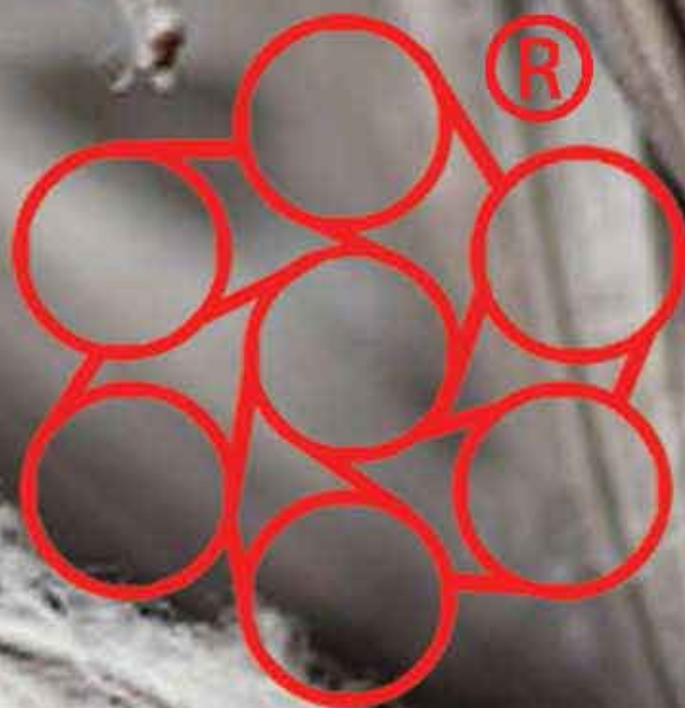




اطلاعات جامع الیاف مصنوعی

فورتا (FORTA)

جایگزین آرماتورهای حرارتی
در بتن

WWW.FORTA-FIBERS.COM



معرفی شرکت دریم (نماینده فورتا امریکا)

شرکت دریم با سابقه فعالیت بیش از ۱۰ سال در حوزه صنعت ساختمانی کشور، اقدام به تأمین و فروش الیاف های مخصوص بتن و آسفالت، ساخت یکی از بزرگترین کشورهای صنعتی جهان مطابق با استانداردهای روز دنیا را رهوده است .

الیاف فورتا تا به حال در پروژه های متنوع و گوناگون از جمله ساخت بزرگراه ها، خیابانها، پارکینگ های صنعتی، باند فرودگاه، کفسازی های صنعتی و ساختمانی، شاتکریت، قطعات پیش ساخته بتنی و حتی معابر محلی در سرتاسر جهان استفاده شده است.

از جمله مزایای قابل ذکر این الیاف، کاهش ۲۰ درصدی هزینه های اجرایی (بتن و آسفالت) می باشد و همچنین استفاده از این الیاف باعث افزایش مقاومت کششی و خمشی، مقاومت در برابر ترک خوردگی و ضربه، همچنین افزایش طول عمر بتن و آسفالت می باشد.

لذا خواهشمند است، پس از مطالعه اطلاعات جامع که به پیوست ضمیمه گردیده ، برای کسب اطلاعات بیشتر با مشاوران شرکت تماس حاصل فرمایید .



تاییدیه های الیاف فورتا

Certification

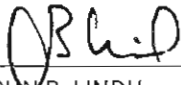
SYNTHETIC FIBER REINFORCEMENT

MATERIAL CERTIFICATION

FORTA Corporation hereby certifies that each grade of our fiber reinforcement is manufactured of 100% virgin synthetic materials containing no reprocessed materials. In addition, the FORTA® product grades are fully-oriented fibers, and are designed and manufactured specifically for use in concrete.

SPECIFICATION AND CODE COMPLIANCE

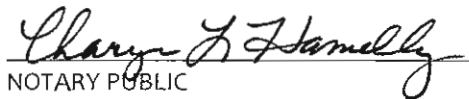
The FORTA® grades of fiber reinforcement comply with the material specifications of ASTM-C-1116 "Standard Specification of Fiber Reinforced Concrete and Shotcrete", Section 4.1.3 and ASTM D-7508 "Standard Specification for Polyolefin Chopped Strands for Use in Concrete." The FORTA® products also comply with the national building codes, including the International Building Code, International Residential Code, BOCA National Building Code, Standard Building Code, and Uniform Building Code. (ICC-ES Report #ESR-2720. FORTA® products are also classified by Underwriters Laboratory #R18552(N).



JOHN B. LINDH
President

Commonwealth of Pennsylvania
County of Mercer

Subscribed and sworn to before me
This 26th day of July, 2012



NOTARY PUBLIC



FORTA CORPORATION

100 FORTA Drive
Grove City, PA 16127-6399 USA
1-800-245-0306
1-724-458-5221
FAX: 1-724-458-8331
www.fortacorp.com

Notarial Seal
Charyn L. Hamelly, Notary Public
Jackson Twp., Mercer County
My Commission Expires Feb. 24, 2015

Certification

SYNTHETIC FIBER REINFORCEMENT

MATERIAL CERTIFICATION

FORTA Corporation hereby certifies that each grade of our fiber reinforcement is manufactured of 100% virgin synthetic materials containing no reprocessed materials. In addition, the FORTA® product grades are fully-oriented fibers, and are designed and manufactured specifically for use in concrete.

SPECIFICATION AND CODE COMPLIANCE

The FORTA® grades of fiber reinforcement comply with the material specifications of ASTM-C-1116 "Standard Specification of Fiber Reinforced Concrete and Shotcrete", Section 4.1.3. The FORTA® products also comply with the national building codes, including the International Building Code, International Residential Code, BOCA National Building Code, Standard Building Code, and Uniform Building Code. (ICC-ES Report #ESR-2720. FORTA® products are also classified by Underwriters Laboratory #R18552(N).



JOHN B. LINDH
President

Commonwealth of Pennsylvania
County of Mercer

Subscribed and sworn to before me
This 19th day of October, 2011


NOTARY PUBLIC

**FORTA
CORPORATION**

100 FORTA® Drive
Grove City, PA 16127-6399 USA
1-800-245-0308
1-724-458-5221
FAX: 1-724-458-8331
www.fortacorp.com

Notarial Seal
Charyn L. Hamelly, Notary Public
Jackson Twp., Mercer County
My Commission Expires Feb. 24, 2015

Guide to Design of Slabs-on-Ground

Reported by ACI Committee 360



American Concrete Institute®

ACI 360 Background

During this time, the American Concrete Institute's Committee 360: Slabs On Ground was in the midst of updating their design-guide document for concrete slabs, and microsynthetic and macrosynthetic fiber developments became an important and relevant topic of discussion. The recently-published completed document – Design of Slabs-on-Ground ACI 360R-10¹⁴ – includes many valuable reference comments and sections regarding the developing application of synthetic fibers, and has become a go-to guide for both specifiers and contractors who are embracing this technology on real world projects. Following are excerpts from ACI 360R-10 and additional commentary that pertains to the use of synthetic fibers in concrete floors.

Chapter 3 – Slab Types

Section 3.2.2 Slabs Reinforced for Crack Width Control

“Slab reinforcement can consist of bars, welded wire reinforcement sheets, steel fibers, or macrosynthetic fibers”.

Chapter 11 – Fiber Reinforced Slabs-On-Ground

Section 11.2 Synthetic Fiber Reinforcement

[This section describes and differentiates between the two levels of synthetic fibers: micro synthetic fibers intended for plastic shrinkage crack control used at 0.1% by volume (1.0 – 1.5 lbs./cu.yd), length of 1/4” to 3/4”; and macro synthetic fibers intended for drying shrinkage crack control used at dosages of 0.2 to 1% by volume (3.0 – 15 lbs./cu.yd.), length of 1/2” to 2-1/2”.]

Section 11.2.1 Properties of Synthetic Fibers

[In the discussion of macro synthetic fibers at the elevated dosages, this section states that the] “flexural toughness of concrete can be increased significantly with macro synthetic fibers”. [The section goes on to suggest that the ASTM C-1399 test method for determining ARS (Average Residual Strength) values provides a quantitative measure that is useful to evaluate the performance of the synthetic FRC.]

Section 11.2.2 Design Principles

[This design section also reiterates the distinction between micro and macro synthetic fibers.] “For micro synthetic FRC, design principles are the same as used for unreinforced concrete. Macro synthetic fibers provide increased post-cracking residual strength to concrete slabs-on-grade, and would use the same design principles as steel FRC”.

Section 11.2.3 Joint Details

[Historically, ACI has acknowledged a fairly conservative approach regarding the topic of spacing between contraction joints. In the ACI 360R-06 design document, figure 5.6 in Chapter 5 – Joints, suggests a formula for spacing based on slab thickness: 24 to 36 times the slab thickness in inches. For instance, for a 6” thick slab, normal control-joint spacing would be 144” (12’) to 216” (18’). In the newer 360 document, the spacing chart is referenced only from a historical perspective, suggesting that unreinforced slabs should

be jointed even closer together than in the past, such as a maximum spacing of 24 to 30 times the slab thickness, or 12' to 15' for the same 6" thick slab. The consensus arguments for these changes centered around today's more finely ground cements, the prevalence of higher-shrinkage cements, smaller top-size aggregate mixes, and higher cement dosages, all of which contribute to slab shrinkage and curling. It is also important to note that much of the committee discussion regarding the topic of joint-spacing acknowledged the fact that these 24" to 36" (2' to 3') and now 24" to 30" (2' to 2.5') factors were not based on engineering calculations, but instead on years of collected data from both successful and unsuccessful projects. These guidelines have allowed floor designers to arrive at a comfort level for joint-spacing to minimize cracking between joints. In Section 11.2.3, control joint practices are discussed in light of fiber-reinforced slabs-on-ground. With regards to micro synthetic fibers in the normal low dosages for this fiber type, recommended joint-spacing is the same as for unreinforced concrete, which would follow the 2' to 2.5' rule. On the other hand, it is acknowledged that the use of macro synthetic fibers at the elevated dosages increases the post-cracking residual strength of the concrete.] "This material behavior permits wider/longer sawcut contraction joint spacing". While the 360 document acknowledges the possibility of extending joint spacing with macrosynthetic fibers, no multiplier formula is offered to that end.

تاییدیه انجمن بتن آمریکا برای مصرف الیاف های ماکروسینتتیک (فورتا)

طبق آیین نامه انجمن بتن آمریکا ACI 360R-10 «طراحی دال های بتنی روی کف» موارد زیر استخراج می شود :

۱- فصل ۳: انواع دال-بخش ۲-۲-۳ : دال مسلح برای کنترل عرض ترک :

دال های مسلح می تواند شامل میلگرد، صفحات مش جوش داده شده، الیاف های فلزی و الیاف های ماکروسینتتیک شود.

۲- فصل ۱۱: دال های با الیاف مسلح شده-بخش ۲-۱۱: الیاف مصنوعی برای مسلح کردن

استفاده از الیاف ماکروسینتتیک برای کنترل ترک های جمع شدگی های ناشی از خشک شدن با میزان ۰.۲-۱ درصد حجمی ($9 - 1.8 \text{ Kg/m}^3$) و طول ۰.۵-۲.۵ اینچ

۳- بخش ۱-۲-۱۱ : سختی و تحمل خمشی بتن با استفاده از الیاف های ماکروسینتتیک افزایش چشمگیری خواهد داشت.

۴- بخش ۳-۲-۱۱ : فواصل بین درزهای کنترلی (انقباضی) بر طبق آیین نامه قدیمی ACI، ۲۴ تا ۳۶ برابر ضخامت دال می باشد اما در آیین نامه جدید برای انواع دال های مسلح و غیرمسلح این موضوع تفکیک شده به این ترتیب که برای دال های غیرمسلح و بتن های مسلح شده با الیاف ماکروسینتتیک این فاصله کاهش یافته و در بیشترین مقدار به ۲۴ تا ۳۰ برابر ضخامت دال محدود شده. موضوع مهم این است که تمامی این مقادیر جدید و قدیمی تعیین شده توسط کمیته فنی ACI، بر اساس محاسبات مهندسی نمی باشد، بلکه بر اساس تعداد زیا دی از پروژه های اجراشده و واقعی موفق و ناموفق تنظیم شده اند. برای همین در این راهنمای طراحی ها در ورژن های جدید دست طراحان دال های کف باز گذاشته شده تا به یک مقدار مناسب فاصله بین درزها برای کاهش ترک ها برسند.

موضوع بسیار جالب در آیین نامه جدید این می باشد که **بر عملکرد بسیار مناسب الیاف ماکروسینتتیک در**

کاهش ترک های بوجود آمده در طول عمر تاکید شده و بیان شده : **«این رفتار الیاف های**

ماکروسینتتیک اجازه ایجاد درزهای کنترلی (انقباضی) در فواصل بیشتری را می دهد».

بنابراین با توجه به تایید آیین نامه انجمن بتن آمریکا مبنی بر امکان افزایش فاصله درزها در کفسازی ها با استفاده از افزایش مصرف الیاف ماکروسینتتیک در بتن، دیگر قید و اجباری بر استفاده از ایجاد درز با فرمول ۲۴ تا ۳۰ برابر ضخامت دال نمی باشد.

