 ipliği ile) yapının atış sonucu hesaplanan enerji absorplama değerleri.

Silah tipi	**Mermi hızı m/s**	**Mermi ağırlığı (gram)**	**Koni derinliği (mm)**	**Koni çapı (mm)**	**Bozunan kat sayısı**	**Merminin kinetik enerjisi (J)**	**BSEA** $\left(J*\frac{m^2}{gram}\right)$	**YSEA** $\left(J*\frac{m^2}{gram}\right)$
1 Nolu atış CZ 75	339,9	8	40	43,76	4	462,13	0,607	0,175
5 Nolu atış CZ 75	331,7	8	40	50,73	4	440,10	0,578	0,167
CZ 75 Ortalama Değerleri	**335,8**	**8**	**40**	**47,245**	**4**	**451,114**	**0,593**	**0,171**
4 Nolu atış BARETTA	349,4	8	42	45,71	4	488,32	0,642	0,185
2 Nolu atış BARETTA	340,5	8	41	59,97	5	463,76	0,488	0,176
BARETTA Ortalama Değerleri	**344,95**	**8**	**41,5**	**52,84**	**4,5**	**476,041**	**0,565**	**0,180**
6 Nolu atış MP5	392,9	8	44	49,17	6	617,48	0,541	0,234
3 Nolu atış MP5	389,4	8	46	49,81	6	606,53	0,531	0,230
MP5 Ortalama Değerleri	**391,15**	**8**	**45**	**49,49**	**6**	**612,006**	**0,536**	**0,232**

Tablo 5.3. Twaron™ CT 714 14 katlı iki yön dikişli (Nylon 6.6 ipliği ile dikilmiş) yapının atış sonucu hesaplanan enerji absorplama değerleri.

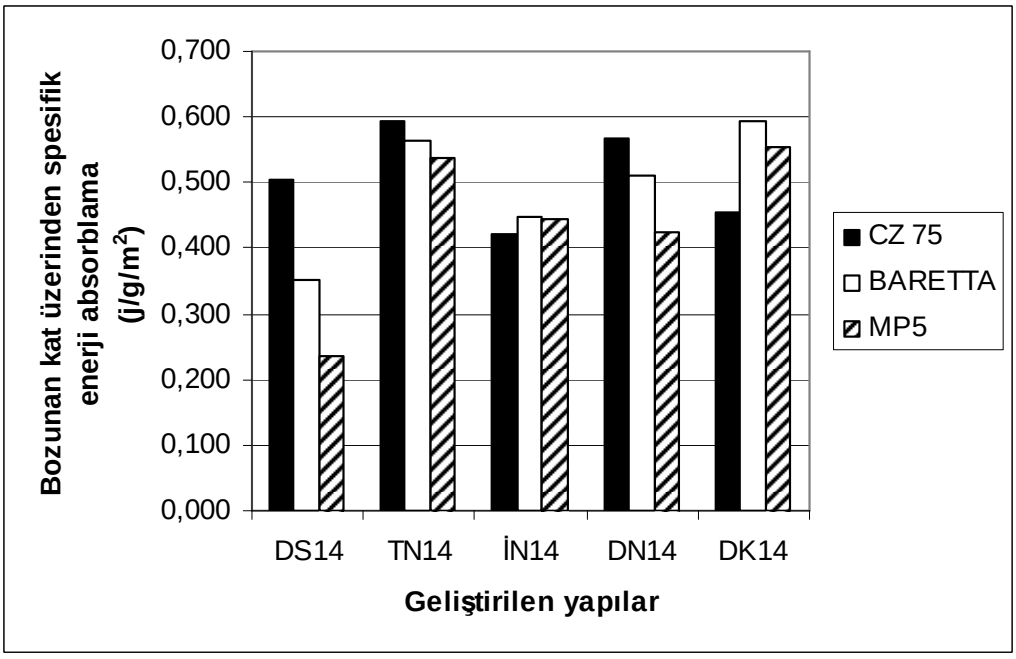
Silah tipi	**Mermi hızı m/s**	**Mermi ağırlığı (gram)**	**Koni derinliği (mm)**	**Koni çapı (mm)**	**Bozunan kat sayısı**	**Merminin kinetik enerjisi (J)**	**BSEA** $\left(J*\frac{m^2}{gram}\right)$	**YSEA** $\left(J*\frac{m^2}{gram}\right)$
1 Nolu atış CZ 75	334,5	8	41	44,43	6	447,56	0,392	0,168
5 Nolu atış CZ 75	327,1	8	36	48,61	5	427,98	0,450	0,161
CZ 75 Ortalama Değerleri	**330,8**	**8**	**38,5**	**46,52**	**5,5**	**437,769**	**0,421**	**0,165**
4 Nolu atış BARETTA	326,1	8	40	43,5	5	425,36	0,447	0,160
2 Nolu atış BARETTA	356,8	8	40	47,47	6	509,22	0,446	0,191
BARETTA Ortalama Değerleri	**341,45**	**8**	**40**	**45,485**	**5,5**	**467,295**	**0,447**	**0,176**
6 Nolu atış MP5	390	8	46	49,52	7	608,40	0,457	0,229
3 Nolu atış MP5	379,2	8	43	46,67	7	575,17	0,432	0,216
MP5 Ortalama Değerleri	**384,6**	**8**	**44,5**	**48,095**	**7**	**591,785**	**0,444**	**0,222**

Tablo 5.4. Twaron™ CT 714 14 katlı dört yön dikişli (Nylon 6.6 ipliği ile dikilmiş) yapının atış sonucu hesaplanan enerji absorplama değerleri.

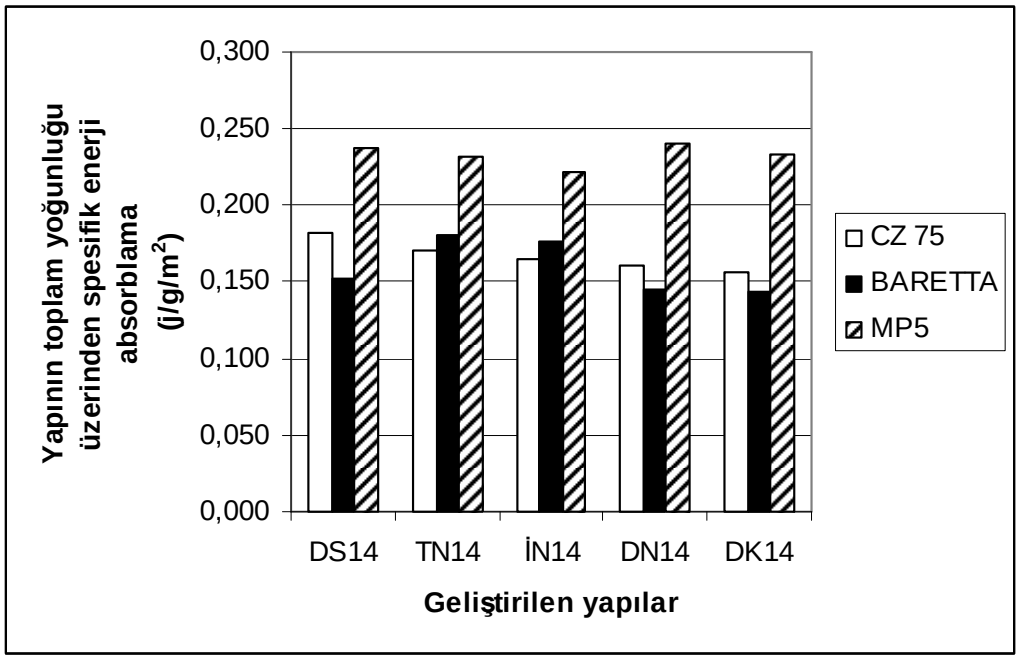
Silah tipi	**Mermi hızı m/s**	**Mermi ağırlığı (gram)**	**Koni derinliği (mm)**	**Koni çapı (mm)**	**Bozunan kat sayısı**	**Merminin kinetik enerjisi (J)**	**BSEA** $\left(J*\frac{m^2}{gram}\right)$	**YSEA** $\left(J*\frac{m^2}{gram}\right)$
1 Nolu atış CZ 75	340,2	8	38	42,52	4	462,94	0,608	0,173
5 Nolu atış CZ 75	315,7	8	37	45,77	4	398,67	0,524	0,149
CZ 75 Ortalama Değerleri	**327,95**	**8**	**37,5**	**44,145**	**4**	**430,805**	**0,566**	**0,161**
4 Nolu atış BARETTA	342,9	8	38	48,89	5	470,32	0,495	0,176
2 Nolu atış BARETTA	274,8	8	38	49,56	3	302,06	0,529	0,113
BARETTA Ortalama Değerleri	**308,85**	**8**	**38**	**49,225**	**4**	**386,191**	**0,512**	**0,145**
6 Nolu atış MP5	390,6	8	43	52,51	7	610,27	0,458	0,229
3 Nolu atış MP5	410,6	8	48	50,49	9	674,37	0,394	0,253
MP5 Ortalama Değerleri	**400,6**	**8**	**45,5**	**51,5**	**8**	**642,321**	**0,426**	**0,241**

Tablo 5.5. Twaron™ CT 714 14 katlı dört yön dikişli (Kevlar 129 ipliği ile dikilmiş) yapının atış sonucu hesaplanan enerji absorplama değerleri.

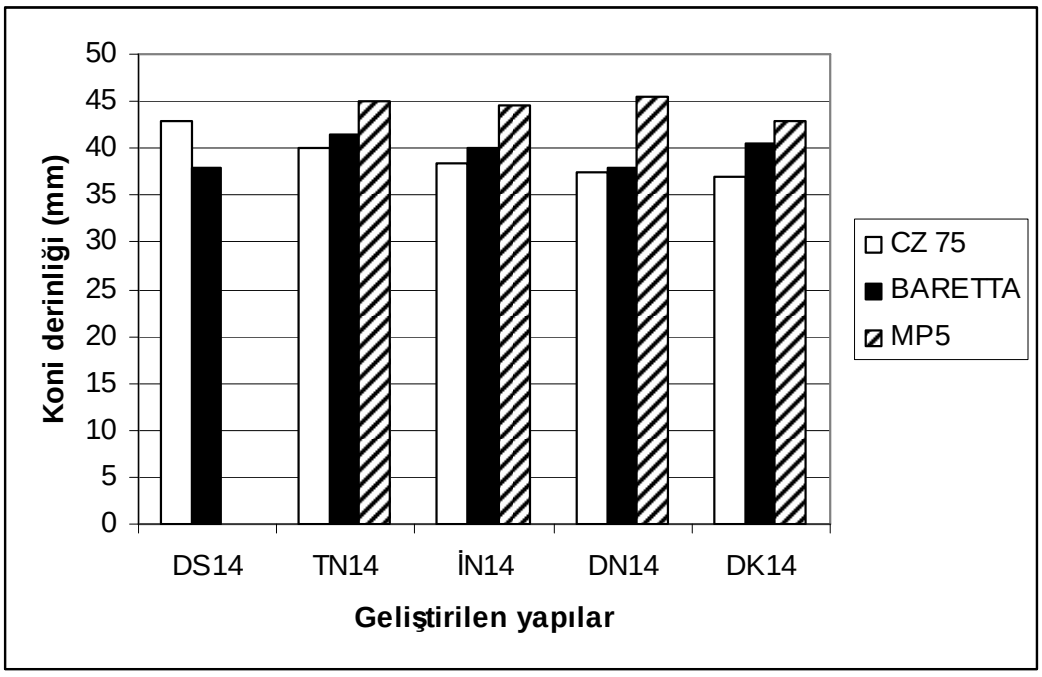
Silah tipi	Mermi hızı m/s	Mermi ağırlığı (gram)	Koni derinliği (mm)	Koni çapı (mm)	Bozunan kat sayısı	Merminin kinetik enerjisi (J)	BSEA $\left(J*\frac{m^2}{gram}\right)$	YSEA $\left(J*\frac{m^2}{gram}\right)$
1 Nolu atış CZ 75	346,2	8	36	49,01	6	479,42	0,420	0,177
5 Nolu atış CZ 75	304,3	8	38	47,13	4	370,39	0,487	0,137
CZ 75 Ortalama Değerleri	**325,25**	**8**	**37**	**48,07**	**5**	**424,906**	**0,453**	**0,157**
4 Nolu atış BARETTA	319,4	8	37	48,68	4	408,07	0,536	0,151
2 Nolu atış BARETTA	305,4	8	44	49,74	3	373,08	0,654	0,138
BARETTA Ortalama Değerleri	**312,4**	**8**	**40,5**	**49,21**	**3,5**	**390,571**	**0,595**	**0,144**
6 Nolu atış MP5	397,4	8	39	55,03	6	631,71	0,554	0,233
3 Nolu atış MP5	397,4	8	47	51,95	6	631,71	0,554	0,233
MP5 Ortalama Değerleri	**397,4**	**8**	**43**	**53,49**	**6**	**631,707**	**0,554**	**0,233**