با استفاده از این تاییدیه انجمن بتن آمریکا تعداد زیادی از پروژه ها در آمریکا و کشورهای مختلف جهان با الیاف ماکروسینتتیک **فورتا** با روش اجرای دال بدون درز کنترلی (joint-free) و یا کاهش فواصل درزها (reduced-joint) اجرا شده است

**BELGIAN CONSTRUCTION CERTIFICATION ASSOCIATION**

Founders : BBRI and SECO
Accredited certification body n° 021

Aarlenstraat 53
BE - 1040 BRUSSELS

Tel.: + 32 2 238 24 11
Fax: + 32 2 238 24 01

**EC-CERTIFICATE OF CONFORMITY****0749 - CPD****BC1 - 251 - 2922 - 0001 - 01**

In compliance with the Directive 89/106/EEC of the Council of European Communities of 21 December 1988 on the approximation of laws, regulations and administrative provisions of the Member States relating to the construction products (Construction Products Directive - CPD), amended by the Directive 93/68/EEC of the Council of European Communities of 22 July 1993 and Regulation (EC) No 1882/2003 of the European Parliament and of the Council of 29 September 2003, it has been stated that the construction product

FORTA FERRO 54

placed on the market by

Forta Corporation
Forta Drive 100
US - 16127-6399 GROVE CITY

and manufactured at the factory located at

Forta Corporation
Forta Drive 100
US - 16127-6399 GROVE CITY

is submitted by the manufacturer to a factory production control and to the further testing of samples taken at the factory in accordance with a prescribed test plan. The approved body BCCA has performed the initial type-testing for the relevant characteristics of the product and the initial inspection of the factory and the factory production control and performs the continuous surveillance, assessment and approval of the factory production control.

This certificate attests that all provisions under the responsibility of the approved body concerning the attestation of conformity and the performances described in annex ZA of the standard

EN 14889-2:2006

were applied and that the factory production control systems fulfils the prescribed requirements.

This certificate was first issued on **01/08/2008** and remains valid as long as the conditions laid down in the harmonised technical specification in reference and the manufacturing conditions in the factory and the FPC itself are not modified significantly and latest on **30/06/2018**. On any substantiated request, BCCA will give information about the validity of the certificate.

Brussels, 24/06/2013



ir. Benny De Blaere
General Manager

ÜBEREINSTIMMUNGSZERTIFIKAT

Reg.-Nr. Ü-413 –1 /1

This is to confirm, according to § 2 Sec. 2 N°. 2 of the building order NRW that the polymer fiber

„FORTA-FERRO“

of the manufacturing plant Grove City

FORTA CORPORATION
100 FORTA DRIVE
GROVE CITY, PA – 16127 – 6399
USA

according to the results of the production control and the third party control carried out by the notified inspection body

Institut für Bauforschung
RWTH Aachen
Schinkelstr. 3
52056 Aachen

confirms to the specifications set in the approval of the DIBt number

Z-3.73-2031 from 11-21-2011.

The producer has thus the right to mark this product with the mark of conformity (Ü-sign) according to the conformity sign order.

Aachen, den 04-25-2012



Prof. Dr.-Ing. W. Brameshuber
Leader of the certification body



FORTA

STANDART, CERTIFICATE OF CONFORMITY and TEST REPORTS

FORTA-FERRO fiber fittings are suitable to the standart Specification and TS EN's necessities for ASTM C-1116 with Fiber Reinforcement and the shotcretes.

The test reports have been taken for the usage in Turkey from DSI (TAKK Department), İTÜ, ODTÜ and YTÜ (Construction Materials Laboratories) universities.

- ➔ **CE Certificate has been taken**
- ➔ **has the American Health Report**
- ➔ **TS EN 14889-2 / 2006**
- ➔ **ASTM C1609 / C1609M-10**
(The establishment of bending performance with the loading method with 3 point for the concrete with fiber reinforcement)
- ➔ **ASTM C1399-07**
(The average Residual Resistance Test on the Concrete with the fiber reinforcement)
- ➔ **ASTM C 1399-98 Residual Resistance**
- ➔ **JCI SF4 Equivalent Value Bending Resistance**



Material Data Sheet
May be used to comply with
OSHA's Hazard Communication Standard,
29 CFR 1910, 1200, Standard must be
consulted for specific requirements.

U.S. Department of Labor
Occupational Safety and Health Administration
(Non-Mandatory Form)
Form Approved
OMB No. 1218-0072

IDENTITY (As Used on Label and List)
FORTA-FERRO®

NOTE: Blank specs are not permitted. If any item is not applicable, or no information is available, the space must be marked to indicate that.

Section I

Manufacturer's Name
FORTA Corporation

Emergency Telephone Number
800-245-0306 or 724-458-5221

Address (Number, Street, City, State, and ZIP Code)
100 Forta Drive

Telephone Number for Information
800-245-0306

Grove City, PA 16127-6399

Date Prepared
September 1, 2009

Signature of Preparer (Optional) Jeffrey B. Lovett

Section II – Hazardous Ingredients/Identity Information

Hazardous Components (Specific Chemical Identity: Common Name(s))	OSHA PEL	ACGIH TLV	Other Limits Recommended	% (Optional)
---	----------	-----------	--------------------------	--------------

Polypropylene (C₃H₆)N

Non-Hazardous Ingredients 100%

This product has been evaluated and does not require any hazard warning on the label under OSHA criteria.

Section III – Physical/Chemical Characteristics

Boiling Point	N/A	Specific Gravity (H ₂ O = 1)	0.91
Vapor Pressure (mm Hg.)	N/A	Melting Point	325 - 335°F
Vapor Density (AIR = 1)	N/A	Evaporation Rate (Butyl Acetate = 1)	N/A
Solubility in Water Insoluble	Components Polypropylene	Cas # 9003-07-0	

Appearance and Odor
Gray in color; odorless

Section IV – Fire and Explosion Hazard Data

Flash Point (Method Used) N/A	Flammable Limits N/A	LEL N/A	UEL N/A
----------------------------------	-------------------------	------------	------------

Extinguishing Media
Agents approved for Class A hazards (e.g. foam, steam) or water fog.

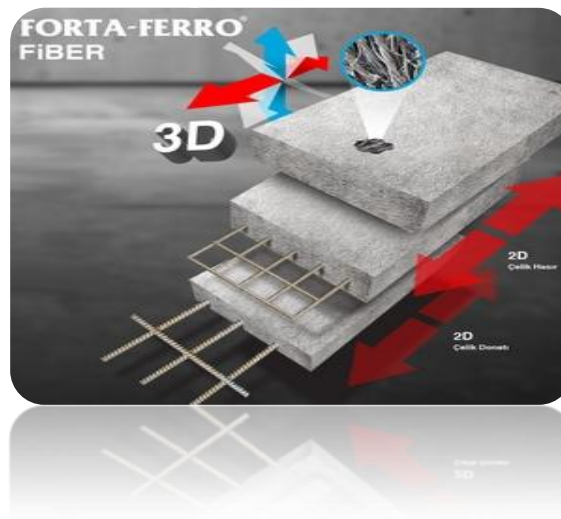
Special Fire Fighting Procedures
None

Unusual Fire and Explosion Hazards
None

(Reproduce locally)

Section V – Reactivity Data			
Stability	Unstable		Conditions to Avoid
	Stable	X	N/A
Incompatibility (<i>Materials to Avoid</i>)		Strong oxidizing agents.	
Hazardous Decomposition or Byproducts		N/A	
Hazardous Polymerization	May Occur		Conditions to Avoid
	Will Not Occur	X	N/A
Section VI – Health Hazard Data			
Route(s) of Entry: None Hazardous	Inhalation? N/A	Skin? N/A	Ingestion? N/A
Health Hazards (<i>Acute and Chronic</i>)		None	
Carcinogenicity: None Hazardous	NTP? N/A	IARC Monographs? N/A	OSHA Regulated? N/A
Signs and Symptoms of Exposure		N/A	
Medical Conditions Generally Aggravated by Exposure		N/A	
Emergency and First Aid Procedures		Eye: Flush eyes with plenty of water. Get medical attention if condition persists. Skin: Wash exposed skin with soap and water. Inhalation: N/A Ingestion: If a large amount is swallowed, get medical attention.	
Section VII – Precautions for Safe Handling and Use			
Steps to Be Taken in Case Material is Released or Spilled		Contain and remove by mechanical means.	
Waste Disposal Method		Place in appropriate disposal facility in compliance with local regulations.	
Precautions to Be Taken in Handling and Storing		N/A	
Other Precautions		N/A	
Section VIII – Control Measures			
Respiratory Protection (<i>Specify Type</i>)		Not Required	
Ventilation	Local Exhaust	Not Required	Special Not Required
	Mechanical (<i>General</i>)	Not Required	Other Adequate ventilation if processed by heat.
Protective Gloves	Not Required. However, use of protective gloves is good Industrial practice.	Eye Protection	Not Required. However, use of eye protection is Good industrial practice.
Other Protective Clothing or Equipment		Not Required. However, use of protective clothing is good industrial practice.	
Work/Hygienic Practices		Use general work/hygienic practices.	

طرح توجیهی استفاده از الیاف فورتا به جای آرماتورهای حرارتی در دال های بتنی



مقایسه هزینه تمام شده یک متر مربع بتن مسلح شده با آرماتور حرارتی و بتن مسلح شده الیافی
برای کفسازی ساختمانی با ضخامت ۱۰ سانتی متر

بتن مسلح شده با آرماتور حرارتی (Φ8 @ 25 cm)	
۳/۱۶	وزن میلگرد (Φ8) مصرفی آرماتور حرارتی (کیلو گرم / متر مربع)
۲۰.۰۰۰	هزینه میلگرد مصرفی به عنوان آرماتور حرارتی (ریال / کیلوگرم)
۳.۵۰۰	هزینه های مربوط به تهیه، بریدن، خم کردن و کار گذاشتن و بافت میلگرد و اسپیسر (ریال / کیلوگرم)
۷۴.۰۰۰	هزینه کل استفاده از میلگرد به عنوان آرماتور حرارتی (ریال / مترمربع)

بتن مسلح شده با الیاف FORTA	
الیاف فورتا-امریکایی	توضیحات
۰/۱	میزان الیاف مصرفی (کیلوگرم / متر مربع)
۴۵۰.۰۰۰	قیمت خرید الیاف (ریال / کیلوگرم)
ندارد	هزینه جانبی مصرف و اجرا در بتن
۴۵.۰۰۰	جمع کل (ریال / مترمربع)

جدول مقایسه مشخصات فنی الیاف ها

الیاف فورتا	توضیحات
۵۴	طول الیاف (میلیمتر)
۶۶۰	مقاومت کششی (مگا پاسکال)
۲۰۰.۰۰۰	تعداد رشته های موجود در ۱ کیلوگرم الیاف (عدد)
۱۰.۸۰۰	طول یک کیلوگرم از الیاف (متر)

نحوه محاسبه و مقایسه اقتصادی کاربرد الیاف فورتا به جای آرماتور حرارتی در بتن

۱- محاسبه وزن و قیمت آرماتور مصرفی با توجه به نقشه پیوست

ردیف	توضیحات	واحد	قیمت (تومان)
۱	هزینه های مربوط به تهیه، بریدن، خم کردن، کار گذاشتن و بافت میلگرد و اسپیسر	کیلوگرم	۳۵۰
۲	میلگرد $\Phi 8$	کیلوگرم	۲۰۰۰
۳	مجموع	کیلوگرم	۲۳۵۰

$$0.395 \text{ kg/m} = \text{وزن یک متر طول میلگرد } \Phi 8$$

طبق نقشه صفحه بعد تعداد آرماتورها در یک متر مربع 4×2 عدد می باشد بنابراین :

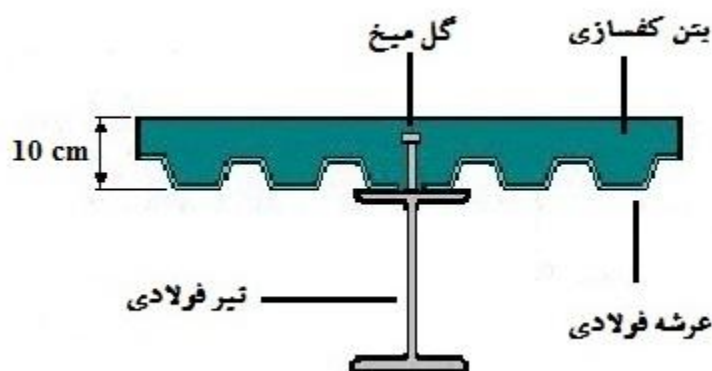
$$2 * 4 * 0.395 = 3.16 \text{ kg/m}^2$$

پس قیمت نهایی استفاده از میلگرد در یک مترمربع به صورت زیر می باشد:

$$3.16 * 2350 = 7425 \text{ تومان}$$

۲- محاسبه قیمت الیاف فورتا به جای آرماتور با توجه به همین نقشه

توضیحات	واحد	قیمت (تومان)
الیاف فورتا - امریکایی	کیلوگرم	۴۵۰۰۰
هزینه های استفاده و بکارگیری در بتن	-	ندارد



ضخامت بتن ریزی 10cm می باشد بنابراین محاسبات برای ۱ مترمربع بتن به شرح ذیل می باشد :

$$\text{حجم بتن} = 1 * 1 * 0.1 = 0.1 \text{ m}^3$$

مقدار مصرف الیاف فورتا 1 kg/m^3 می باشد بنابراین :

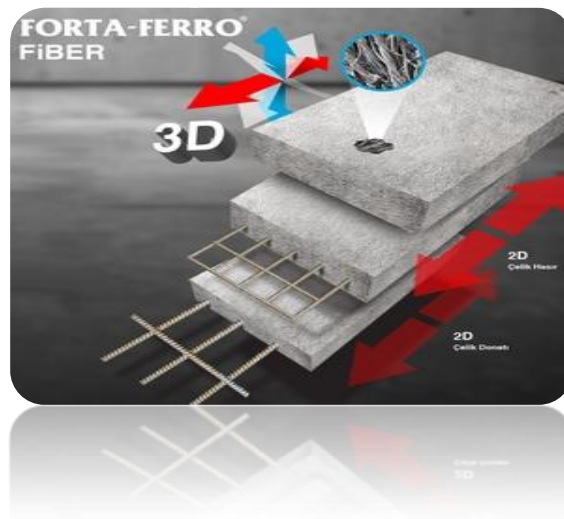
$$\text{مقدار الیاف مصرفی} = 0.1 * 1 = 0.1 \text{ kg}$$

الیاف فورتا امریکایی با قیمت های کیلویی ۴۵۰۰۰ تومان می باشد پس :

$$\text{تومان} = 0.1 * 45000 = 4.500 \text{ = قیمت الیاف فورتا به ازای یک مترمربع با ضخامت 10cm}$$

بنابراین طبق جداول فوق با جایگزینی الیاف فورتا به جای آرماتور حرارتی حداقل ۲۹۰۰ تومان در هر مترمربع صرفه جویی در هزینه ها خواهیم داشت .

همچنین با حذف آرماتوربندی سرعت و سهولت اجرا بیشتر می شود به نحوی که در محل بتن ریزی تردد و جابجایی تراک میکسر به راحتی قابل انجام است و همچنین با استفاده از الیاف به دلیل افزایش کیفیت خواص مکانیکی بتن ، دوام و طول عمر بتن افزایش می یابد که تمامی این موارد باید در مقایسه هزینه ها در نظر گرفته شود .



مقایسه هزینه تمام شده یک متر مربع بتن مسلح شده با آرماتور حرارتی و بتن مسلح شده الیافی
برای کفسازی ساختمانی با ضخامت ۱۰ سانتی متر

بتن مسلح شده با آرماتور حرارتی (Φ10 @ 25 cm)	
۴/۹۳۶	وزن میلگرد (Φ10) مصرفی آرماتور حرارتی (کیلو گرم / متر مربع)
۲۰.۰۰۰	هزینه میلگرد مصرفی به عنوان آرماتور حرارتی (ریال / کیلوگرم)
۳.۵۰۰	هزینه های مربوط به تهیه، بریدن، خم کردن و کار گذاشتن و بافت میلگرد و اسپیسر (ریال / کیلوگرم)
۱۱۶.۰۰۰	هزینه کل استفاده از میلگرد به عنوان آرماتور حرارتی (ریال / مترمربع)

بتن مسلح شده با الیاف FORTA	
الیاف فورتا-امریکایی	توضیحات
۰/۱۵	میزان الیاف مصرفی (کیلوگرم / متر مربع)
۴۵۰.۰۰۰	قیمت خرید الیاف (ریال / کیلوگرم)
ندارد	هزینه جانبی مصرف و اجرا در بتن
۶۷.۵۰۰	جمع کل (ریال / مترمربع)

جدول مقایسه مشخصات فنی الیاف ها

الیاف فورتا	توضیحات
۵۴	طول الیاف (میلیمتر)
۶۶۰	مقاومت کششی (مگا پاسکال)
۲۰۰.۰۰۰	تعداد رشته های موجود در ۱ کیلوگرم الیاف (عدد)
۱۰.۸۰۰	طول یک کیلوگرم از الیاف (متر)

نحوه محاسبه و مقایسه اقتصادی کاربرد الیاف فورتا به جای آرماتور حرارتی در بتن

۱- محاسبه وزن و قیمت آرماتور مصرفی با توجه به نقشه پیوست

ردیف	توضیحات	واحد	قیمت (تومان)
۱	هزینه های مربوط به تهیه، بریدن، خم کردن، کار گذاشتن و بافت میلگرد و اسپیسر	کیلوگرم	۳۵۰
۲	میلگرد $\Phi 10$	کیلوگرم	۲۰۰۰
۳	مجموع	کیلوگرم	۲۳۵۰

$$\Phi 10 = 0.617 \text{ kg/m} \text{ وزن یک متر طول میلگرد}$$

طبق نقشه صفحه بعد تعداد آرماتورها در یک متر مربع 4×2 عدد می باشد بنابراین :

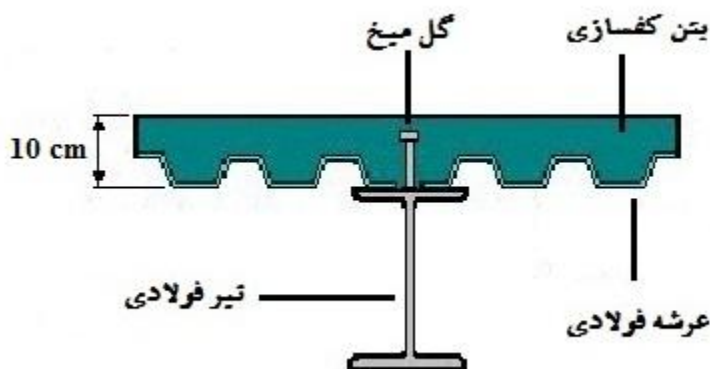
$$2 \times 4 \times 0.617 = 4.936 \text{ kg/m}^2$$

پس قیمت نهایی استفاده از میلگرد در یک مترمربع به صورت زیر می باشد:

$$4.936 \times 2350 = 11600 \text{ تومان}$$

۲- محاسبه قیمت الیاف فورتا به جای آرماتور با توجه به همین نقشه

توضیحات	واحد	قیمت (تومان)
الیاف فورتا - امریکایی	کیلوگرم	۴۵.۰۰۰
هزینه های استفاده و بکارگیری در بتن	-	ندارد



ضخامت بتن ریزی 10cm می باشد بنابراین محاسبات برای ۱ مترمربع بتن به شرح ذیل می باشد :

$$\text{حجم بتن} = 1 * 1 * 0.1 = 0.1 \text{ m}^3$$

مقدار مصرف الیاف فورتا 1.5 kg/m^3 می باشد بنابراین :

$$\text{مقدار الیاف مصرفی} = 0.1 * 1.5 = 0.15 \text{ kg}$$

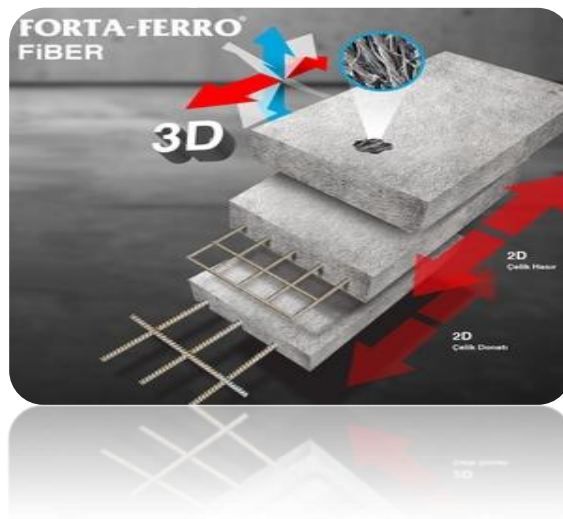
الیاف فورتا امریکایی با قیمت های کیلویی ۴۵.۰۰۰ تومان می باشد پس :

$$\text{تومان} = 0.15 * 45000 = 6750$$

قیمت الیاف فورتا به ازای یک مترمربع با ضخامت 10cm

بنابراین طبق جداول فوق با جایگزینی الیاف فورتا به جای آرماتور حرارتی حداقل ۴۸۰۰ تومان در هر مترمربع صرفه جویی در هزینه ها خواهیم داشت .

همچنین با حذف آرماتوربندی سرعت و سهولت اجرا بیشتر می شود به نحوی که در محل بتن ریزی تردد و جابجایی تراک میکسر به راحتی قابل انجام است و همچنین با استفاده از الیاف به دلیل افزایش کیفیت خواص مکانیکی بتن ، دوام و طول عمر بتن افزایش می یابد که تمامی این موارد باید در مقایسه هزینه ها در نظر گرفته شود .



مقایسه هزینه تمام شده یک متر مربع بتن مسلح شده با آرماتور حرارتی و بتن مسلح شده الیافی
برای کفسازی صنعتی با ضخامت ۱۰ سانتی متر

بتن مسلح شده با آرماتور حرارتی (Φ12 @ 25 cm)	
۷/۱۰۴	وزن میلگرد (Φ12) مصرفی آرماتور حرارتی (کیلو گرم / متر مربع)
۲۰.۰۰۰	هزینه میلگرد مصرفی به عنوان آرماتور حرارتی (ریال/کیلوگرم)
۳.۵۰۰	هزینه های مربوط به تهیه، بریدن، خم کردن و کار گذاشتن و بافت میلگرد و اسپیسر (ریال/کیلوگرم)
۱۶۷.۰۰۰	هزینه کل استفاده از میلگرد به عنوان آرماتور حرارتی (ریال/مترمربع)

بتن مسلح شده با الیاف FORTA	
الیاف فورتا-امریکایی	توضیحات
۰/۲	میزان الیاف مصرفی (کیلوگرم/متر مربع)
۴۵۰.۰۰۰	قیمت خرید الیاف (ریال / کیلوگرم)
ندارد	هزینه جانبی مصرف و اجرا در بتن
۹۰.۰۰۰	جمع کل (ریال / مترمربع)

جدول مقایسه مشخصات فنی الیاف ها

الیاف فورتا	توضیحات
۵۴	طول الیاف (میلیمتر)
۶۶۰	مقاومت کششی (مگا پاسکال)
۲۰۰.۰۰۰	تعداد رشته های موجود در ۱ کیلوگرم الیاف (عدد)
۱۰.۸۰۰	طول یک کیلوگرم از الیاف (متر)

نحوه محاسبه و مقایسه اقتصادی کاربرد الیاف فورتا به جای آرماتور حرارتی در بتن

۱- محاسبه وزن و قیمت آرماتور مصرفی با توجه به نقشه پیوست

ردیف	توضیحات	واحد	قیمت (تومان)
۱	هزینه های مربوط به تهیه، بریدن، خم کردن، کار گذاشتن و بافت میلگرد و اسپیسر	کیلوگرم	۳۵۰
۲	میلگرد $\Phi 12$	کیلوگرم	۲۰۰۰
۳	مجموع	کیلوگرم	۲۳۵۰

$$\Phi 12 = 0.888 \text{ kg/m}$$

طبق نقشه صفحه بعد تعداد آرماتورها در یک متر مربع 4×2 عدد می باشد بنابراین :

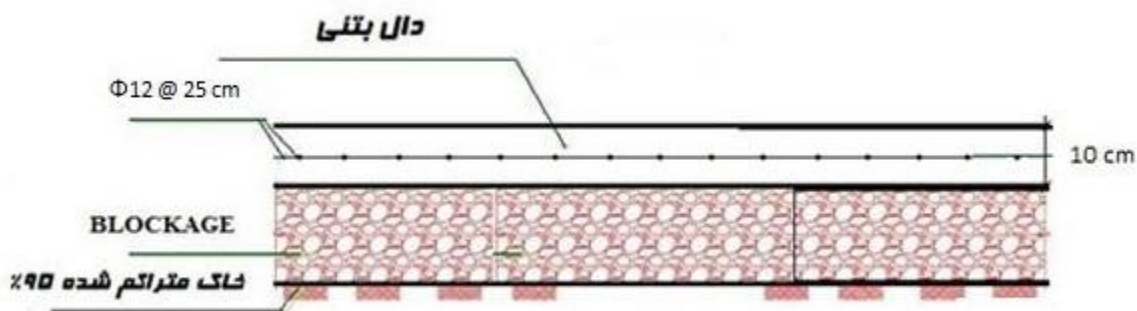
$$2 \times 4 \times 0.888 = 7.104 \text{ kg/m}$$

پس قیمت نهایی استفاده از میلگرد در یک مترمربع به صورت زیر می باشد:

$$7.104 \times 2350 = 16700 \text{ تومان}$$

۲- محاسبه قیمت الیاف فورتا به جای آرماتور با توجه به همین نقشه

توضیحات	واحد	قیمت (تومان)
الیاف فورتا-امریکایی	کیلوگرم	۴۵۰۰۰
هزینه های استفاده و بکارگیری در بتن	-	ندارد



ضخامت بتن ریزی 10cm می باشد بنابراین محاسبات برای ۱ مترمربع بتن به شرح ذیل می باشد :

$$\text{حجم بتن} = 1 * 1 * 0.1 = 0.1 \text{ m}^3$$

مقدار مصرف الیاف فورتا 2 kg/m^3 می باشد بنابراین :

$$\text{مقدار الیاف مصرفی} = 0.1 * 2 = 0.2 \text{ kg}$$

الیاف فورتا امریکایی با قیمت های کیلویی ۴۵.۰۰۰ تومان می باشد پس :

$$\text{تومان} = 0.2 * 45000 = 9.000 = \text{قیمت الیاف فورتا به ازای یک مترمربع با ضخامت 10cm}$$

بنابراین طبق جداول فوق با جایگزینی الیاف فورتا به جای آرماتور حرارتی حداقل ۷.۷۰۰ تومان در هر مترمربع صرفه جویی در هزینه ها خواهیم داشت .