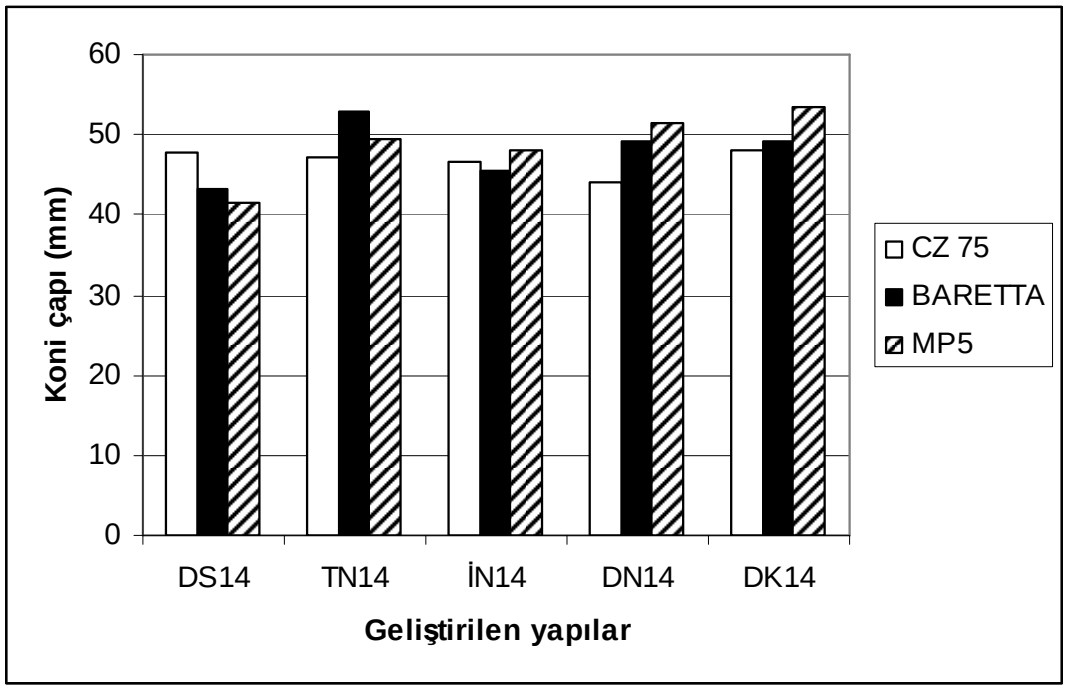
Şekil 5.27. Twaron™ CT 714 kumaştan geliştirilen yapılara CZ 75, baretta ve MP5 tehlike tipleri ile yapılan atış sonucu bozunan kat sayıları üzerinden hesaplanan spesifik enerji absorblama değerinin grafikleri.



Şekil 5.28. Twaron™ CT 714 kumaştan geliştirilen yapılara CZ 75, baretta ve MP5 tehlike tipleri ile yapılan atış sonucu yapının toplam yoğunluğu üzerinden hesaplanan spesifik enerji absorblama değerinin grafikleri.



Şekil 5.29. Twaron™ CT 714 kumaştan geliştirilen yapılara CZ 75, baretta ve MP5 tehlike tipleri ile yapılan atış sonucu ölçülen koni derinliği grafikleri.



Şekil 5.30. Twaron™ CT 714 kumaştan geliştirilen yapılara CZ 75, baretta ve Mp5 tehlike tipleri ile yapılan atış sonucu ölçülen koni çapı grafikleri.

5.2.5. Twaron™ CT 716 Esaslı Geliştirilen Yapıların Bozunan Kat Ve Yapının Yoğunluğu Üzerinden Enerji Absorblaması

Twaron™ CT 716 kumaşla ki bu bezayağı örgüde sıkıdır, geliştirilen 14 katlı dikişsiz ve dikişli formlarına 9 mm FMJ merminin CZ 75, BARETTA ve MP5 le yapılan atışlar sonucunda elde edilen enerji ile absorblanan enerji değerleri Tablo 5.6-5.10 ve Şekil 5.31-5.34 de verilmiştir. Tablo ve grafiklerden görüleceği üzere dikişsiz yapıların enerji absorblaması ile dikişli yapıların enerji absorblaması toplam yapı yoğunluğu üzerinden kıyaslandığında CZ 75 ve BARETTA (300-350 m/s) nın birbirine yakın mermi hızlarında olması nedeni ile benzer miktarda yapılar tarafından absorplandığı ancak MP5(350-400 m/s) in ilk ikisine kıyasla daha yüksek mermi hızlarına çıkmasından dolayı en fazla enerji absorplamasının MP5 den atılan mermi üzerinde bütün yapılarda olduğu saptanmıştır. Dikişsiz ve dikişli yapıların enerji absorplama değerleri bozunan kat sayısı üzerinden göz önüne alındığında kevlar dikişli yapının dikişsiz ve naylon dikişli yapılara kıyasla bir derece daha fazla enerjiyi absorpladığı anlaşılmıştır. Bununla birlikte dikişli yapılardaki konik çökme miktarı dikişsizlere göre bariz bir şekilde düşük çıktığı görülmüştür.

Katlı yapılarda dikim işlemi yapıyı rijid hale getirmesi ve mermi temas yönünün tersi yönünde katları açmak için bir enerjiye gereksinim duymaları ve bunun sonucunda enerjinin bir kısmı burada absorplanmasına karşın enerji absorplama mekanizmasının bir parçası olan yapıda krimp uzaması ve iplik çekilmelerinin düşük olmasına (yapının dikişli olması ile kumaş katlarının ve dolayısı ile ipliklerin rahat hareket edememesi ve yapının rijidliği) ve bozunan kat sayılarıda göz önüne alınarak mermi temas yönünde çökmelerin düşük olmasına yol açtığı düşünülmüştür.

Ancak dikişsiz yapıda enerji absorplaması ağırlıklı olarak her kattaki geniş aralıkta serbestçe hareket edebilen ipliklerdeki krimp uzamaları ve iplik çekmeleri üzerinden gerçekleştiği gözlenmiştir. Bunun sonucunda dikişli yapılara kıyasla daha yüksek çökmeler gözlenmiştir. Bu da olağan karşılanmıştır çünkü katların hareketliliği dolayısı ile de ipliklerin dikişlerle sınırlandırılmamıştır.

Tablo 5.6. Twaron™ CT 716 14 katlı dikişsiz yapının atış sonucu hesaplanan enerji absorplama değerleri.

Silah tipi	**Mermi hızı m/s**	**Mermi ağırlığı (gram)**	**Koni derinliği (mm)**	**Koni çapı (mm)**	**Bozunan kat sayısı**	**Merminin kinetik enerjisi (J)**	**BSEA** $\left(J*\frac{m^2}{gram}\right)$	**YSEA** $\left(J*\frac{m^2}{gram}\right)$
1 Nolu atış CZ 75	347	8	43	59,76	6	481,64	0,290	0,124
4 Nolu atış BARETTA	338,8	8	34	60,01	5	459,14	0,331	0,118
6 Nolu atış MP5	415,1	8	43	57,8	7	689,23	0,355	0,178

Tablo 5.7. Twaron™ CT 716 14 katlı tek yön dikişli (Nylon 6.6 ipliği ile dikilmiş) yapının atış sonucu hesaplanan enerji absorplama değerleri.

Silah tipi	**Mermi hızı m/s**	**Mermi ağırlığı (gram)**	**Koni derinliği (mm)**	**Koni çapı (mm)**	**Bozunan kat sayısı**	**Merminin kinetik enerjisi (J)**	**BSEA** $\left(J*\frac{m^2}{gram}\right)$	**YSEA** $\left(J*\frac{m^2}{gram}\right)$
1 Nolu atış CZ 75	346,3	8	39	52,27	5	479,69	0,346	0,123
5 Nolu atış CZ 75	347,5	8	36	62,58	5	483,03	0,349	0,124
CZ 75 Ortalama Değerleri	**346,9**	**8**	**37,5**	**57,425**	**5**	**481,360**	**0,347**	**0,124**
4 Nolu atış BARETTA	347,3	8	38	58,66	4	482,47	0,435	0,124
2 Nolu atış BARETTA	305,7	8	33	62,24	4	373,81	0,337	0,096
BARETTA Ortalama Değerleri	**326,5**	**8**	**35,5**	**60,45**	**4**	**428,140**	**0,386**	**0,110**
6 Nolu atış MP5	374,8	8	35	59,32	6	561,90	0,338	0,144
3 Nolu atış MP5	397,4	8	47	67,14	6	631,71	0,380	0,162
MP5 Ortalama Değerleri	**386,1**	**8**	**41**	**63,23**	**6**	**596,804**	**0,359**	**0,153**

Tablo 5.8. Twaron™ CT 716 14 katlı iki yön dikişli (Nylon 6.6 ipliği ile dikilmiş) yapının atış sonucu hesaplanan enerji absorplama değerleri.

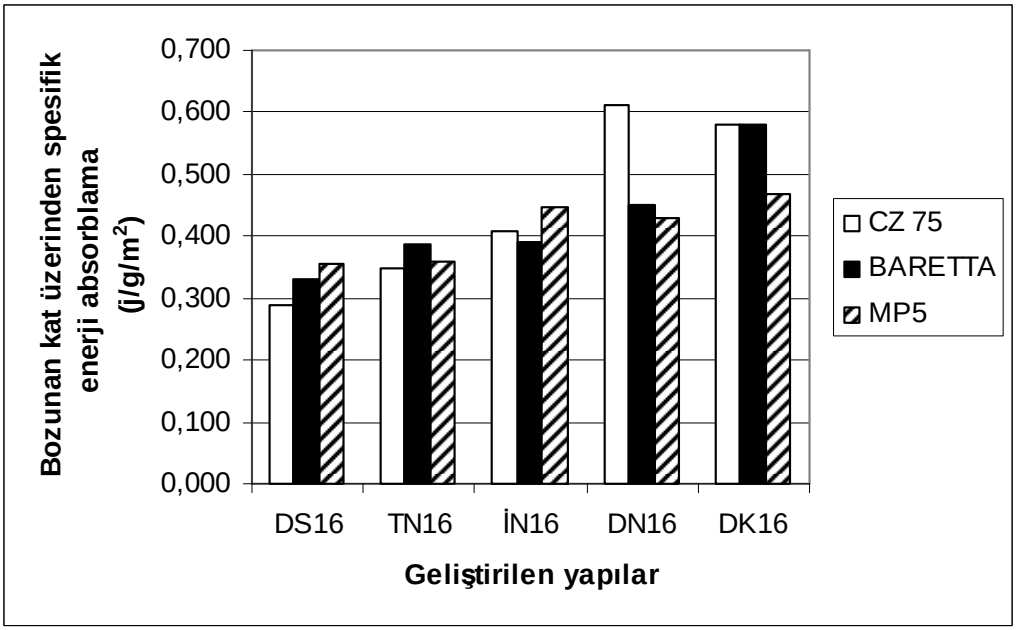
Silah tipi	**Mermi hızı m/s**	**Mermi ağırlığı (gram)**	**Koni derinliği (mm)**	**Koni çapı (mm)**	**Bozunan kat sayısı**	**Merminin kinetik enerjisi (J)**	**BSEA** $\left(J*\frac{m^2}{gram}\right)$	**YSEA** $\left(J*\frac{m^2}{gram}\right)$
1 Nolu atış CZ 75	347,1	8	38	57,87	4	481,91	0,435	0,124
5 Nolu atış CZ 75	324,4	8	34	46,99	4	420,94	0,380	0,108
CZ 75 Ortalama Değerleri	**335,75**	**8**	**36**	**52,43**	**4**	**451,428**	**0,407**	**0,116**
4 Nolu atış BARETTA	362,9	8	38	53,37	5	526,79	0,380	0,135
2 Nolu atış BARETTA	334	8	32	60,04	4	446,22	0,403	0,114
BARETTA Ortalama Değerleri	**348,45**	**8**	**35**	**56,705**	**4,5**	**486,505**	**0,391**	**0,125**
6 Nolu atış MP5	397,6	8	34	62,42	5	632,34	0,456	0,162
3 Nolu atış MP5	390	8	42	65,51,	5	608,40	0,439	0,156
MP5 Ortalama Değerleri	**393,8**	**8**	**38**	**63,965**	**5**	**620,372**	**0,448**	**0,159**