همچنین با حذف آرماتوربندی سرعت و سهولت اجرا بیشتر می شود به نحوی که در محل بتن ریزی تردد و جابجایی تراک میکسر به راحتی قابل انجام است و همچنین با استفاده از الیاف به دلیل افزایش کیفیت خواص مکانیکی بتن ، دوام و طول عمر بتن افزایش می یابد که تمامی این موارد باید در مقایسه هزینه ها در نظر گرفته شود .

ویژگی ها و روش های مصرف الیاف فورتا

اطلاعات و خصوصیات کلی الیاف FORTA-FERRO

توصیف کلی الیاف

فورتا فررو الیافی متشکل از مواد ترکیبی مختلف، ساخته شده از کوپلیمر یا پلی پروپیلن ۱۰۰٪ خالص متشکل از رشته های بسیار نازک پیچ خورده در هم و به صورت گره درآمده و یک شبکه الیاف رشته ای می باشد که باعث ایجاد یک سیستم بتن مسلح با کارایی و کیفیت بسیار بالا می شود.

این الیاف باعث کاهش جمع شدگی بتن تازه و سخت، افزایش ضربه پذیری و افزایش مقاومت در برابر خستگی و افزایش سختی بتن می شود. این الیاف ترکیبی رشته ای، بوسیله در هم آمیختن یک شبکه منسجم الیاف باعث ایجاد دوام طولانی مدت، افزایش مشخصه های سازه ای و کنترل ترک های ثانویه یا حرارتی در بتن می شود که دستیابی به این محصول حاصل تلاش ها و طراحی های طولانی مدت بوده است.

فورتا فررو خورنده نمی باشد و در محیط های قلیایی ۱۰۰٪ مقاوم می باشد.

کاربردها

فورتا فررو اساسا در پروژه های اجرای بتن مانند کف سازی های صنعتی، عرشه پل ها، شاتکریت، محصولات پیش ساخته و یا هر جای دیگری که کاهش مصرف آرماتور و یا حذف آن مورد نظر باشد، کاربرد دارد.

طریقه مصرف

میزان مصرف پیشنهادی این الیاف در محدوده $1-10 \text{ Kg/m}^3$ می باشد که با توجه به نوع و محل مصرف متغیر می باشد. این الیاف را می توان مستقیما به بتن در حین اختلاط یا پس از اضافه شدن کلیه مصالح در انتهای اختلاط اضافه کرد و ۴ تا ۵ دقیقه بعد از اضافه شدن اختلاط باید ادامه پیدا کند.

مشخصات فیزیکی

مواد اولیه : پلی پروپیلن / کوپلیمر

شکل ظاهری : فیبرهای به هم پیچیده و الیاف های تک رشته ای

وزن مخصوص : ۰.۹۱ مقاومت کششی : 570-660 MPa

طول : ۵۴ میلیمتر رنگ : خاکستری

مقاوم در محیط های اسیدی و بازی

نحوه مصرف الیاف فورتا

الیاف ماکرو سینتتیک فورتا می تواند در محل تولید بتن در بچینگ کارخانه و یا در محل اجرای بتن ریزی در تراک میکسر به بتن اضافه گردد.

نحوه مصرف فورتا در کارخانه ساخت بتن

بسته های یک کیلو گرمی الیاف فورتا بعد از باز کردن می توانند از طریق نوار نقاله بعد از اضافه شدن سنگدانه ها داخل میکسر ریخته شوند. تعداد کیسه های ریخته شده با توجه به میزان مصرف در نظر گرفته شده در مترمکعب و همچنین حجم میسر باید شمارش شوند تا اشتباهی صورت نگیرد. زمان اختلاط باید حداقل ۳۰ ثانیه باشد.

نحوه مصرف فورتا در محل بتن ریزی

کیسه های ۱ کیلو گرمی از قبل آماده شده را می توان با توجه به میزان مصرف به میکسر اضافه کرد. نیازی به پاره و باز کردن کیسه ها نمی باشد چون قابل حل شدن هستند. بعد از اضافه شدن به میکسر، در صورت امکان دور را بالا برده و به مدت ۵ دقیقه اختلاط را ادامه دهید. در این حالت الیاف ها با برخورد به سنگدانه ها به رشته های نازکتر تبدیل و به خوبی پخش می شوند.

اسلامپ

رشته های الیاف فورتا اطراف خمیر سیمانی را احاطه می کنند زیرا در حدود ۲۰۰ هزار رشته در هر کیلو در بتن ایجاد می کنند، بنابراین کاهش در اسلامپ امری طبیعی است. این میزان کاهش با توجه به مقدار مصرف فورتا از ۲ تا ۴ سانتی متر متغیر می باشد. بنابراین باید توجه شود که در صورت اضافه کردن الیاف در محل اجرا و در داخل تراک میکسر، باید از قبل طرح اختلاطی برای اسلامپ حداقل ۲ سانتی متر بیشتر طراحی نمود.

توجه شود که از اضافه کردن آب به داخل مخلوط بتن در هنگام بتن ریزی و برای جبران کاهش اسلامپ حتما جلوگیری نمایید.

زمان اضافه کردن فوق روان کننده

در صورت استفاده از روان کننده ها در طرح اختلاط، باید این افزودنی بعد از اضافه شدن الیاف به مخلوط اضافه شود و ترجیحا از نوع های پایه کربوکسیلاتی باشند.

زمان اضافه کردن الیاف فورتا

با توجه به مطالب فوق، می توان فورتا را بعد از سنگدانه ها به مخلوط افزود و یا در انتها بعد از کلیه مصالح به میکسر اضافه کرد. البته باید توجه کرد فوق روان کننده حتما بعد از الیاف به مخلوط افزوده شود.

پرداخت سطح نهایی (Finishing)

هیچ تفاوتی بین روش های عادی اجرای سطح نهایی در حالت بتن بدون الیاف و بتن با الیاف فورتا نمی باشد و انواع سخت کننده ها و مواد اپوکسی می توانند روی سطح نهایی اجرا شوند. تنها برای جلوگیری از نمایان شدن الیاف ها بر روی سطح باید با دقت بیشتری پرداخت شوند.

اجرای محل درزها

با توجه به شرایط آب و هوایی از ۸ تا ۱۲ ساعت بعد از اجرای بتن ریزی می توان عملیات برش را انجام داد. فواصل بین درزها بر طبق EN Codes باید ۲۴ تا ۳۲ برابر ضخامت بتن باشد. اما با توجه به مجوز و تاییدیه جدید انجمن بتن امریکا ACI360R-10 فواصل درزها برای بتن حاوی الیاف ماکروسینتتیک (فورتا) با توجه به مقدار مصرف آن می تواند بیشتر باشد و یا اصلا از درز انقباضی (کنترلی) استفاده نشود.

نگهداری الیاف فورتا

الیاف فورتا به دلیل ساختار و مواد اولیه از شرایط محیطی اثر پذیری ندارد و در صورت نگهداری در شرایط مناسب خواص خود را حفظ خواهد کرد.

نتایج آزمایش های انجام شده با الیاف فورتا

بررسی نتایج آزمایش های انجام شده با الیاف FORTA FERRO

این نتایج بر طبق آزمون های صورت گرفته در کشور امریکا می باشد که در قسمت مراجع به طور کامل آورده شده اند.

۱- مقاومت فشاری

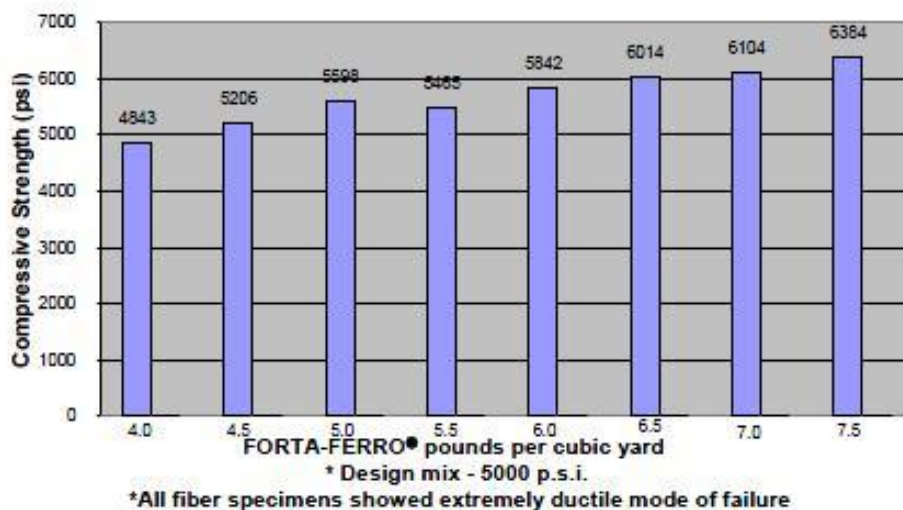
همانطور که در جدول مشاهده می شود، با افزایش مقدار

الیاف فورتا در بتن، مقاومت فشاری نمونه ها ۱/۳ برابر

افزایش یافته است.

میزان مصرف الیاف FORTA FERRO (Kg/m ³)	مقاومت فشاری ۲۸ روزه (MPa)	ردیف
۲.۴	۳۳.۹	۱
۲.۷	۳۶.۴۴	۲
۳.۰	۳۸.۵۵	۳
۳.۳	۳۸.۲۵	۴
۳.۶	۴۰.۹	۵
۳.۹	۴۲.۱	۶
۴.۲	۴۲.۱	۷
۴.۵	۴۴.۷	۸

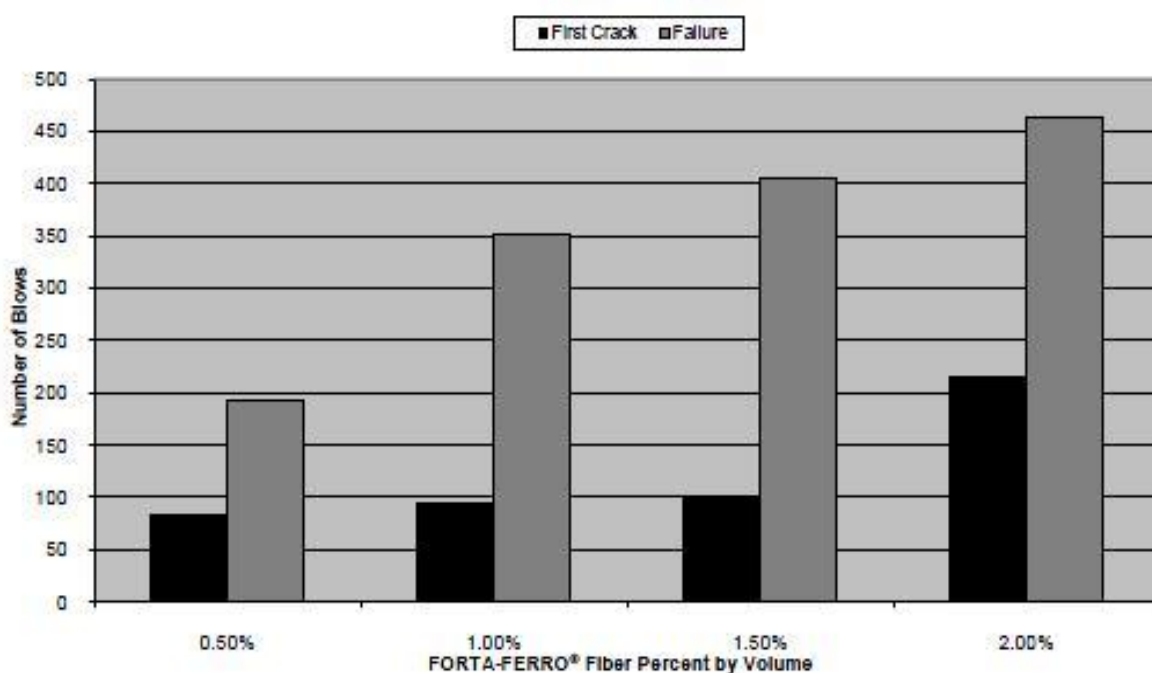
FORTA-FERRO® Compressive Strength - 28 days
ASTM C-39



۲- مقاومت در برابر ضربه

ردیف	میزان مصرف الیاف FORTA FERRO (Kg/m ³)	تعداد ضربات تحمل شده برای وقوع اولین ترک
۱	-	۱۷
۲	۴.۵	۸۵
۲	۹.۰	۹۵
۳	۱۳.۵	۱۰۰
۴	۱۸.۰	۲۱۵

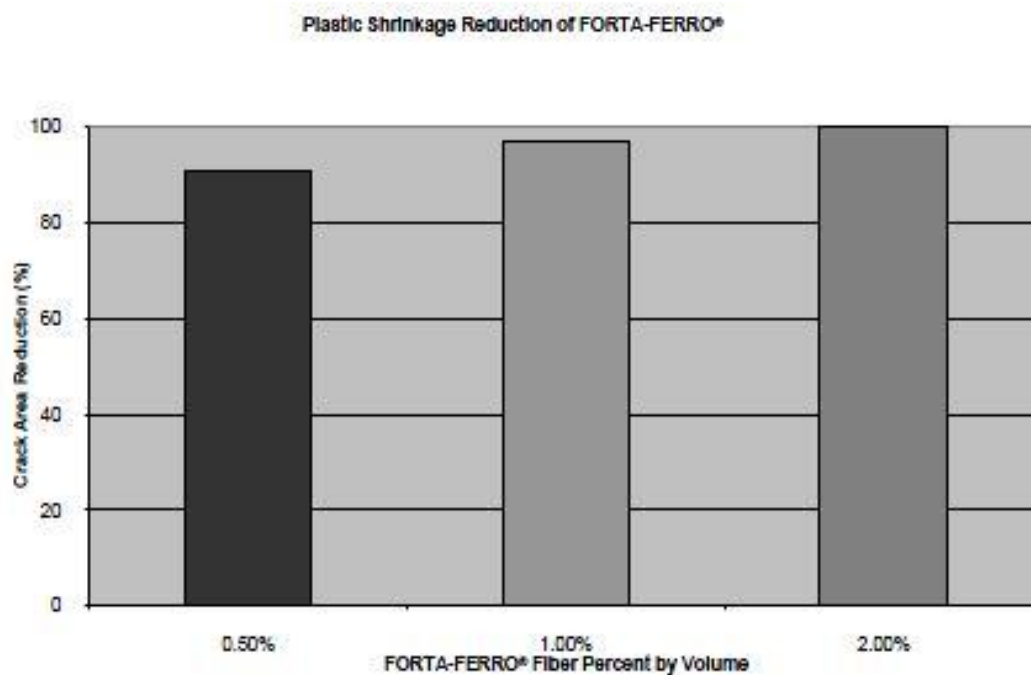
با توجه به جدول، مقاومت در برابر ضربه بتن با الیاف فورتا **بیش از ۵ برابر بتن شاهد** می باشد. این مقدار برای بتن با ۱.۵ کیلوگرم الیاف فورتا حدود ۱/۶ برابر بتن شاهد می باشد.



۳- مقدار ترک های ناشی از جمع شدگی (Shrinkage)

کاهش سطح ترک خورده (%)	میزان مصرف الیاف FORTA FERRO (Kg/m ³)	ردیف
۹۲	۴.۵	۱
۹۷	۹.۰	۲
۱۰۰	۱۸.۰	۳

همانطور که می بینیم با مصرف 4.5 Kg/m³ الیاف فورتا فرو در بتن، **حداقل ۹۲ درصد ترک های ناشی از جمع شدگی** و **ترک های حرارتی در بتن از بین می روند** و این ترک ها با مصرف 18Kg/m³ از این الیاف به طور کامل پوشیده شده و از بین می روند.

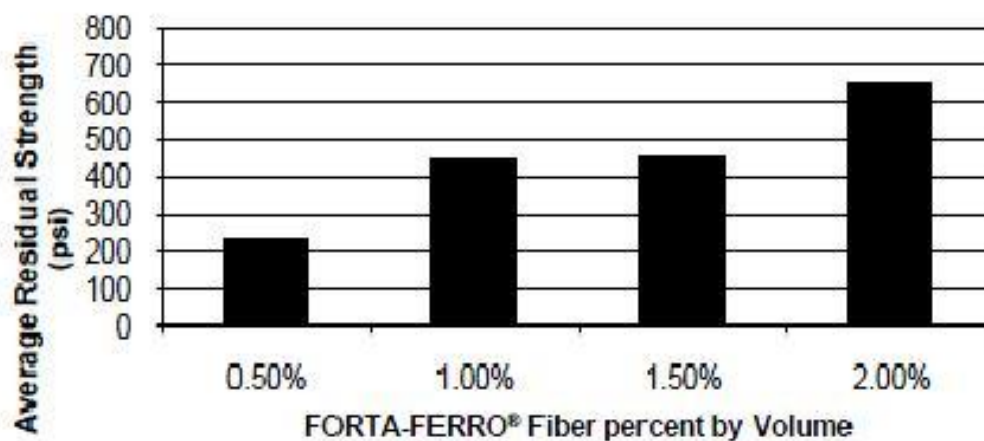


ع- مقاومت پس ماند (Residual Strength)

به میزان باری گفته می شود که پس از ایجاد ترک و شکست در بتن، توسط الیاف تحمل می شود و الیاف مانع از گسیختگی کامل بتن تا شکست نهایی می شود.

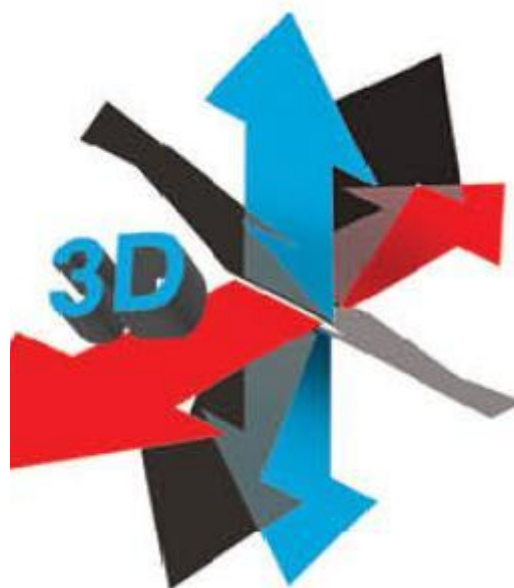
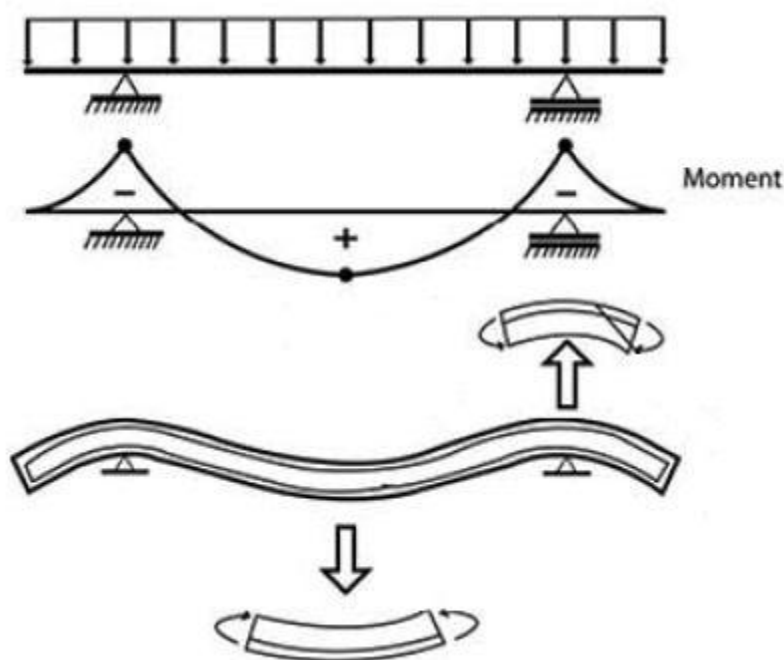
ردیف	میزان مصرف الیاف FORTA FERRO (Kg/m ³)	Avg. Residual Strength (MPa)
۱	۴.۵	۱.۷۵
۲	۹.۰	۳.۲۲
۳	۱۳.۵	۳.۲۵
۴	۱۸.۰	۴.۶۲

Average Residual Strength of FORTA-FERRO®



۵- عملکرد سه بعدی

استفاده از میلگرد در بتن به دلیل جبران ضعف آن در کشش می باشد، اما در موارد متعددی **جهت نیروهای کششی بطور دقیق معلوم نیست**، پس به منظور ایجاد شرایط همگن و کاهش ضعف شکنندگی و تردی بتن تا حد ممکن، از الیاف فورتا در بتن باعث افزایش مقاومت خمشی به صورت سه بعدی می شود و کلیه نقاط تحت جمع شدگی و مستعد ترک خوردگی را پوشش می دهد.

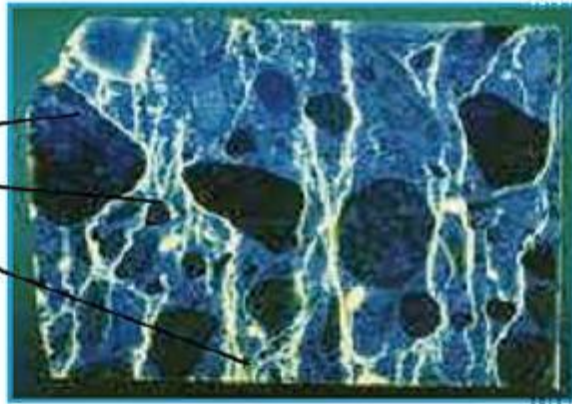


۶- مقاومت در برابر سیکل های سرما و گرما (ذوب و یخبندان)

تمامی بتن هایی که در معرض سیکل های شدید سرما و گرما می باشند در مدت زمان کوتاهی دچار ترک می شوند. این ترک ها به مرور زمان در داخل بتن افزایش می یابند و شکاف های عمیقی در آن ایجاد می کنند.

با به کارگیری الیاف فورتا، **ترک ها به حداقل می رسند و در صورت ایجاد ترک اجازه افزایش به آن داده نمی شود** و یکپارچگی بتن حفظ خواهد شد.

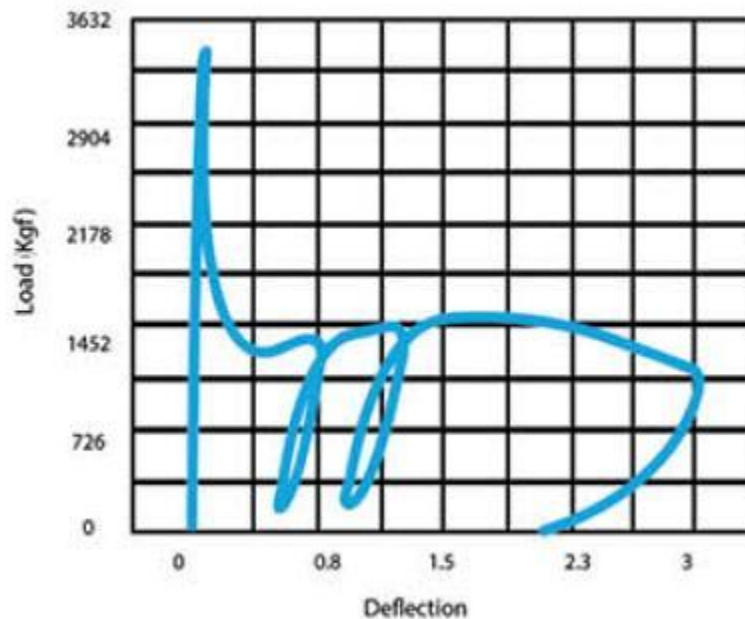
ترک‌های ایجاد شده در بتن
بر اثر انقباض آب و افزایش
حجم سلب‌تار بتن



۷- عملکرد الاستیک

بتن در حالت عادی شکننده می باشد و تحمل تغییر شکل و انعطاف پذیری کمی دارد. احتمال شکست زمانی که بار گذاری تکراری اعمال شود و خستگی تاثیر خود را روی بتن گذاشته باشد، نمایان تر می شود.

بتن مسلح شده با الیاف فورتا بسیار شکل پذیر است و حالت الاستیک بسیار بیشتری دارد و همین عامل باعث می شود شکست ترد در آن اتفاق نیفتند.



مقایسه الیاف های فلزی با الیاف فورتا

بر اساس آزمایش های انجام شده در امریکا و مقایسه سه نوع از بهترین الیاف های فلزی موجود در آنجا و الیاف فورتا، نتیجه گیری شد که به طور کلی **میزان مصرف الیاف فورتا حدود 1/10 (یک دهم) الیاف های فلزی می باشد.** یعنی برای رسیدن به نتایج آزمون های مختلف اگر الیاف فورتا به اندازه یک دهم الیاف های فلزی مصرف شود نتایج یکسانی بدست خواهد داد.

۱- مقاومت در برابر ضربه

نوع الیاف	میزان مصرف الیاف (Kg/m ³)	تعداد ضربات تحمل شده تا شکست نهایی
فورتا	۲.۷	۳۰۰
فلزی	۲۴	۱۷۵
فورتا	۳.۶	۴۲۵
فلزی	۳۰	۲۲۵

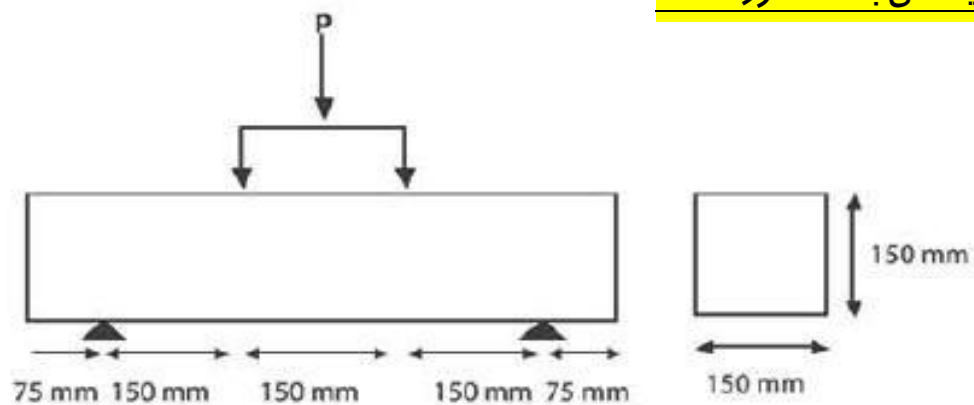
همانطور که مشاهده می شود **حتی با یک دهم شدن مقدار مصرف الیاف فورتا نسبت به فلزی، الیاف فورتا در آزمایش ضربه تا حدود ۲ برابر نتایج بهتری از خود نشان داده است.**

۲- مقاومت خمشی

نوع الیاف	میزان مصرف الیاف (Kg/m ³)	مقاومت خمشی (MPa)
فورتا	۲	۳.۶۳
فلزی	۲۰	۳.۶۳
فورتا	۴	۳.۷۹
فورتا	۶	۴.۱۱
فلزی	۳۰	۴.۰۶

در مقاومت خمشی هم به طور میانگین الیاف فلزی با میزان مصرف ۸ برابر بیشتر از الیاف

فورتا نتایج یکسانی بدست آورده اند.