Tablo 5.9. Twaron™ CT 716 14 katlı dört yön dikişli (Nylon 6.6 ipliği ile dikilmiş) yapının atış sonucu hesaplanan enerji absorplama değerleri.

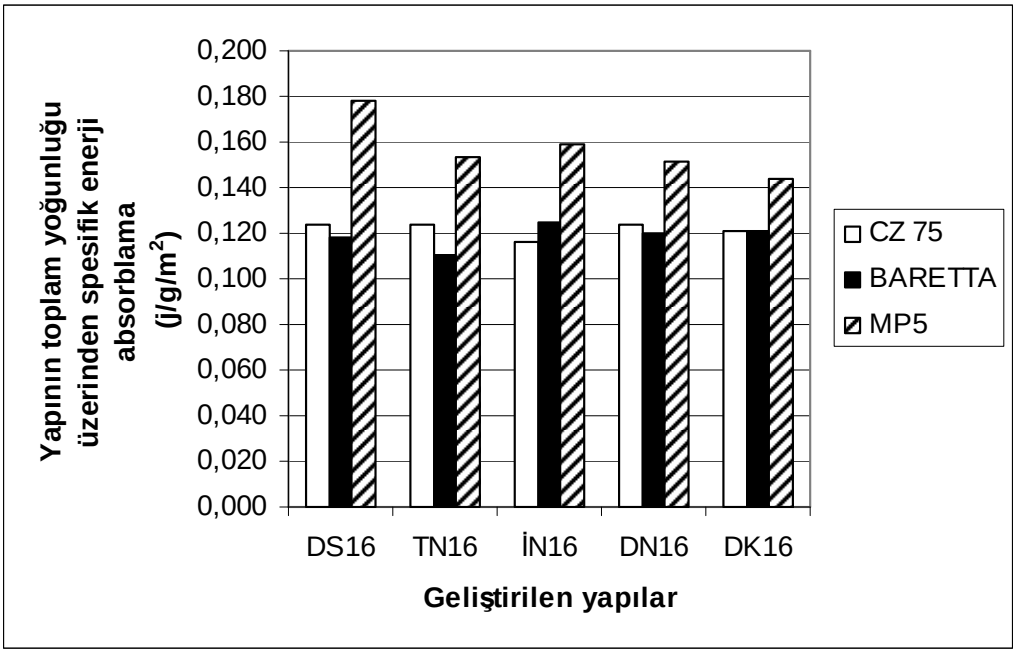
Silah tipi	**Mermi hızı m/s**	**Mermi ağırlığı (gram)**	**Koni derinliği (mm)**	**Koni çapı (mm)**	**Bozunan kat sayısı**	**Merminin kinetik enerjisi (J)**	**BSEA** $\left(J*\frac{m^2}{gram}\right)$	**YSEA** $\left(J*\frac{m^2}{gram}\right)$
1 Nolu atış CZ 75	347,7	8	35	48,17	5	483,58	0,349	0,123
5 Nolu atış CZ 75	347,9	8	Ölçülemedi		2	484,14	0,873	0,124
CZ 75 Ortalama Değerleri	**347,8**	**8**	**35**	**48,17**	**3,5**	**483,859**	**0,611**	**0,123**
4 Nolu atış BARETTA	337,7	8	32	58,99	3	456,17	0,549	0,116
2 Nolu atış BARETTA	347,7	8	37	58,81	5	483,58	0,349	0,123
BARETTA Ortalama Değerleri	**342,7**	**8**	**34,5**	**58,9**	**4**	**469,873**	**0,449**	**0,120**
6 Nolu atış MP5	387,1	8	37	64,22	5	599,39	0,433	0,153
3 Nolu atış MP5	382,9	8	41	64,97	5	586,45	0,423	0,150
MP5 Ortalama Değerleri	**385**	**8**	**39**	**64,595**	**5**	**592,918**	**0,428**	**0,151**

Tablo 5.10. Twaron™ CT 716 14 katlı dört yön dikişli (Kevlar 129 ipliği ile dikilmiş) yapının atış sonucu hesaplanan enerji absorplama değerleri.

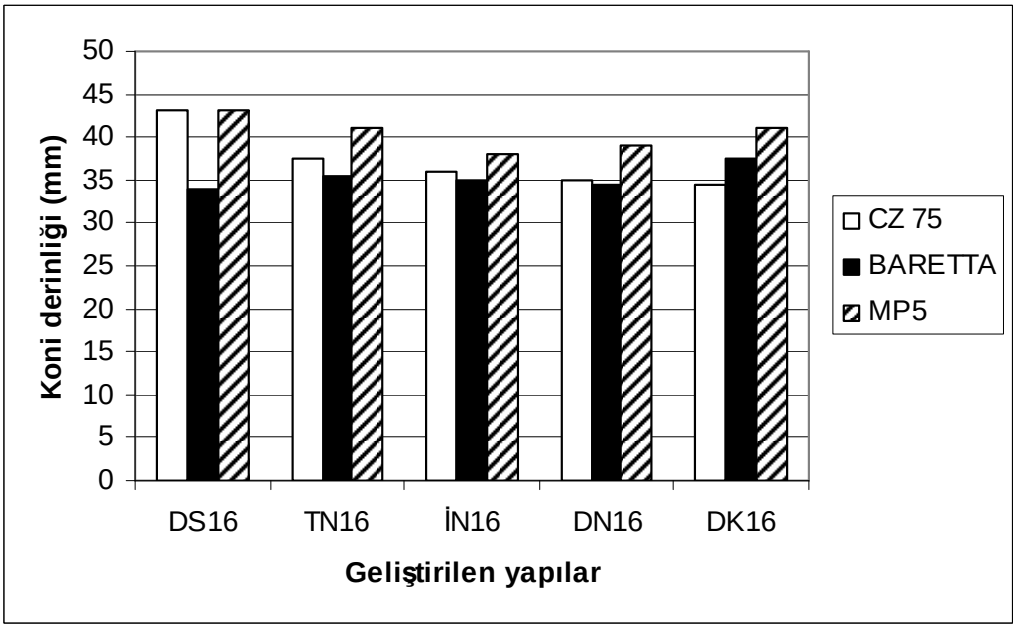
Silah tipi	Mermi hızı m/s	Mermi ağırlığı (gram)	Koni derinliği (mm)	Koni çapı (mm)	Bozunan kat sayısı	Merminin kinetik enerjisi (J)	BSEA $\left(J*\frac{m^2}{gram}\right)$	YSEA $\left(J*\frac{m^2}{gram}\right)$
1 Nolu atış CZ 75	348,4	8	35	58,24	3	485,53	0,584	0,122
5 Nolu atış CZ 75	347,3	8	34	61,06	3	482,47	0,580	0,121
CZ 75 Ortalama Değerleri	**347,85**	**8**	**34,5**	**59,65**	**3**	**484,000**	**0,582**	**0,121**
4 Nolu atış BARETTA	346,9	8	34	56,24	3	481,36	0,579	0,121
2 Nolu atış BARETTA	347,3	8	41	56,24	3	482,47	0,580	0,121
BARETTA Ortalama Değerleri	**347,1**	**8**	**37,5**	**56,24**	**3**	**481,914**	**0,580**	**0,121**
6 Nolu atış MP5	379,9	8	32	48,53	5	577,30	0,417	0,145
3 Nolu atış MP5	378	8	50	63,97	4	571,54	0,516	0,143
MP5 Ortalama Değerleri	**378,95**	**8**	**41**	**56,25**	**4,5**	**574,416**	**0,466**	**0,144**



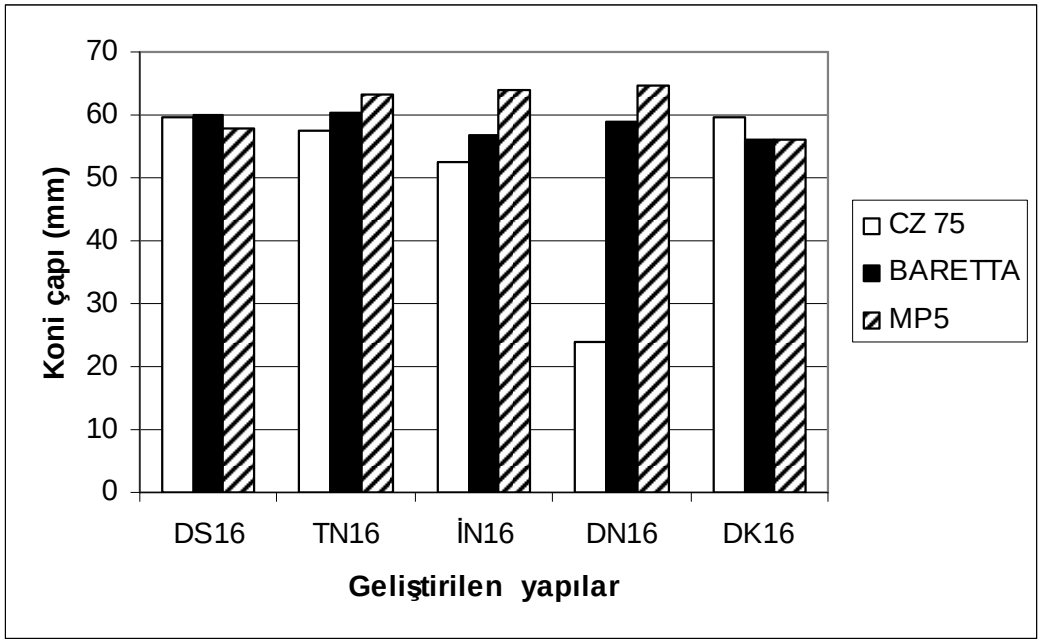
Şekil 5.31. Twaron™ CT 716 kumaştan geliştirilen yapılara CZ 75, baretta ve MP5 tehlike tipleri ile yapılan atış sonucu bozunan kat sayıları üzerinden hesaplanan spesifik enerji absorblama değerinin grafikleri.



Şekil 5.32. Twaron™ CT 716 kumaştan geliştirilen yapılara CZ 75, baretta ve MP5 tehlike tipleri ile yapılan atış sonucu yapının toplam yoğunluğu üzerinden hesaplanan spesifik enerji absorblama değerinin grafikleri.



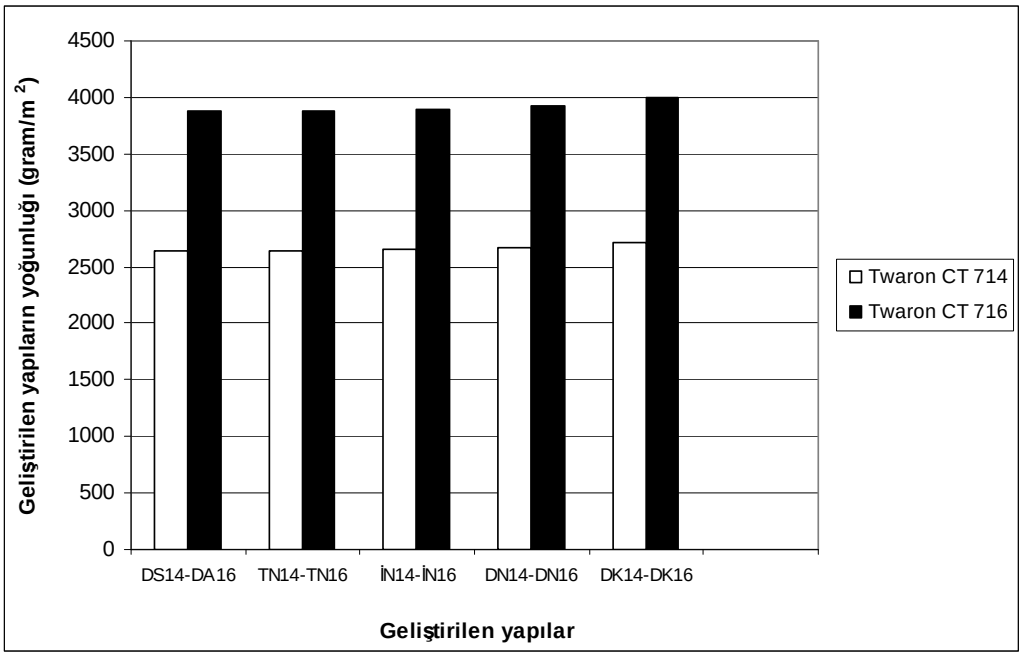
Şekil 5.33. Twaron™ CT 716 kumaştan geliştirilen yapılara CZ 75, baretta ve MP5 tehlike tipleri ile yapılan atış sonucu ölçülen koni derinliği grafikleri.



Şekil 5.34. Twaron™ CT 716 kumaştan geliştirilen yapılara CZ 75, baretta ve MP5 tehlike tipleri ile yapılan atış sonucu ölçülen koni çapı değerinin grafikleri.

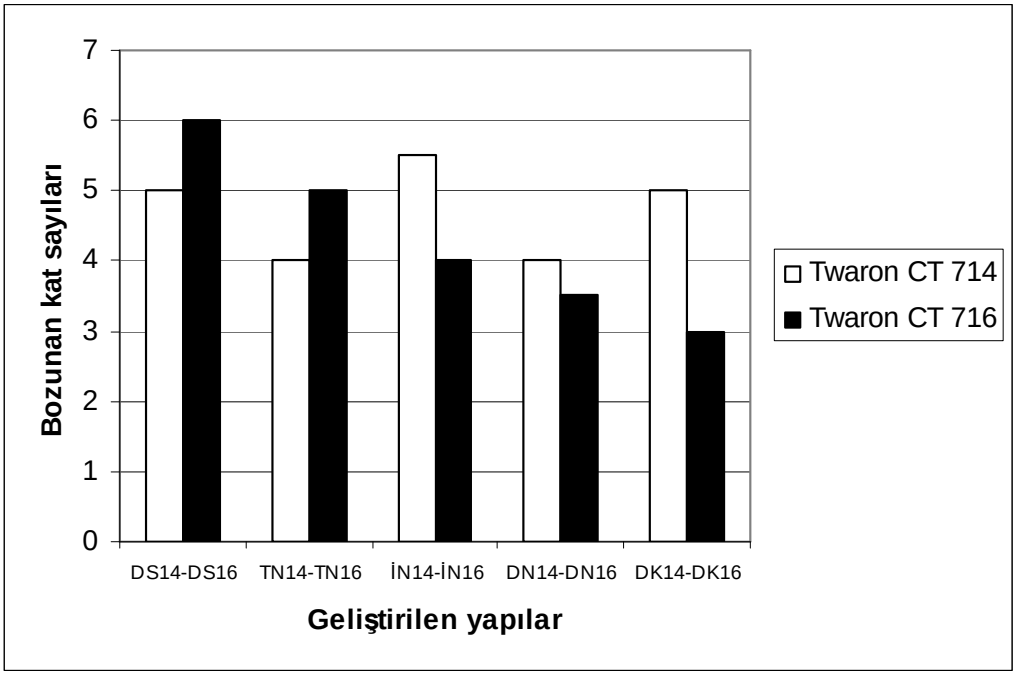
5.2.6. Atış Sonrası Geliştirilen Balistik Yapıların Kıyaslanması

Twaron™ CT 714 seyrek ve 716 sıkı kumaşlardan geliştirilen dikişli ve dikişsiz yapıların yoğunlukları üzerinden (g/m^2) kıyaslama yapıldığında Twaron™ CT 714 seyrek kumaşların kullanılması ile elde edilen yapıların Twaron™ CT 716 sıkı kumaşlara göre daha hafif olduğu Şekil 5.35 den de görülmektedir. Yapılardaki düşük yoğunluk farklılıkları kullanılan dikiş ipliklerinden kaynaklandığı anlaşılmıştır.

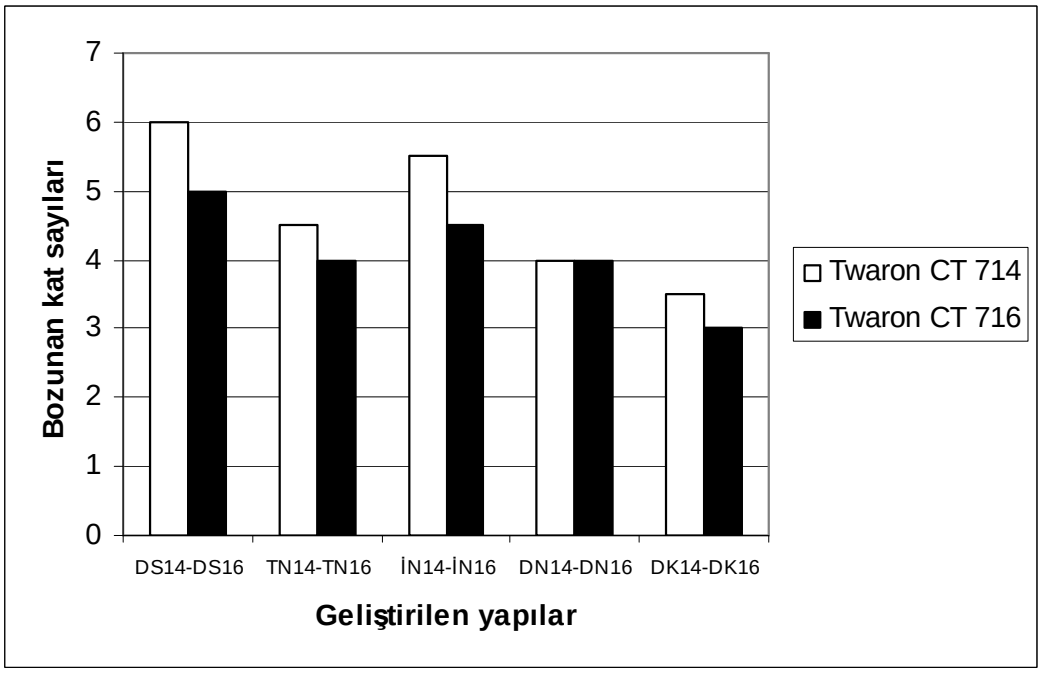


Şekil 5.35. Twaron™ CT 714 ve Twaron™ CT 716 kodlu kumaşlardan geliştirilen yapıların yoğunluğunun grafiği.

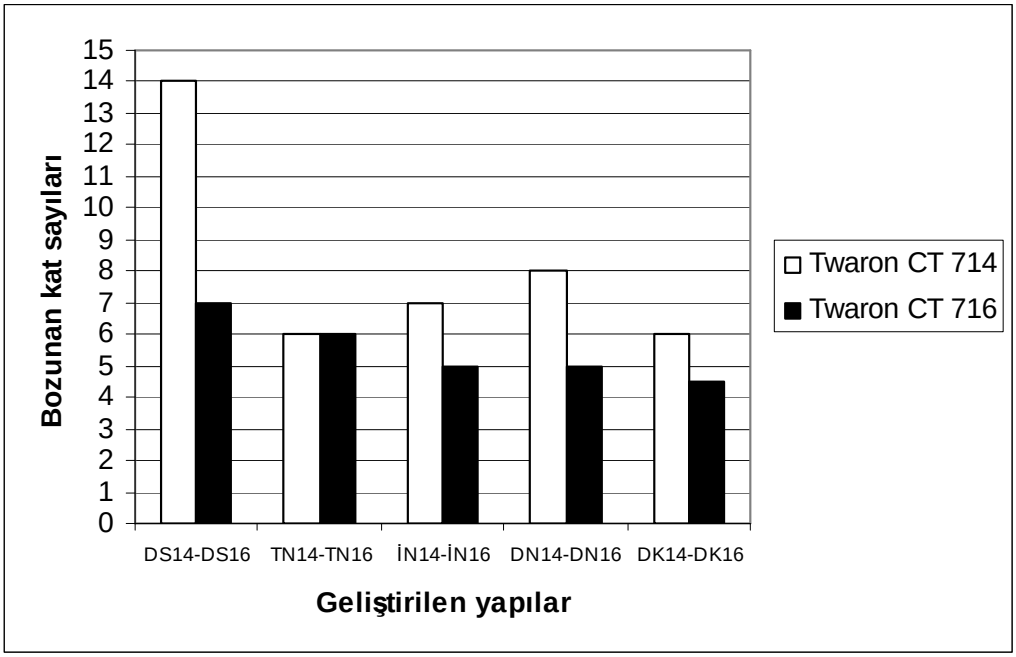
Her üç tehlike tipi göz önüne alınarak bozunan kat sayıları üzerinden yapılar kıyaslandığında ki bunlar Şekil 5.36-5.38 de verilmiştir, Twaron™ CT 714 seyrek kumaştan geliştirilen yapılarda her tehlike tipindeki atıştan sonra genel olarak bir kurala uymadığı ancak Twaron™ CT 716 sıkı kumaşlardan elde edilen yapılardaki atıştan sonraki bozunan kat sayılarında dikişsizden dört yönlü dikişli yapıya doğru bir azalma olduğu tespit edilmiştir. Bu da dikişli yapıların enerji absorplama mekanizmasını değiştirmiş olabileceğini göstermektedir. Yani en azından bir kısım enerjinin dikişten dolayı katlar arasını açmak için harcandığı ve sonra krimp uzaması ve iplik çekilmesi ve tabi ki tamamı ile yada kısmi iplik kırılmaları şeklinde kendini gösterdiği söylenebilir.



Şekil 5.36. Twaron™ CT 714 ve Twaron™ CT 716 kodlu kumaşlardan geliştirilen yapıların CZ 75 silah ile yapılan atış sonrası yapılarda bozunan kat sayıları.



Şekil 5.37. Twaron™ CT 714 ve Twaron™ CT 716 kodlu kumaşlardan geliştirilen yapıların Baretta silah ile yapılan atış sonrası yapılarda bozunan kat sayıları.



Şekil 5.38. Twaron™ CT 714 ve Twaron™ CT 716 kodlu kumaşlardan geliştirilen yapıların MP5 silah ile yapılan atış sonrası yapılarda bozunan kat sayıları.