بتن بدون الیاف

PLAIN SAMPLE



FORTA-FERRO

بتن با الیاف فورتا

بتن با الیاف فلزی

STEEL FIBER

۳- مقاومت کششی

نوع الیاف	میزان مصرف الیاف (Kg/m ³)	مقاومت کششی (MPa)
فورتا	۲	۳.۷۴
فلزی	۲۰	۳.۷۱
فورتا	۴	۴.۱۵
فلزی	۳۰	۴.۲۱
فورتا	۶	۴.۴۶

مشاهده می شود که عملکرد الیاف فورتا در مقاومت کششی با میزان مصرف ۱/۹ نتایج تقریباً یکسانی با الیاف فلزی داده است.

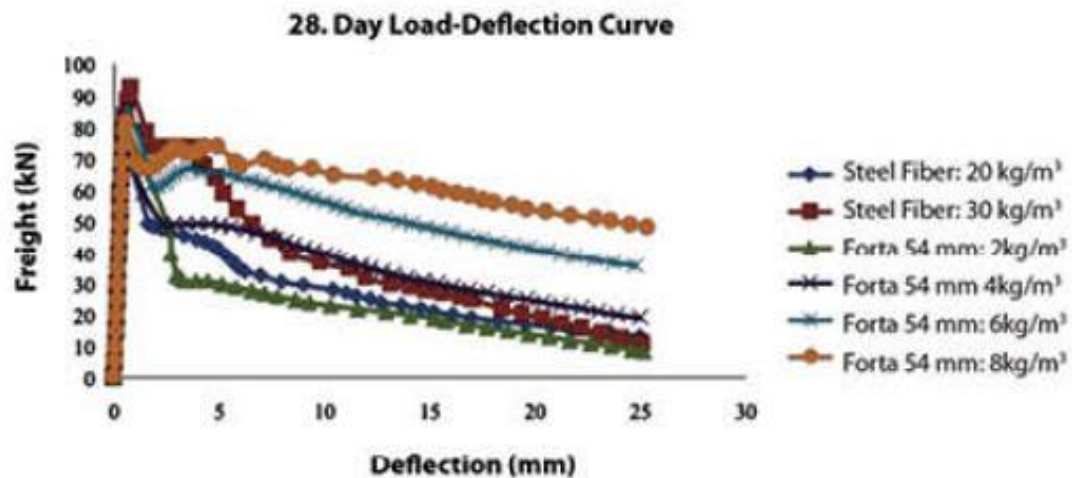
۴- قابلیت جذب انرژی

در جدول زیر میزان انرژی پذیری نمونه ها تا رسیدن به تغییر شکل 25mm نمایش داده شده است :

نوع الیاف	میزان مصرف الیاف (Kg/m ³)	جذب انرژی (J)
فورتا	۲	۶۰۰.۳
فلزی	۲۰	۶۸۶.۵
فورتا	۴	۸۹۶.۱
فلزی	۳۰	۹۳۱.۹
فورتا	۶	۱۲۹۰.۳
فورتا	۸	۱۵۵۴.۱

همانطور که در نتایج آزمایش ها مشخص می باشد بتن دارای الیاف فورتا با میزان مصرف

حدود $1/8$ الیاف فلزی، میزان جذب انرژی یکسانی خواهد داشت.



FORTA FERRO 4KG/M³

عملکرد فوق العاده بتن دارای الیاف فورتا نسبت به بتن دارای الیاف فلزی و بتن مسلح شده با آرماتور در اشکال زیر به خوبی نمایان می باشد.



STEEL MESH Q221



STEEL FIBER 30 KG/M³

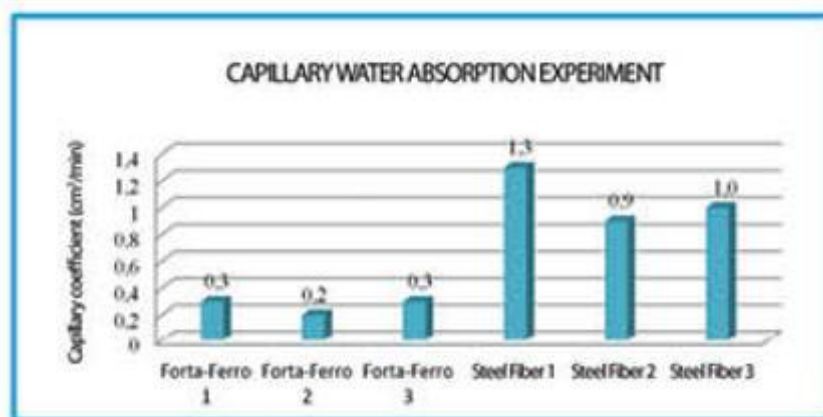
۵- جذب آب سطحی

این آزمایش بر طبق استاندارد TS 4045 صورت پذیرفت. قبل از انجام آزمایش نمونه ها به طور کامل خشک شدند به طوریکه با افزایش زمان تغییری در وزن آن ها ایجاد نمی شد. سپس نمونه ها در آب قرارداده شدند به طوریکه تنها ۵ میلیمتر از سطح آن ها در تماس با آب بود. سپس به مدت زمان یکسان هر سه نمونه در آب قرار گرفتند.



نتایج حاصل از این آزمایش به صورت زیر می باشد :

نوع الباف	میزان مصرف الیاف (Kg/m3)	شماره نمونه	ضریب جذب سطحی $\times 10^{-3}$ (cm ² /min)
فورتا	۳	۱	۰.۳
فورتا	۳	۲	۰.۲
فورتا	۳	۳	۰.۳
فلزی	۲۰	۱	۱.۳
فلزی	۲۰	۲	۰.۹
فلزی	۲۰	۳	۱.۰



۶- مقاومت پسماند (Residual Strength)

همچنین آزمایش ها نشان داده است که در میزان مقاومت پسماند (Residual Strength) هم مصرف ۸ تا ۱۱ برابر الیاف

فلزی نسبت به الیاف فورتا فرو نتایج مشابهی می دهد.



گزارش فنی فورتا درباره شاکریت با الیاف فورتا

Fiber-Reinforced Shotcrete



گزارش فنی فورتا درباره اجرای شاتکریت با الیاف فورتا

مقدمه

در سال ۱۹۷۸، شرکت فورتا (FORTA) مفهوم مسلح کردن سه بعدی بتن بوسیله الیاف های مصنوعی را به بازار ساخت و ساز در سراسر جهان معرفی نمود. یکی از برنامه های کاربردی موفق اولیه این شرکت استفاده از الیاف در طیف گسترده ای از پروژه های بتنی بوده است. خانواده فورتا که دارای الیاف مصنوعی استاندارد می باشد، توانسته است در طیف وسیعی از شاتکریت به روش خشک و تر گرفته تا پروژه های اجرای کف عرشه پل ها، خطوط کانال دریاچه ها و مخازن و همچنین سنگ های مصنوعی و پروژه های زیباسازی مثل آب نماها از الیاف بتن استفاده نماید. در این موارد، این الیاف استاندارد در میزان مصرف نسبتا پایین یعنی 0.9 Kg/m^3 (حدود 0.1٪ حجمی) به منظور کاهش ترک خوردگی های ناشی از حرارت و جمع شدگی، کاهش تردی و شکنندگی و افزایش سختی و دوام طولانی مدت بتن استفاده می شود.

در آن زمان فورتا به مطالعه و توسعه الیاف مصنوعی نسل دوم پرداخت و موفق شد عملکرد آن را بهبود داده و در نتیجه بر خواص ساختاری واقعی بتن تاثیر چشمگیری گذارد. در سال ۱۹۹۹، فورتا محصول جدیدی با نام الیاف FORTA FERRO معرفی نمود که یک الیاف مصنوعی سازه ای می باشد و همانطور که از اسمش پیداست "قوی مانند فولاد" می باشد. این الیاف نقش مهمی در بازار بتن با افزایش سختی و دوام ایفا کرده است و این در حالی می باشد که یک جایگزین مطمئن تر و آسان تر نسبت به مسلح کردن بتن با آرماتورهای رایج به روش سنتی را ارائه داده است.

مشکلات موجود با فولاد (آرماتور)

در نبود یک جایگزین بهتر، از فولاد در اشکال مختلف به عنوان عامل مسلح کننده در اجرای شاتکریت برای سال های متمادی است که استفاده می شود. اگرچه وجود مقداری آرماتور (مش) در بعضی موارد به دلایل مختلفی لازم می باشد، ولیکن بسیاری از آرماتورهای مورد استفاده از نظر طراحی در شاتکریت اضافی می باشند (مهندسان فورتا می توانند به طراحان پروژه و متخصصین در تعیین سطوح مناسب جهت جایگزینی آرماتور با الیاف فورتا کمک کنند). استفاده از آرماتور برای تقویت بتن شکل های مختلف مشکلات بسیاری را مربوط به اجرا در محل و جابجایی و کار گذاشتن آرماتور به وجود آورده است.

خوردگی آرماتورها یک نگرانی همیشگی است، و به طور طبیعی بر دوام طولانی مدت و کارایی استفاده از بتن تقویت شده با فولاد اثر می گذارد. این نگرانی به اندازه بیشتری در یک سری از کاربردهای شاتکریت که در یک محیط دریایی یا آبی و یا در محیط های شیرابه زیرزمینی اجرا می شوند، مهم تر می باشد.

آرماتور باید بریده، خم، تکه تکه و به بستر پروژه متصل گردد که بسیار دشوار است و نیروی انسانی و زمان زیادی می برد. جابجایی فولاد همچنین یک ریسک شایع برای آسیب رساندن به وجود می آورد و می تواند بسیار خطرناک باشد. نگرانی دیگر، اطمینان حاصل کردن از این است که آیا بتن حداقل پوشش برای محافظت از آرماتورها را در برابر شرایط محیطی

پروژه ایجاد می کند یا نه . افزایش هزینه ها و همچنین افزایش مشکلات در دسترس بودن فولاد در تمام اشکال منجر شده است که نگرانی هایی در مورد استفاده از آن در بسیاری از کاربردهای شاتکریت به وجود آید . کمبود این عملکرد فولاد برای شرکت فورتا به انگیزه ای تبدیل گردید تا به توسعه کیفیت الیاف مصنوعی خود بپردازد و از این رو، بتواند از آن به عنوان یک جایگزین مناسب آرماتورها استفاده نماید.

توسعه الیاف فورتا فرو

در طول توسعه الیاف مصنوعی سازه ای FORTA FERRO، شرکت فورتا از اصول چهارگانه (4-C) که به آن اشاره می شود، به عنوان پایه ای جهت بهبود هر کدام از ویژگی های مهم الیاف استفاده نمود. با به حداکثر رساندن هر یک از این مشخصه ها، الیاف فورتا قادر به بهبود سطح ماده ای جایگزین فولاد می باشد.

۱ - پیکر بندی و شکل Configuration

شکل الیاف یکی از اساسی ترین و مهمترین جنبه های هر نوع الیاف می باشد. الیاف های تک رشته ای که دارای قطر بسیار نازکی می باشند و به شکل دوارمانندی هستند، در بتن همانند الیاف های سنگین تر و بدشکل نامتقارنی ایجاد نمی کنند. از الیاف های تک رشته ای عادی نمی توان انتظار داشت که به عنوان یک جایگزین برای باربری و آرماتور سازه ای عمل کنند، اما می توانند منجر به کاهش ترک های ناشی از جمع شدگی و در موارد بتن ریزی از لبه ها و کناره های کار محافظت کنند. الیاف های با تارهای به شکل شبکه دارای مقاومت بسیار بیشتری می باشند و در نتیجه، توانایی خود را در جایگزینی آرماتورهای غیرسازه ای مانع مش بندی در انواع پروژه های شاتکریت ثابت کرده است. برای به حداکثر رساندن مقاومت در برابر خروج و رفتار پس از ایجاد ترک، الیاف بتن فورتا شامل ترکیبی از دو شکل مختلف می باشد: یک پیکربندی شبکه ای با تارهای نازک به همراه پیکربندی برجسته شده (تاییده شده درهم) در اندازه رشته های کلفت. این ترکیب منحصر به فرد سبب می شود که الیاف فورتا توانایی کنترل ترک خوردگی های حرارتی را داشته باشد و همچنین بر خواص ساختاری بتن تاثیر مثبت بگذارد.