5.2.7. Geliştirilen Plakalı Esnek (Panel-Soft) Yapıların Atış Sonrası Enerji Absorplaması

Genel olarak iki tip yapı 7.65mm NATO standardına uyan FMJ mermi ve bunun sevk edildiği uzun namlulu AK 47 silah tehlike tipi olarak materyal ve metot kısmında belirtildiği gibi seçilmiştir. Burada ortalama mermi hızı 725 m/s olarak belirlenmiştir.

Geliştirilen ilk yapı Şekil 5.39 da görüldüğü gibi yumuşak kısmı Twaron™ CT 714 seyrek bezayağı örgüde, dikişsiz 160 kat ve üzerindeki 1. bölgede çelik tel destekli lastik (rubber), 2. bölge ise E-cam/polyester kompozit plakadan meydana gelmiştir.

Atış sonrası ilk yapıdan elde edilen veriler Tablo 5.11 de verilmiştir. Bu yapının her iki bölgeside atış sonucu mermiyi tutamamış ve lokal olarak delinerek başarısız olmuştur.

İkinci yapı ise Şekil 5.40 da görüldüğü gibi yumuşak kısmı Twaron™ CT 716 sıkı bezayağı örgüde, dikişsiz 40 kat ve üzerindeki 1. bölgede E-cam/polyester kompozit plaka ki bu çok eksenli ve 2400 texdir, 2. bölgede üstte Karbon/epoksi ki bu ortogonal içyapıda 12 K dır. Altta E-cam/polyester kompozit plaka ki bu çok eksenli ve 2400 texdir, 3. bölgede E-cam/polyester kompozit plaka ki bu çok eksenli ve 600 texdir, 4.

bölgede üstte Karbon/epoksi ki bu ortogonal içyapıda 12 K dır. Altta E-cam/polyester kompozit plaka ki bu çok eksenli ve 600 texdir.

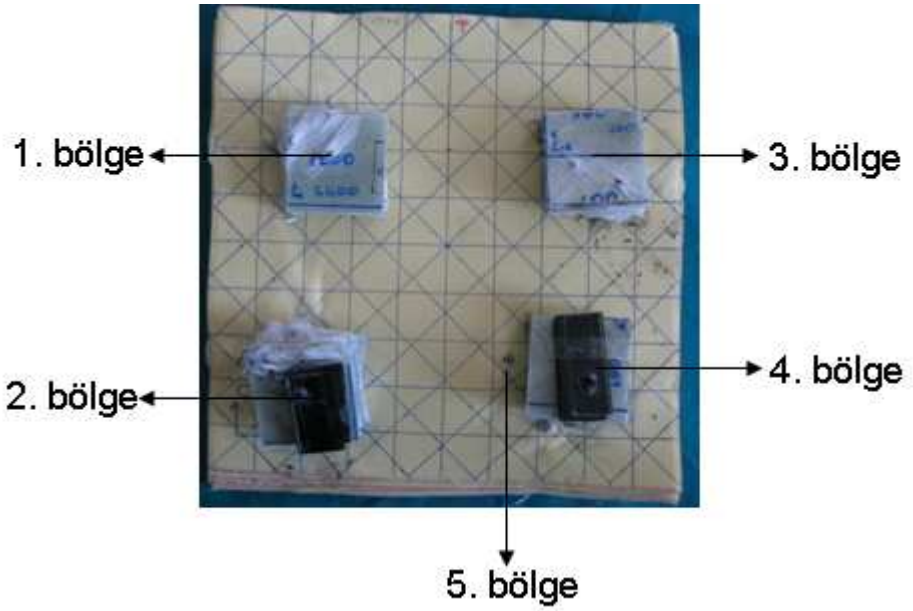
Atış sonrası ikinci yapıdan elde edilen veriler Tablo 5.12 de verilmiştir. Bu yapının sadece ikinci bölgesi atış sonucu merminin dış tabakasının soyularak tutulmasına yol açmakla birlikte merminin iç çekirdeğindeki çelik parçayı (fragman) tutamamış ve lokal olarak delinerek başarısız olmuştur.



Şekil 5.39. Twaron CT 714 160 katlı dikişsiz yapıda AK 47 (Kaleşnikof) ile atış yapılan bölgelerin gösterimi.

Tablo 5.11. Twaron™ CT 714 160 katlı dikişsiz yapıya yapılan atış sonucunda hesaplanan enerji absorplama değerleri.

Atış yapılan bölge	**Mermi hızı m/s**	**Mermi ağırlığı (gram)**	**Koni derinliği (mm)**	**Koni çapı (mm)**	**Bozunan kat sayısı**	**Merminin kinetik enerjisi (J)**	**BSEA** $\left(J*\frac{m^2}{gram}\right)$	**YSEA** $\left(J*\frac{m^2}{gram}\right)$
1. bölge	728	9,6	---	----	Delindi	2543,92	0,0199	0,0199
2. bölge	736	9,6	----	----	Delindi	2600,14	0,0197	0,0197



Şekil 5.40. Twaron™ CT 716 40 katlı dikişsiz yapıda AK 47 (Kaleşnikof) ile atış yapılan bölgelerin gösterimi.

Tablo 5.12. Twaron™ CT 716 40 katlı dikişsiz yapıya yapılan atış sonucunda hesaplanan enerji absorplama değerleri.

Atış yapılan bölge	**Mermi hızı m/s**	**Mermi ağırlığı (gram)**	**Koni derinliği (mm)**	**Koni çapı (mm)**	**Bozunan kat sayısı**	**Merminin kinetik enerjisi (J)**	**BSEA** $\left(J*\frac{m^2}{gram}\right)$	**YSEA** $\left(J*\frac{m^2}{gram}\right)$
1. bölge	734	9,6	----	----	Delindi	2586,03	0,0186	0,0186
2. bölge	709,4	9,6	----	----	Merminin dış kılıfı 16. katta tutuldu Çelik uç deldi	2415,56	0,545 0,0155	0,218 0,0155
3. bölge	727,8	9,6	---	----	Delindi	2542,53	0,0225	0,0225
4. bölge	720	9,6	----	----	Delindi	2488,32	0,0193	0,0193
5. bölge	710	9,6	----	----	Delindi	2419,68	0,219	0,219

5.2.8. Atış Sonrası Geliştirilen Balistik Yapıların Bozunma Modlarının İrdelenmesi

Geliştirilen katlı yapılara belirlenen tehlike tipleri üzerinde yapılan deneysel atış sonrası tehlike tiplerinde meydana gelen bozunma Şekil 5.41 de belirtilmiştir. Buradan görüleceği üzere 7.65mm (sol baştaki) li mermi atış sonrası merminin dış kısmında soyulma (sol ikinci) olarak bozunma kendini göstermiştir. 9 mm (sol üçüncü) li merminin bozunma öncesi ve bozunduğunda (sol enson) mantar görünümlü bir şekil değişikliğinin meydana geldiği tespit edilmiştir.



Şekil 5.41. Atışlarda kullanılan mermilerin atış öncesi ve sonrasındaki şekil değişimi.

Twaron™ CT 714 seyrek kumaştan geliştirilmiş dikişsiz yapıya 9 mm lik mermi ile 300-350 m/s lik hızda yapılan atış sonucunda bazı mermilerin yapı tarafında ilk katlarda kilitlendiği bazılarınında yapının ilk katlarında olmak üzere üzerindeki enerji seviyesine göre bunlara zarar verdiği tespit edilmiştir. Bu Şekil 5.42 de görülmektedir. Özellikle yapı içinde kilitlenen mermilerin kumaşın iplik setleri doğrultusunda iplik çekimi ve krimp düzelmesi esaslı ilk katlarda düzlemsel şekil değişimi ayrıca yapıda lokal düzlem dışı çökmelerinde meydana geldiği görülmüştür. Şekil 5.43-5.44 de görüldüğü üzere 9

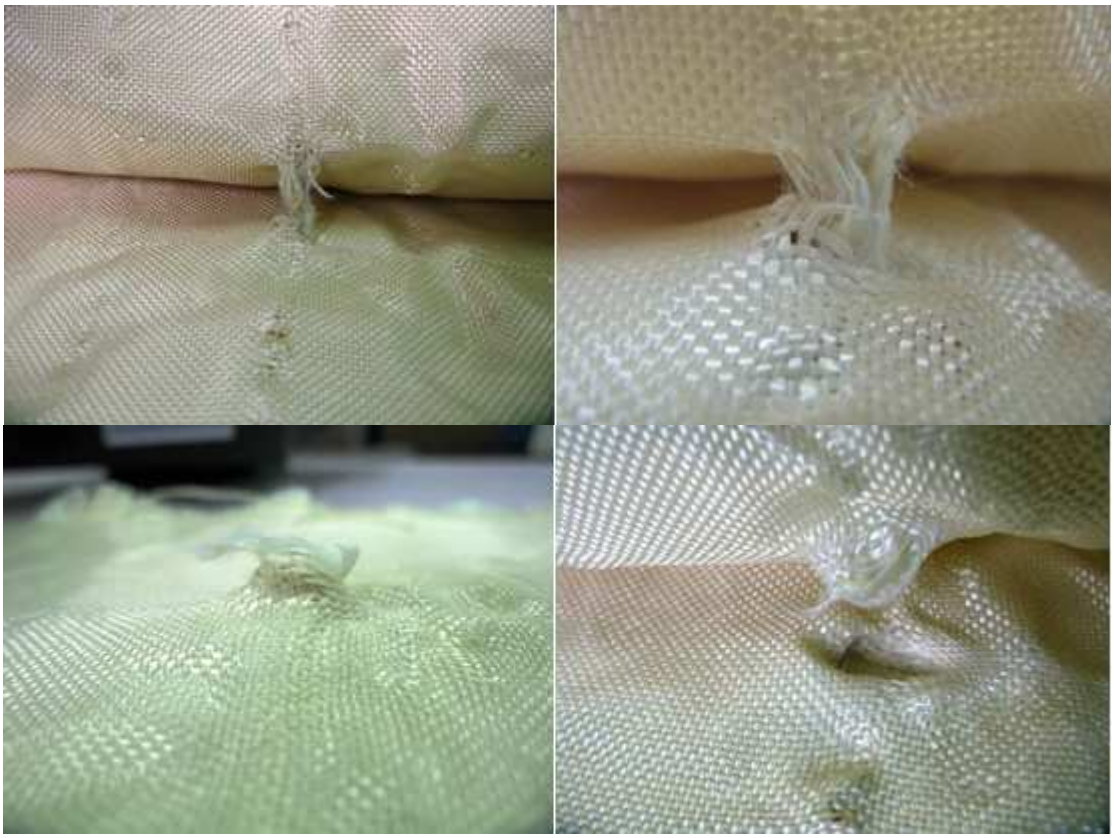
mm lik 350-400 m/s lik hızda dikişsiz geliştirilmiş yapıya yapılan atışla kumaş katlarında meydana iplik çekmesi ve krimp düzelmesi esaslı düzlemdeki iplik şekil değişimi (longutudinal weave propagation) yapının her bir katında düzlem dışında çökmelere (transverse weave propagation) neden olduğu anlaşılmıştır.



Şekil 5.42. Twaron™ CT 714 kumaştan geliştirilmiş dikişsiz yapının atış sonucunda kumaşta ve mermideki şekil değişimi.



Şekil 5.43. Twaron™ CT 714 14 katlı dikişsiz yapıya MP5 silah ile yapılan atışın mermi etkisinin 1. katın ön ve arka yüzeyindeki görünümü.



Şekil 5.44. Twaron™ CT 714 14 katlı dikişsiz yapıya MP5 silah ile yapılan atışın mermi etkisinin diğer katlardaki görünümü.