۲ - شیمی Chemistry

اگر از الیاف انتظار داشته باشیم که در محیط های تهاجمی قلیایی بتن مقاوم باشد، آنگاه مواد شیمیایی تشکیل دهنده الیاف بسیار مهم و حائز اهمیت می باشند. قسمت شبکه ای الیاف فورتا تشکیل شده از ۱۰۰٪ پلی پروپیلن خالص که در برابر حمله قلیایی و مواد شیمیایی مقاوم است. قسمت رشته ای کلفت الیاف فورتا از یک ترکیب اختصاصی یعنی از دو مونومر مصنوعی تشکیل شده است، و در نتیجه سبب می شود کوپلمری با وزن مخصوص و مدول بالا تشکیل شود. این کوپلیمر نیز در برابر مواد شیمیایی و حمله قلیایی مقاوم می باشد، و یک الیاف بسیار قوی ایجاد می کند که منجر می شود دوام و طول عمر بتن افزایش یابد.

۳- محتویات Contents

در طول پژوهش های صورت گرفته درباره الیاف فورتا آشکار شد که الیاف های مصنوعی اسلفدارد از قبیل رشته های نازک و یا حتی الیاف های شبکه ای، از مقدار بسیار بالایی از سطح در هر پوند (واحد وزن) تشکیل شده است. مقدار استاندارد مصرف برای این الیاف به طور کلی 0.6 Kg/m^3 برای رشته های نازک در هم تابیده شده و 0.9 Kg/m^3 برای قسمت شبکه ای مانند با سطوح دوز بالا در محدوده 1.8 Kg/m^3 می باشد. ترکیب منحصر به فرد از اشکال الیاف که رده و سطح الیاف بتن فورتا را تشکیل می دهند، به حداقل رساندن پرکنندگی در سطح کمک شایانی می کنند و اجازه می دهد تا میزان مصرف بدون اثرگذاری بر شکل ترکیب، افزایش یابد. تا به امروز، میزان مصرف الیاف فورتا در موارد مختلف استفاده از شاتکریت در محدوده $1.8-18 \text{ Kg/m}^3$ با توجه به نیازهای پروژه بوده است.

۴- طول صحیح Correct Length

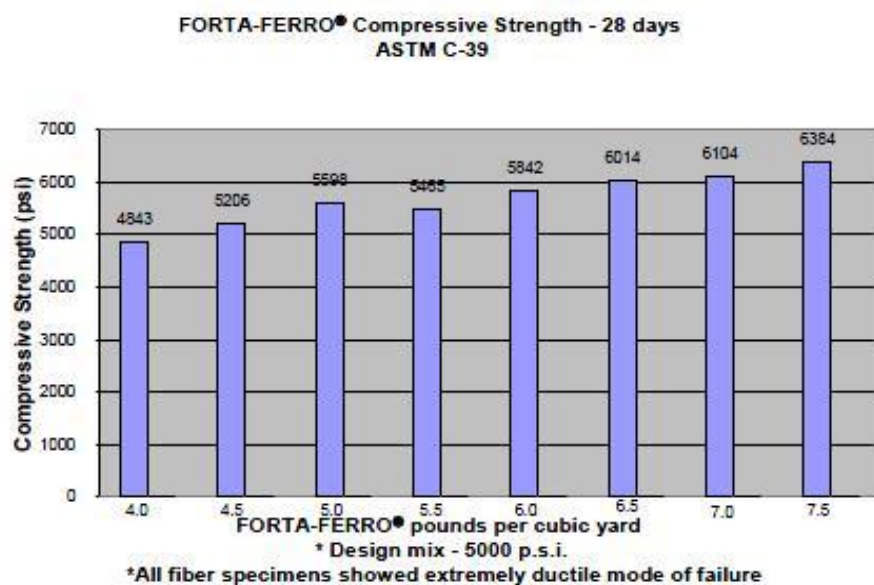
با هر رشته الیاف، طول باند بحرانی - که حداکثر طول الیاف در هر دو طرف از یک ترک بالقوه است- برای عملکرد بلند مدت بسیار حائز اهمیت می باشد. بدیهی است که الیاف های طویل تر بهتر می توانند نسبت به الیاف کوتاه که تسلط خود را زود از دست می دهند، به درون بافتنه و قفل شوند. طول 2.14 اینچی (54 میلی متری) الیاف بتن فورتا سبب می شود که طول باند بحرانی الیاف حداکثر شود که از اینرو، اجازه می دهد تا استحکام موجود و یا عملکرد پس از ایجاد ترک به بالاترین سطح خود برسند.

آزمایش های انجام شده با الیاف فورتا

از زمان آغاز به کار خود، الیاف فورتا با دقت در طیف گسترده ای از نمونه های آزمایشگاهی و همچنین آزمایش های میدانی در محل اجرای پروژه ها آزمایش شده است. الیاف فورتا به طور مداوم مزایای چشمگیری در زمینه های شکل پذیری، مقاومت در برابر ضربه، جمع شدگی و مقاومت پسماند و همچنین کاهش پرت مصالح در شاتکریت از خود نشان داده است.

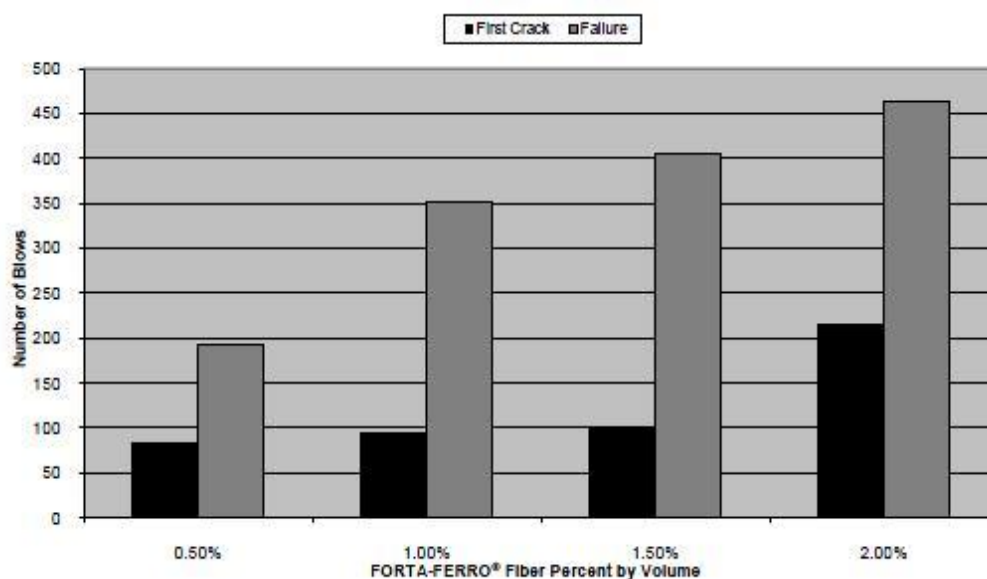
مقاومت فشاری

الیاف فورتا در مقاومت فشاری با استفاده از استوانه $15*30\text{cm}$ (طبق ASTM C39) در مقادیر مختلفی از میزان مصرف مورد آزمایش قرار گرفت. در سطح دوز $0.25-0.5\%$ حجمی یا $2.4-4.5 \text{ Kg/m}^3$ یک افزایش مشخص در عملکرد مقاومت فشاری وجود دارد. از همه مهمتر، حالت شکست در تمام مقادیر مصرف الیاف به جای یک شکست معمولی شکننده و ناگهانی، بسیار نرم و انعطاف پذیر گزارش شده است. این مزیت انعطاف پذیری افزایش یافته و حالت شکست منحصر به فرد، یکی از ویژگی های بسیار ارزشمند برای سازندگان و طراحان پروژه های شاتکریت محسوب می شود.



مقاومت در برابر ضربه

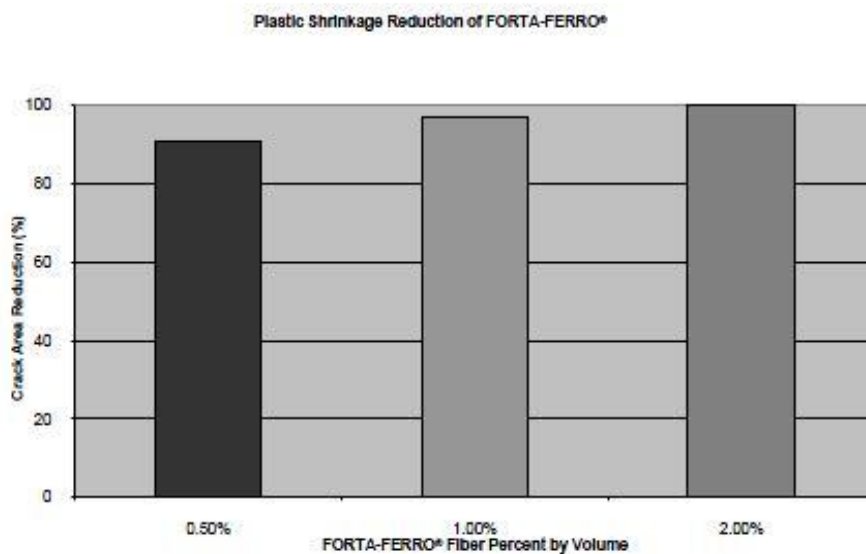
الیاف فورتا در آزمایش ضربه انجام شده بر طبق ACI 544، بهبود قابل ملاحظه ای نیز در آزمایش مقاومت در برابر ضربه نشان داده است. چشمگیر ترین آن، توانایی الیاف در حفظ یکپارچگی نمونه ها حتی پس از ایجاد اولین ترک می باشد. مقاومت در برابر ضربه می تواند یک نقش با ارزش در انواع مختلف موارد کاربرد شاتکریت محسوب شود.



جمع شدگی

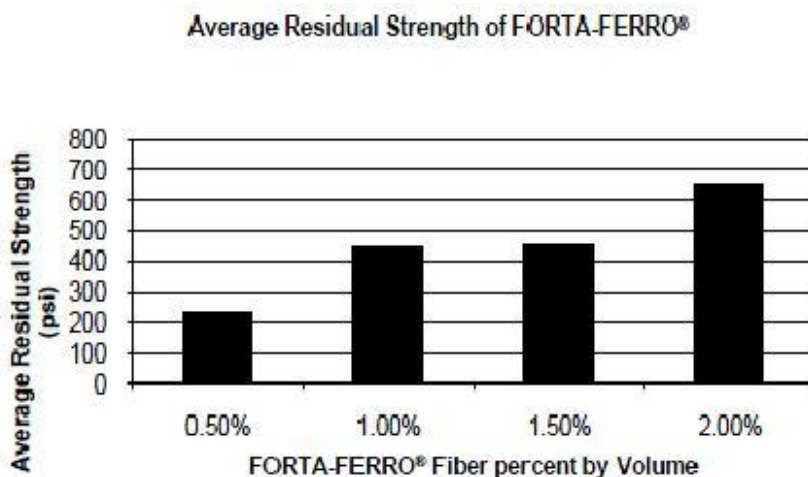
ترکیب منحصر به فرد الیاف فورتا که متشکل از رشته های نازک در هم تابیده شده و تارهای نازک شبکه ای مانند می باشد، به آن اجازه می دهد که عملکرد سازه ای بهتری داشته باشد و همچنین ترک خوردگی ناشی از جمع شدگی را کاهش دهد. مسلح کردن به روش های سنتی با فولاد همانند مش بندی، میلگرد یا لیاف فولادی هیچ توانایی برای کنترل ترک خوردگی مربوط به جمع شدگی را ندارند و معمولاً تنها پس از ترک خوردن بتن موثر واقع می شوند. در آزمایش با میزان مصرف

4.5 Kg/m³ الیاف فورتا نشان داد که می تواند در ناحیه ترک های ناشی از جمع شدگی پلاستیک ۹۲٪ کاهش اعمال کند، و حتی در مقدار مصرف 18 Kg/m³ (2٪ حجمی) این مقدار به ۱۰۰٪ نزدیک می رسد.



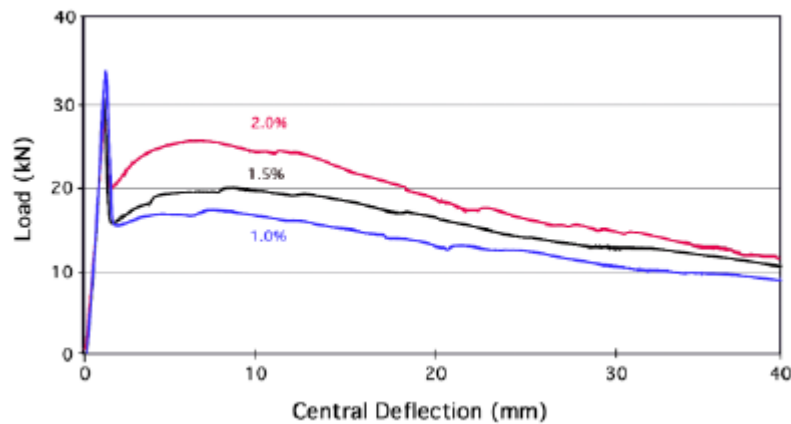
مقاومت پس ماند

مقاومت پس ماند در واقع مقدار بار در واحد p.s.i. است که می تواند توسط الیاف پس از ترک خوردن بتن تحمل شود. توانایی الیاف برای محکم بهم چسباندن ترک ها یکی از ویژگی های لازم در طیف گسترده ای از کاربردهای شاتکریت مانند تثبیت شیب ها یا تونل ها می باشد. در حالی که الیاف های مصنوعی استاندارد ممکن است دارای مقاومت پس ماند 0.175-0.525 MPa باشند، الیاف فورتا دارای مقاومت پس ماند 1.75-4.2 MPa در دوزهای بالاتر می باشد. در آینده، روش آزمایش ASTM C1399 همچنین ممکن است به عنوان یک روش آزمون پایه به منظور مقایسه رفتار بتن با الیاف های مختلف پس از ایجاد ترک مورد استفاده قرار گیرد.