Twaron™ CT 714 14 katlı dört yön kevlar™ 129 ve naylon 6.6 dikişli yapılardaki şekil değişimleri 9 mm lik ortalama 350-400 m/s mermi hızındaki tehlike tipinde Şekil 5.45-5.46 deki gibi elde edilmiştir. Şekilden görüleceği üzere hem kevlar ve hem de naylon 6.6 dikişli yapıda bozunma lokal basma esaslı ve düzlem dışı çökmelerle yoğunlaşma (indentation) olarak kendini göstermiş ancak naylon dikişlerde açılma ve kırılma geniş bir alanda gerçekleşirken kevlarda bu kısmi açılma olarak kendisini göstermiştir. Buradan şu söylenebilir naylonun kopma uzama değeri ortalama % 16 ve kevlar 129 ın kopma uzaması % 2.5 olması nedeni ile naylonlu dikişli yapılarda düzlem de ve düzlem dışındaki şekil değişimleri kevlarlı dikişe göre geniş bir hacimde ve buda kumaş katındaki daha fazla ipliğin iplik çekilmesi, krimp düzleşmesi olarak kendisini göstereceğidir. Bu da enerji absorblamanın daha geniş bir hacimde gerçekleşeceği anlamına gelir. Kevlarlı dikişli yapıda ise kumaş katı dolayısı ile ipliklerin serbestçe hareket kabiliyeti azalmakta ancak öte yandan bir derece yapının toplam lif hacminin artmasından dolayı (yapının rijidleşmesi) enerji absorblama mekanizmasında bir

değişiklik meydana geleceği söylenebilir. Özellikle kevlarlı dikişli yapılardaki konik derinliğin düşük, konik çapın büyük olması kayda değer bir noktadır.

1. kat ön yüzey



Şekil 5.45. Twaron™ CT 714 14 katlı dört yön kevlar™ 129 dikişli yapıya MP5 silah ile yapılan atışın mermi etkisinin 1. kattaki görünümü.

1. kat ön yüzey



Şekil 5.46. Twaron™ CT 714 14 katlı dört yön nylon 6.6 dikişli yapıya MP5 silah ile yapılan atışın mermi etkisinin 1. kattaki görüntüsü.

Twaron™ CT 716 seyrek kumaştan tek yön dikişli katlı yapının 9 mm lik 300-350 m/s hızdaki tehlikeye maruz kaldığında her bir kattaki düzlemde ve düzlem dışında meydana gelen şekil değişimi Şekil 5.47-5.48 de görülmektedir. Özellikle Şekil 5.47 den görüldüğü üzere ilk 3 katta enerji absorblaması krimp düzelmesi, iplik çekilmesi, iplikte kopma uzaması ve ipliklerin tamamı ile yada kısmi filament kırılmaları olarak azalarak kendisini gösterirken 4. katta ise sadece tahribatsız düzlem dışı çökme olarak görülmüştür.

1. kat arka yüzey



2. kat arka yüzey



3. kat arka yüzey



4. kat arka yüzey



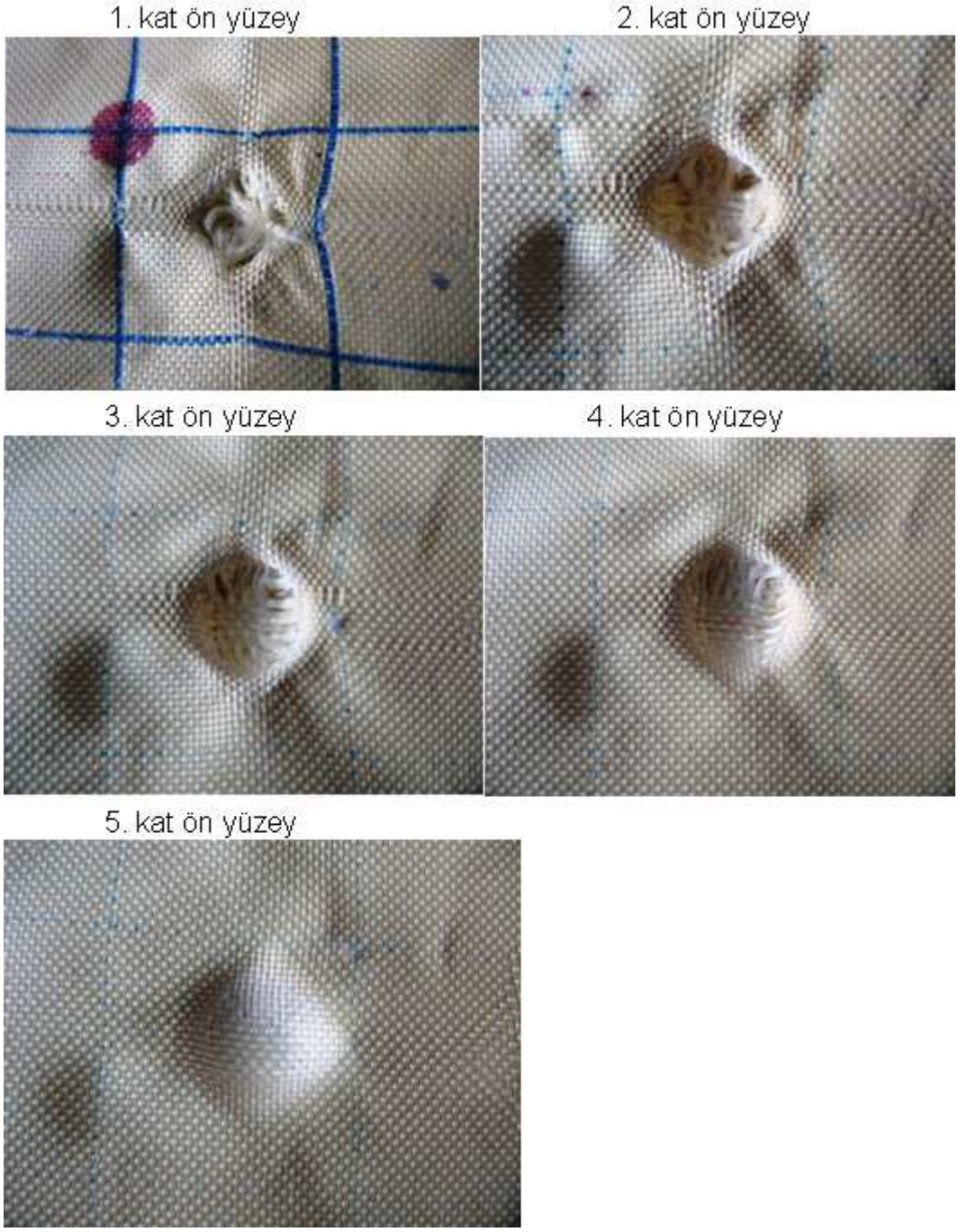
Şekil 5.47. Twaron™ CT 716 tek yön dikişli yapının CZ 75 silah ile yapılan 5 nolu atış sonrasında kumaştaki katlarda sırasıyla 1, 2, 3, ve 4 kattaki görünümü.

1. kat arka yüzey

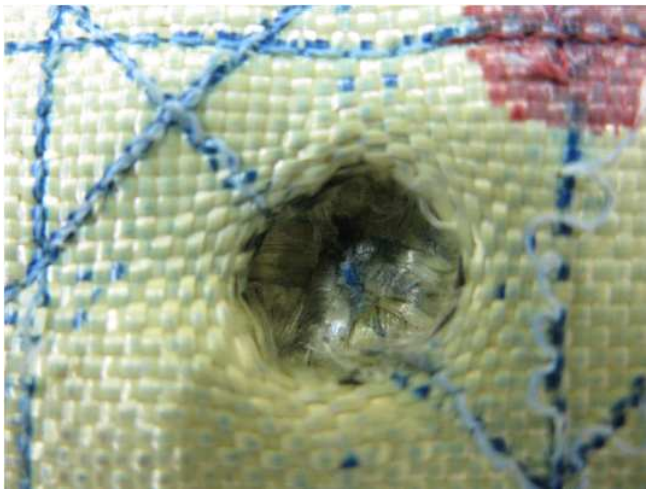


Şekil 5.48. Twaron™ CT 716 tek yön dikişli yapının baretta silah ile yapılan 2 nolu atış sonrasında kumaşın 1. katının arka yüzeyinin görüntüsü

Twaron™ CT 716 sıkı kumaştan geliştirilen nylon iki yön dikişli yapının 9 mm lik 350-400 m/s lı hızdaki tehlike ile maruz kalması sonucu yapıda elde edilen şekil değişimleri katlar boyunca Şekil. 5.29 da görülmektedir. Şekilden görüldüğü üzere ilk katlarda düzlemde krimp düzleşmesi, iplik çekmesi, kısmi ve tamamı ile iplik karılmaları olarak kendini gösterirken sonraki katlarda düzlem dışı çökmelerle (indentation) ki buradaki şekil değişimi krimp düzleşmesi gibi durmaktadır, enerjinin absorplandığı tespit edilmiştir. Aynı yapının dört yönlü dikişlisinde ise ki bu Şekil 5.50 de verilmiştir, benzer olarak düzlemde ve düzlem dışında şekil değişimleri enerjinin dar bir hacimde absorblanması olarak kendini gösterdiği söylenebilir.



Şekil 5.49. Twaron™ CT 716 iki yön dikişli yapının MP5 silah ile yapılan 3 nolu atış sonrasında kumaştaki katlarda sırasıyla 1, 2, 3, 4 ve 5. katın önden görünümü



Şekil 5.50. Twaron™ CT 716 dört yön nylon 6.6 dikişli yapıya MP5 silah ile 3 nolu atış sonrasında 1. katın ön yüzeyinin görünümü.

Kompozit plakalı – esnek lifli geliştirilen balistik yapılardan çelik tel destekli kauçuklu (Rubber) 2 katlı ve çok eksenli E-cam/polyester-600 teks 4 katlı kompozit plaka ve Twaron™ CT 714 160 katlı dikişsiz yapının AK 47 ile 7.65 mm li ortalama 750 m/s hızlı tehlikenin teması sonucu yapıları delerek geçtiği ve verdiği hasar Şekil 5.51 de görülmektedir. Şekilden görüleceği üzere kauçuk plakayı delerek lokal bozunma meydana getirdiği ve altındaki kumaşıda lokal bozunmaya uğratarak özellikle dar bir hacimde iplik kırılmaları olarak kendini gösterdiği Şekil 5.52 den de anlaşılmıştır.

Çok eksenli E-cam/polyester-600 teks 4 katlı kompozit plakadaki bozunma ise düzlemde lokal bozunma genellikle lif ve matris kırılması ile bunu çevreleyen düzlemsel bölgede lif-matris ayrılması ve düzlem dışı bölgede de katlar arasında açılma (delamination) olarak kendini göstermiştir. Alttaki kumaşta ise benzer bozunma şekli olan lokal ve dar bir hacimde lif kırılmalı delme olarak tehlike kendisini göstermiştir.



Şekil 5.51. Twaron™ CT 714 160 katlı dikişsiz yapının atış sonrası üstten ve yandan görüntüsü.



a b

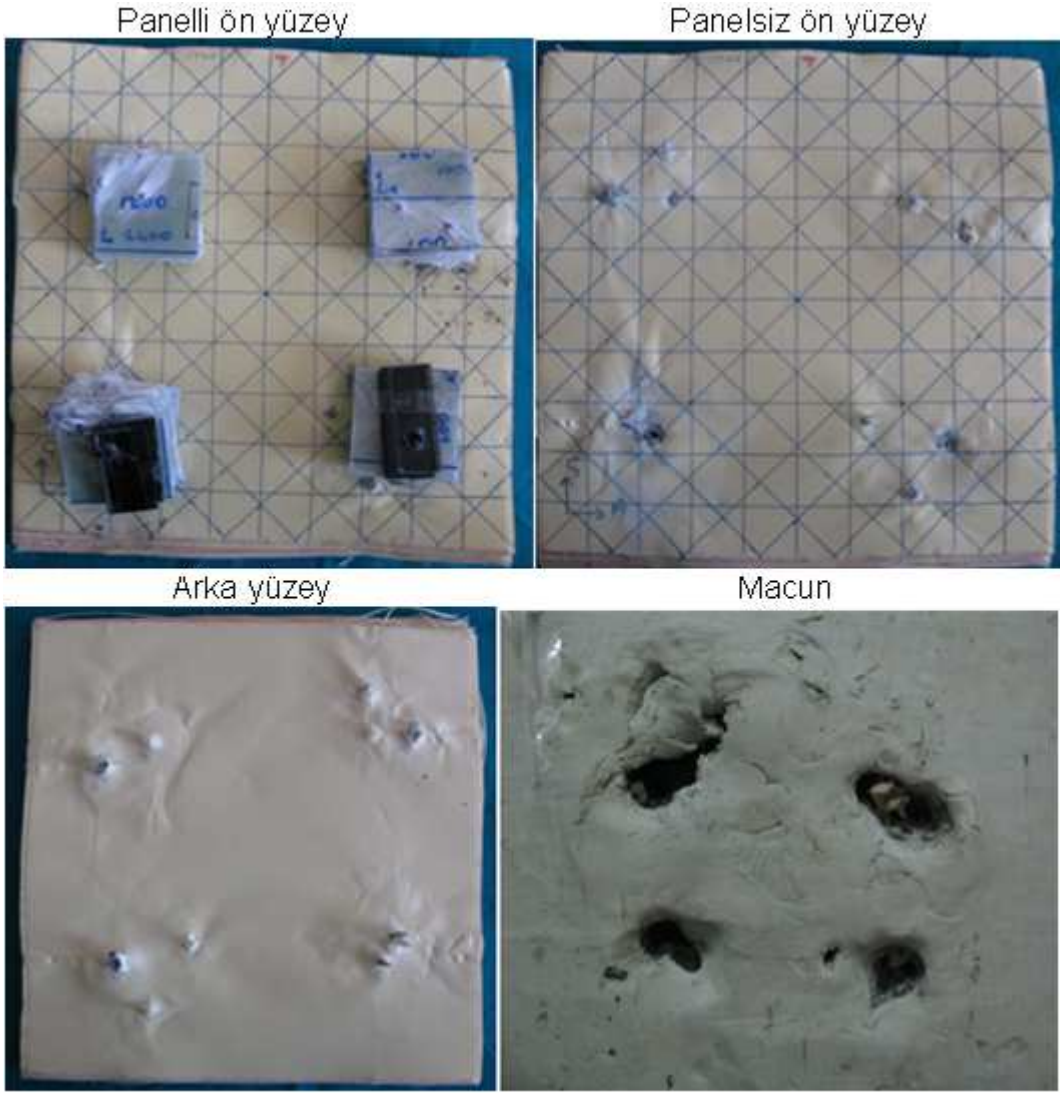
Şekil 5.52. Twaron™ CT 714 160 katlı dikişsiz yapı, a) solda lastiğin altındaki mermi izi, sağda aynı yapının direkt kumaşa gelen mermi izi. b) aynı yapının E-cam/polyester kompozit plakayı delerek kumaştan geçen mermi izi.

Kompozit plakalı – esnek lifli geliştirilen balistik yapılardan ikincisinde ise Twaron™ CT 716 sıkı bezayağı örgüde, dikişsiz 40 kat ve üzerindeki 1. bölgede E-cam/polyester kompozit plaka ki bu çok eksenli ve 2400 texdir, 2. bölgede üstte Karbon/epoksi ki bu ortogonal iç yapıda 12 K dır, altta E-cam/polyester kompozit plaka ki bu çok eksenli ve 2400 texdir, 3. bölgede E-cam/polyester kompozit plaka ki bu çok eksenli ve 600 texdir, 4. bölgede üstte Karbon/epoksi ki bu ortogonal iç yapıda 12 K dır, altta E-cam/polyester kompozit plaka ki bu çok eksenli ve 600 tex olup AK 47 ile 7.65 mm li ortalama 750 m/s hızlı tehlikenin teması sonucu 1. bölgeyi tamamen delerek geçtiği ancak 2. bölgede merminin dış kabuğunun soyulduğu ve bu kabuğun kumaşlı esnek yapıda kilitlendiği

anlaşılmıştır. Ayrıca 3. ve 4. bölgelerinde belirtilen tehlike tipine karşı sınırlı bir tepki göstererek lokal olarak delindiği Şekil 5.53 de genel olarak görülmektedir.

Şekil 5.54 de üç boyutlu ortogonal iç dokulu karbon/epoksi plakanın merminin teması ile delindiği ancak bu delinmenin lokal ve dar bir hacimde gerçekleşerek geniş bir alana yayılmadığı ve bozunmanın lif-matris açılması, çoklu matris kırılması ve lif kırılması olarak gerçekleştiği tespit edilmiştir. Bu plakanın altındaki çok eksenli dikişsiz ve kesişmesiz E-cam/polyester kompozit plakada ise mermideki arta kalan enerji üzerinden yapıyı deldiği ve bunun etkisi ile ortaya çıkan bozunmanın düzlemde matris-lif ayrılması ve çoklu matris ve lif kırılması düzlem dışında ise katlar arasında açılma (delamination) olarak kendisini gösterdiği anlaşılmıştır. Bu plakanın altındaki paraaramid kumaşta ise hala merminin üzerindeki kalan enerji ile yapıyı deldiği ve bu arada merminin dış kabuğu (fragmant) iplikler tarafından kilitlenerek yıkarıdaki plakaların enerji absorblama etkileride göz önüne alınarak tutulduğu, momentum-impuls prensibinden hareketle vurma etkisi ile ani ivmelenen mermi içindeki sertleştirilmiş çelik çekirdek daha yumuşak olan bakır kabuğu delerek yoluna devem ettiği ve yapının lifli kısmının tümünü delerek çıktığı anlaşılmıştır. Bunlar Şekil 5.55-5.57 de açık olarak görülmektedir.

Kompozit plakalı – esnek geliştirilen yapının 3. ve 4. bölgeleri yakından incelenirse merminin hem kompozit plakaları ve hem de katlı dikişsiz yapıyı deldiği anlaşılmıştır. Bu bölgenin bir derece efektif olamamasının nedeni çok eksenli E-cam/polyester kompozitin lif hacminin düşük olmasına bağlanabilir. Ancak açık bir şekilde anlaşılabilmesi için bu konuda ileride daha detaylı araştırmaların yapılarak desteklenmesi gereklidir. Şekil 5.58-5.61 de bu bölgeler ile ilgili atış sonrası görüntüler verilmiştir.



Şekil 5.53. Twaron™ CT 716 40 katlı dikişsiz yapıya AK 47 (kaleşnikof) ile yapılan atış sonrası görüntüleri.



Şekil 5.54. Twaron™ CT 716 40 katlı dikişsiz yapıya AK 47 ile ortogonal karbon/epoksi – 2 kat ve çok eksenli E-cam/polyester-2400 teks 4 katlı kompozit plakaya yapılan atış sonucunda merminin panelde meydana getirdiği hasarın üstten ve yandan görüntüsü.



Şekil 5.55. Twaron™ CT 716 40 katlı dikişsiz yapıya AK 47 ile çok eksenli E-cam/polyester-2400 teks 4 katlı kompozit plakaya yapılan atış sonucunda merminin (sol) cam paneli deldikten sonra soyulan ceketin kumaş tarafından tutulması (orta), geliştirilen yapı tarafından soyularak tutulan ceket (sağalt) ve mermi çekirdeği (sağ üst) görünümü.



Şekil 5.56. Twaron™ CT 716 40 katlı dikişsiz yapıya AK 47 ile çok eksenli E-cam/polyester-2400 teks 4 katlı kompozit plakaya yapılan atış sonucunda merminin soyularak kumaş tarafından tutulan ceket kısmının görünümü.



Şekil 5.57. Twaron™ CT 716 40 katlı dikişsiz yapıya AK 47 ile çok eksenli E-cam/polyester-2400 teks 4 katlı kompozit plakaya yapılan atış sonucunda merminin panelde meydana getirdiği hasarın üstten, arkadan ve yandan görüntüsü.



Şekil 5.58. Twaron™ CT 716 40 katlı dikişsiz yapıya AK 47 ile ortogonal karbon/epoksi – 2 katlı ve çok eksenli E-cam/polyester-600 teks 4 katlı kompozit plakaya yapılan atış sonucunda merminin panelde meydana getirdiği hasarın üstten ve yandan görüntüsü.



Şekil 5.59. Twaron™ CT 716 40 katlı dikişsiz yapıya AK 47 ile çok eksenli E-cam/polyester-600 teks 4 katlı kompozit plakaya yapılan atış sonucunda merminin panelde meydana getirdiği hasarın üstten ve yandan görüntüsü.



Şekil 5.60. Twaron™ CT 716 40 katlı dikişsiz yapıya AK 47 ile çok eksenli E-cam/polyester-600 teks 4 katlı kompozit plakaya yapılan atış sonucunda merminin plakaları bozundurarak kumaşta hasar verdiği bölgenin görünümü.



Şekil 5.61. Twaron™ CT 716 40 katlı dikişsiz yapıya AK 47 ile ortogonal karbon/epoksi-2 katlı ve çok eksenli E-cam/polyester-600 teks 4 katlı kompozit plakaya yapılan atış sonucunda merminin plakaları bozundurarak kumaşta hasar verdiği bölgenin görünümü.

5.2.9. Genel Sonuçlar Ve Öneriler

Bu çalışma ile para-aramid esaslı seyrek ve sık kumaşlar (Twaron™ CT 714 ve CT 716) dan geliştirilen balistik koruyucu yapıların enerji absorblama kapasiteleri deneysel olarak araştırılmıştır.
Göz önüne alınan parametreler genel olarak çözgü ve atkı sıklıkları, dikiş yönü ve dikiş ipliğidir ve tehlike tipleri açısından da mermi tipi ve hızlarıdır.

Önce tek katlı kumaşlardan iplik çekilmesi ve krimp düzelmesi araştırılmış bunun için bir iplik çekme aparatı geliştirilmiştir ve bununla ilgili veriler elde edilmiştir. Sonra bu verilere dayanarak çok katlı dikişsiz yapılar ve dikişli yapılar poliamid (nylon 6.6) ipliği ile çözgü doğrultusunda bir yönde, iki yönde ve dört yönde ve sadece aramid (kevlar 129) iplikleri ile dört yönde dikilerek hazırlanmıştır. Ayrıca, hazırlanan bu yapılardan da iplik çekilmesi testleri yapılarak veriler elde edilmiştir.

Tek bir mermi tipi kullanılarak farklı mermi hızlarında yukarıda geliştirilen dikişli ve dikişsiz katlı yapılara atışlar yapılarak her bir yapının balistik performansı belirlenmiştir.

Belirli tehlike tipleri için katlı yapıların hepsinde enerji absorplama mekanizmasının anlaşılması iplik çekme test sonuçları da göz önüne alınarak bir dereceye kadar anlaşılmıştır. Bu mekanizma önce iplikler kopma uzamalarının altında bir noktada kumaş yapısından krimp düzelmesi ve sonra iplik çekilmesi ile hareket etmekte bu hareketlilik yapı düzleminde (in-plane) ipliklerin ortogonal yer değiştirmesine daha sonra düzlem dışına (out-of-plane) doğru şekil değiştirmesi ile devam etmektedir. İpliklerin kopma uzamalarının üstü bir noktada da yukarıdaki prosese tamamı ile ve kısmi iplik kırılmalar yapının ilk katlarında sonraki katlarda ise yine krimp düzleşmesi, iplik çekilmesi düzlemde ve düzlem dışında gerçekleşmektedir. Bu proses esnasında yapının birim hacmindeki lif oranı tehlikenin yapıya uyguladığı basınca (compression) göre bir derece değişerek artmaktadır.

Böylelikle ipliklerin kırılması, krimp düzleşmesi ve iplik çekilmesi ile yer değiştirmesi enerjinin düzlemde (longutudinal wave propagation) ve düzlem dışında (transverse wave propogation) kullanılan liflerin spesifik modül değerine bağlı olarak absorplanmasına yol açtığı anlaşılmıştır.

Özel olarak ise özellikle gevşek dikişsiz yapıların (loose fabric structure) mermi hızlarındaki artışa göre enerjiyi absorplama ve konik çökme (back-face-signature) miktarlarının her zaman bir kurala uymadığı, sıkı dikişli yapıların (tight fabric structure) ise mermi hızlarına bağlı olarak enerji absorplama ve konik çökmenin bir kurala uyma eğiliminde olduğu ve bunun dikiş yönleri arttıkça ve polyamid dikiş ipliğinden kevlar dikiş ipliğine doğru enerji absorplama değerlerinde küçük bir artış ki bu artış katları açmak için harcanan enerjiden dolayı olabilir ancak konik çökme miktarlarında daha büyük bir azalma gözlenmiştir.

Genellikle dikişler yapıdaki ipliklerin hareketini kısıtlamakta ve enerji dağılımını göreceli olarak dar bir hacme hapsetmektedir ki bu aslında esnek (soft) yapılar için belki de istenmeyen bir durumdur ancak katı kompozit plakalar için belki de bozunmanın yayılmaması için istenen bir durum olabilir.

Bir başka noktada tekstildeki olayların keyfi (arbitrary) gerçekleştiği gerçeğidir. Örneğin tek katlı yapıdaki iplik çekme değerleri ile bunlar çok katlı hale geldiğinde iplik çekme değerleri birbirinden farlılık göstermektedir. Bu durum bu çalışmada da kendisini göstermiştir.

Öte yandan katı-esnek yapılar modüler olarak bir araya getirilerek bunların özellikle bozunma şekilleri kısıtlı örneklerle yüksek seviyeli tehlike tipi için denenmiştir. Bu denemeden elde edilen sonuçlar ise üç boyutlu karbon/epoksili kompozit plakanın yüksek hızlı tehlike karşısında bozunmanın lokal bölgede kalarak çevreye yayılmadığı, sarım esaslı çok eksenli üç boyutlu dikişsiz ve krimpsiz E-cam/polyester kompozit plakanın tehlike karşısında katlar arası açılma ve bozunmanın çevreye yayıldığı şeklinde gerçekleştiği anlaşılmıştır.

Gelecekteki çalışmada paraaramid esaslı balistik koruyuculu yapıların performanslarının arttırılması için bir yandan iplik çekme (pull-out) dayanımlarının artırılması (fiber-to-fiber friction) için gerek filament formunda gerekse de dokuma

yüzey formunda nanopartiküllerin kullanılması diğer yandan çok eksenli doğrultulanmış kumaş esaslı yüzeylerin geliştirilmesi önerilmiştir.

KAYNAKLAR

1. Kırkwood, KM., Kırkwood, JE., Lee, YS., Ronald, G., Egres, JR., Yarn Pull-Out as a Mechanism For Dissipating Impact Energy in Kevlar Km-2 Fabric Part I: Quasi-Static Characterization Of Yarn Pull-Out, Textile Research Journal, 74 (10), 920-928, 2004.
2. Kırkwood, JE., Kırkwood, KM., Lee, YS., Ronald, G., Egres, JR.,Wagner, J.N., Yarn Pull-Out As A Mechanism For Dissipating Impact Energy in Kevlar Km-2 Fabric Part II:Predicting Ballistic Performance, Textile Research Journal, 74 (10), 920-928, 2004.
3. Bilişik, A., Balistik Kumaşlarda Yapı-Özellik İlişkileri, Tekstil Ve Konfeksiyon, 4,220-222,1997.
4. Bazhenov, S., Dissipation Of Energy By Bulletproof Aramid Fabric, Journal of Material Science, 32, 4167-4173, 1997.
5. Dong, Z., Sun, C.T., Testing And Modeling Of Yarn Pull-Out in Plain Kevlar Fabrics, Composites, 2009.
6. Erlich, D.C., Shockey, D.A., Simons, J.W., Slow Panetration of Ballistic Fabrics, Textile Research Journal, 73(2), 179-184,2003.
7. Rao, M.P., Duan, Y., Keefe, M., Powers, B.M., Bogetti, T.A., Modelling The Effects of Yarn Material Properties And Friction on The Ballistic Impact of a Plain-Weave Fabrics, Elsevier B.V., 89, 556-566, 2009.
8. Duan, Y., Kefe, M., Bogetti, T.A., Cheeseman, B.A., Modeling The Role of Friction During Ballistic Impact of a High-Strength Plain-Weave Fabric, Composite Structures, 68, 331-337, 2005.
9. Tan, V.B.C., Shim, V.P.W., Zeng, S.X., Modelling Crimp in Woven Fabrics Subjected to Ballisitc Impact, International Journal of Impact Engineering, 32, 561-574, 2005.
10. Zeng, S.X.,Tan, V.B.C., Shim, V.P.W., Modelling Inter- Yarn Friction in Woven Fabric Armour, Internetional Journal For Numerical Methods in Engineering, 66, 1309-1330, 2005.
11. Duan, Y., Kefe, M., Bogetti, T.A., Cheeseman, B.A., Powers, B., A Numerical Investigation of The Influence Of Friction On Energy Absorption By A Highy-

Strength Fabric Subjected To Ballistic Impact, Internetional Journal Impact Engineering, 32, 1299-1312, 2006.

12. Reifler, F.A., Lehmann, E.H., Frei, G., May, H., Rossi, R., The Method Of Neutron Imaging As A Tool For The Study of The Dynamics of Water Movement in Wet Aramid-Based Ballistic Body Armour Panels, Measurement Science And Technology, 17, 1925-1934, 2006.
13. Zhang, G.M., Batra, R.C., Zheng, J., Effect Of Frame Size, Frame Type and Clamping Pressure on The Ballistic Performance of Soft Body Armour, Composites:Part B, 1-14, 2007.
14. Tan, W.B.J., Lim, C.T., Cheong, C.H., Perforation Of High-Strength Fabric By Projectiles of Different Geometry, Internetional Journal of Impact Engineering, 28, 207-222, 2003.
15. Tan, V.B.C., Ching, T.W., Computational Simulation of Fabric Armour Subjected To Ballistic Impact, International Journal of Impact Engineering, 32, 1737-1751, 2006.
16. Young, R.J., Bannister, D.J., Cervenka, A.J., Ahmad, I., Effect Of Surface Treatment Upon The Pull-Out Behaviour of Aramid Fibres From Epoxy Resins, Journal of Material Science, 35, 1939-1947, 2000.
17. Termonia, Y., Impact Resistance of Woven Fabrics, Textile Research Journal, 74(8), 723-729, 2004.
18. Gu, B., Analytical Modeling For The Ballistic Perforation of Planar Plain-Woven Fabric Target By Projectile, Composite Part:B Engineering, 34, 361-371, 2003.
19. Cheeseman, B.A., Bogetti, T.A., Ballistic Impact into Fabric and Compliant Composite Laminates, Composite Structures, 61, 161-173, 2003.
20. Walker, J.D., Ballistic Limit Of Fabrics With Resin, 19th International Symposium of Ballistics, pp 1409-1414, May 2001.
21. Chan, S., Favaz, Z., Behdinan, K., Amid, R., Ballistic Limit Prediction Using a Numerical Model With Proressive Damage Capability, Composite Structures, 77, 466-474, 2007.
22. Tan., V.B.C., Zeng, X.S., Shim, V.P.W., Characterization And Constitutive Modeling Of Aramid Fibers At High Strain Rates, International Journal of Impact Engineering, 1-11, 2007.

23. Barauskas, R., Abreitiene, A., Computational Analysis Of Impact of a Bullet Agfainst The Multilayer Fabrics İn LS-DYNA, International Journal of Impact Engineering, 34, 1286-1305, 2007.
24. Ahmad, M.R., Ahmad W.Y.W., Salleh, J., Samsuri, A., Effect of Fabric Stitching On Ballistic İmpact Resistance of Natural Rubber Coated Fabric Systems, Journal Material And Desing, 1-6, 2007.
25. Lim, C.T., Shim, V.P.W., Ng, Y.H., Finite-Element Modelling of The Ballistic İmpact of Fabric Armor, International Journal of Impact Engineering, 28, 13-31, 2003.
26. Cunniff, M.C., Auerbach, M.A., Vetter, E., Sikkema, D.J., High Performance ‘’M5’’ Fiber For Ballistics/Structural Composites, http://web.mit.edu/course/3/3.91/www/slides/cunniff.pdf,
27. Zohdi, T.I., Modeling And Simulation Of Progresive Penetration of Multilayered Ballisitc Fabric Sheilding, Computational Mechanics, 29, 61-67, 2002.
28. Novotny, W.R., Cepus, E., Shahkarami, a., Vaziri, R., Poursartip, A., Numerical İnvestigation of The Ballistic Efficiency of Multi-Ply Fabric Armours During The Early Stages of Impact, Internetional Journal Impact Engineering, 34, 71-78, 2007.
29. Roylance, d., Chammas, P., Ting, J., Chi, H., Scott, B., Numerical Modeling of Fabric Impact, http://web.mit.edu/roylance/www/asme95.pdf
30. Ahmad, M.R., Ahmad W.Y.W., Salleh, J., Samsuri, A., Performance of Natural Rubber Coated Fabrics Under Ballistic Impact, Malaysian Polymer Journal, 2(1), 39-51, 2007.
31. Lee, Y.S., The Ballistic İmpact Charekterisitics of Kevlar Woven Fabrics Impregnated With A Colloidal Shear Thickening Fluid, Journal of Material Science, 38, 2825-2833, 2003.
32. Carr, D.J., Failure Mechanisms Of Yarns Subjected To Ballistic Impact, Journal of Material Science Letters, 18, 585-588, 1999.
33. Jacobs, M.J.N., Dingenen, J.L.J.V., Ballistic Protection Mechanisms in Personel Armour, Journal of Material Science, 36, 3137-3142, 2001.

34. Karahan, M., Kuş, A., Eren, R., An Investigation into Ballistic Performance and Energy Absorbtion Capabilities of Woven Aramid Fabrics, Internetional Journal Impact Engineering, 35, 499-510, 2008.
35. Bilişik. A., Turhan, Y., Multidirectional Stitched Layered Aramid Woven Fabric Structures and Their Experimental Characterization of Ballistic Performance, Textile Research Journal, DOI:10.1177/0040517508104275, 2009.

ÖZGEÇMİŞ

1973 yılında Kayseri'de doğdu. İlk, orta ve lise tahsilini Kayseri' de tamamladı. 1998 yılında Marmara Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Tekstil Teknoloji eğitimi bölümünden mezun oldu. 1998 yılında Erciyes Üniversitesi Kocasinan Meslek yüksekokulu Tekstil bölümünde okutman olarak çalışmaya başladı. 2001 yılında Yüksek Okul Müdür yardımcılığı görevine atandı. 2001 yılından beri de Mustafa Çıkrıkçıoğlu (Kocasinan) Meslek Yüksekokulu Müdür yardımcılığı görevini sürdürmektedir. Evli ve iki çocuk babasıdır.

Adres : Erciyes Üniversitesi Mustafa Çıkrıkçıoğlu Meslek Yüksekokulu
Tekstil Bölümü 38039 – KAYSERI
Telefon : 0 352 437 49 01 - 43754
Cep tel : 0 535 511 75 46
e-posta : korkmaz@erciyes.edu.tr