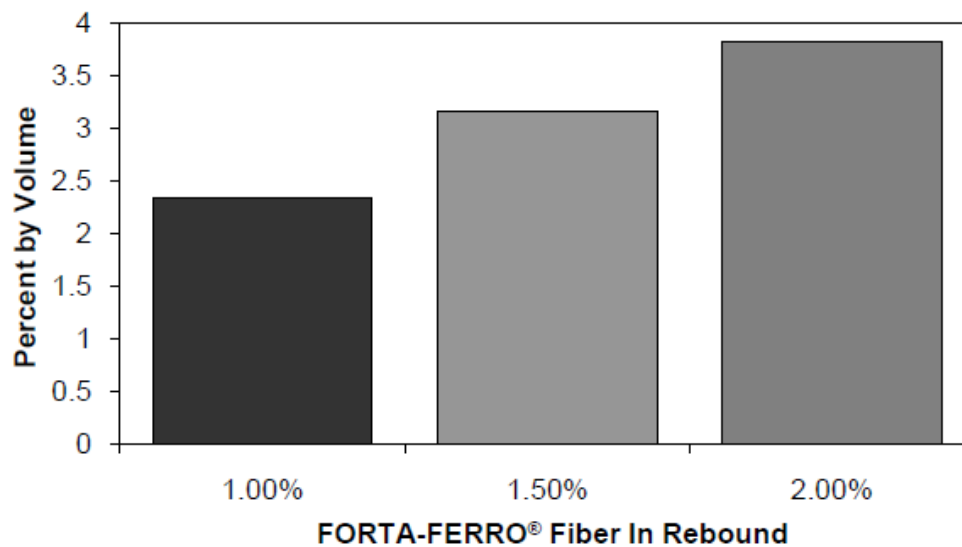
رفتار پس از ترک خوردگی

توانایی الیاف فورتا در اثرگذاری بر رفتار پس از ترک خوردگی از آزمایش بارگذاری در این روش کاملاً آشکار و مشهود است. همزمان با افزایش مقدار مصرف این الیاف های بلند و کلفت، توانایی حفظ بار افزایش یافته حتی پس از ترک اولیه نیز افزایش می یابد و عملکرد مستحکمی برای طیف گسترده ای از کاربردهای پروژه های شاتکریت ارائه می دهد.



میزان پاشش و پرت مصالح در شاتکریت

با توجه به سرعت زیاد پاشش مصالح شاتکریت، برگشت و پاشیده شدن بتن از سطح اجراشده ی ک اتفاق طبیعی است و بخ میزان پرت مصالح در این روش می افزاید . در این آزمون، الیاف سه بعدی مسلح کننده فورتا همانند یک عامل چسبنده و منسجم عمل می کند و سبب می شود در مقدار پرت مصالح در اجرای شاتکریت کاهش قابل توجهی ایجاد شود.



مقایسه الیاف فورتا با الیاف های فولادی

یکی از انگیزه ها در توسعه الیاف فورتا، ایجاد یک جایگزین مناسب برای الیاف فولادی بود که بطور مکرر در شاتکریت استفاده می شود. علاوه بر نگرانی در مورد خوردگی و افزایش هزینه ها، الیاف فولادی را می توان در شرایط متفاوت و در میزان مصرف بالا ($30-72 \text{ Kg/m}^3$) مورد استفاده قرار داد. تولیدکنندگان بتن آماده اغلب با مشکلاتی در افزودن الیاف های فولادی مواجه می شوند، حتی اگر در مخلوط بتن پخش شدگی یکنواختی داشته باشند و دچار مشکل گلوله ای شدن در بتن نشوند، باید تحت نظر باشد تا از حد مجاز بار تراک میکسر تجاوز نکند چراکه در هر تراک میکسر 7.5 مترمکعبی حدود 220 تا 250 کیلوگرم الیاف ممکن است اضافه شود. علاوه بر این، الیاف فولادی به طور معمول اثر بسیار کمی بر کاهش ترک خوردگی ناشی از جمع شدگی پلاستیک – یعنی قسمتی که در آن الیاف فورتا می درخشند – دارند.

در نتیجه، شرکت فورتا آزمایش های مقایسه ای بسیاری را در انواع مختلف و برندهای شناخته شده از الیاف فولادی به منظور بررسی تفاوت آنها با توجه به مقدار مصرف و همچنین مقایسه سطح عملکرد در سطوح مختلفی انجام داده است. در این آزمایش ها از نسبت ترکیب شاتکریت یکسانی به جز در نوع الیاف ها و مقدار مصرف آن ها استفاده شده است و تمام نمونه بتن های تقویت شده با الیاف ها، در شرایط یکسان ساخته، نمونه گیری، تراکم و عمل آوری شده اند. آزمایش ها برای هر الیاف در مقدار مصرف 0.3 و 0.4 درصد حجمی بتن در موارد مقاومت فشاری (ASTM C-39)، مقاومت خمشی (ASTM C-1018)، مقاومت در برابر ضربه (طبق ACI 544) و مقاومت پسماند (ASTM C-1399) انجام شده اند.

نتایج دقیق تر و با جزئیات آزمایش های مقایسه ای انجام شده با الیاف فورتا در مقایسه با هر یک از سه نوع الیاف فولادی دیگر، با تماس با شرکت فورتا در دسترس شما قرار خواهد گرفت.

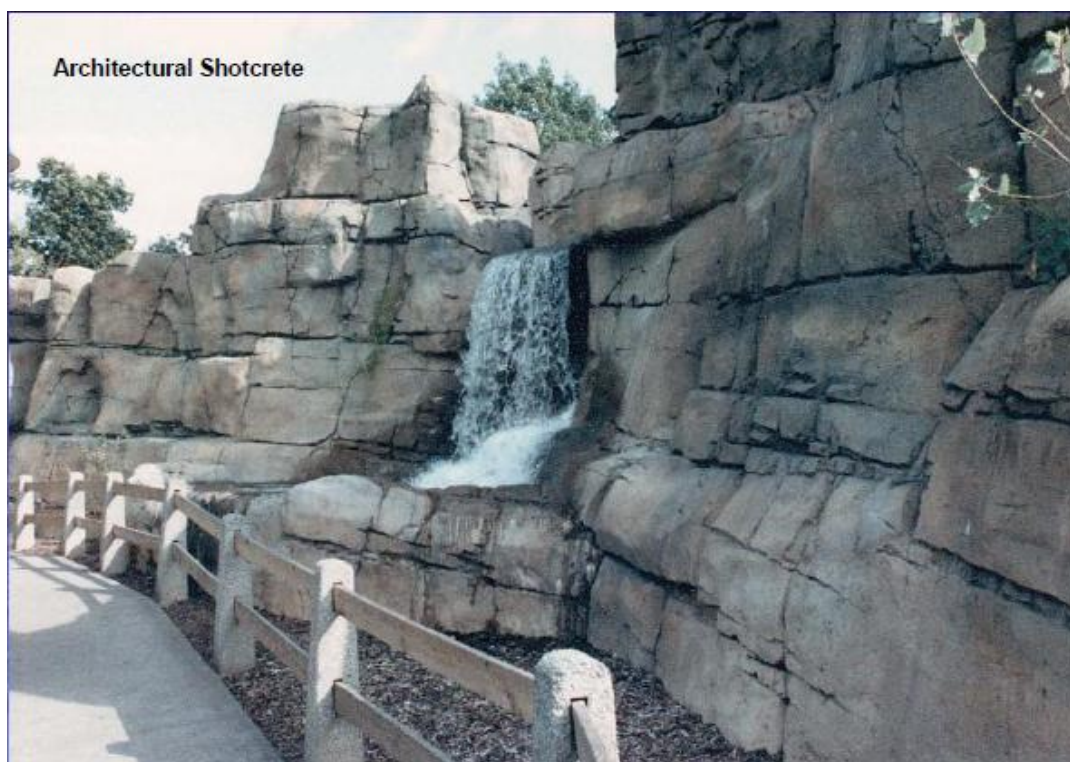
به طور کلی الیاف فورتا در کلیه آزمایش های انجام شده نتایج بسیار خوبی را نشان داده است. و این در حالی است که با مقدار حدود $1/10$ (یک دهم) الیاف فلزی مصرف شده بود. (یعنی 0.3% حجمی بتن که برابر است با 2.4 Kg/m^3 از الیاف فورتا و 24 Kg/m^3 از الیاف فلزی و 0.4% حجمی بتن که برابر با 3.6 Kg/m^3 الیاف فورتا و 30 Kg/m^3 الیاف فلزی می شود). نقطه بارز این آزمایش ها، نتایج آزمایش مقاومت در برابر ضربه و مقاومت پسماند می باشد که در آن الیاف فورتا نتایج چشمگیری را حتی در دوزهای پایین تری در پی داشته است. به عنوان مثال، در یک مورد نمونه الیاف فورتا با مقدار 2.4 Kg/m^3 بیش از 300 ضربه تا شکست نهایی را به ثبت رسانیده است؛ در حالی که همتای آن الیاف فولادی با مقدار مصرف 24 Kg/m^3 حدود 175 ضربه قبل از شکست نهایی تحمل کرد.

با مقدار مصرف 3.6 Kg/m^3 از الیاف فورتا حدود 425 ضربه را ثبت کرد در حالیکه این مقدار برای الیاف فولادی با مقدار مصرف 30 Kg/m^3 حدود 225 ضربه بود. در آزمایش مقاومت پسماند به منظور مشخص کردن مقدار تحمل بارپذیری الیاف پس از ایجاد اولین ترک، نتایج نشان می دهد که الیاف فولادی باید 8 تا 11 برابر بیشتر از الیاف فورتا برای رسیدن به عملکرد برابر در آزمایش مقاومت پسماند مصرف شود. این آزمایش های مقایسه ای، توانایی عملکرد فورتا را در پروژه ها

و خواص حائز اهمیت بتن در شاتکریت تأیید نموده است. در حالی که مزایای ارزشمندی نیز در زمینه کاهش هزینه ها و همچنین مصرف راحت تر و بدون دردسر نسبت به دیگر محصولات دارا می باشد.

نمونه هایی از کاربرد الیاف فورتا در شاتکریت

این الیاف در طیف گسترده ای از پروژه های بتنی به عنوان یک عامل تقویت کننده با ارزش و باکیفیت که بسیار راحت و ساده در اضافه کردن، مخلوط شدن و پاشش می باشد، استفاده شده و می شود. از ساخت سنگ های مصنوعی و آب نماها که روی زمین ساخته می شوند تا تونل های زیرزمینی همگی از خاصیت بسیار جالب این الیاف در مقاوم بودن در برابر خوردگی و جذب آب استفاده می برند. فورتا با موفقیت در اجرای هزاران متر مکعب شاتکریت تر به ویژه در پروژه های تونل های زیرزمینی استفاده شده است.



۱- دوزهای بالای الیاف پلی پروپیلن در پروژه های شاتکریت برای سالهای زیادی استفاده شده است، که اولین استفاده از آن به سال ۱۹۶۸ برای استحکام دیوار رودخانه تیمز در انگلستان بر می گردد. پس از آن، در سال ۱۹۸۸، مقدار 6 Kg/m^3 از الیاف پلی پروپیلن بر روی دیواره تونل روی سد رودخانه اولدمن در جنوب آلبرتا، کانادا مورد استفاده قرار گرفت. در این مورد، 4.6 Kg/m^3 الیاف پلی پروپیلن ساخت فورتا به عنوان جایگزینی با نحوه مصرف راحتتر به جای مصرف 70 Kg/m^3 الیاف فلزی که در ابتدای کار مصرف می شد، مورد استفاده قرار گرفت. الیاف مصنوعی فورتا سبب می شود که هرگونه ریسک ناشی از آسیب دیدن از طرف پاشش بتن و برگشت و انعکاس آن کاهش یابد و به راحتی به مخلوط اضافه می گردد و در تراک میکسرها به خوبی مخلوط شده و عمل شات آن بسیار آسان می باشد. مجموعاً 7.5 سانتی متر ضخامت لایه شاتکریت روی دیوار درونی نعل اسبی شکل تونل اجرا شد که حدود 9 متر قطر و 1500 متر طول داشت.



۲- پروژه های شاتکریت تونل های زیرزمینی بعدی به بزرگترین منبع موارد استفاده از الیاف فورتا برای شهرداری ها، خطوط ریلی (راه آهن و مترو و ...) و شرکت های زیرساختی شده است. ویژگی عدم جذب و عدم خوردگی این الیاف در پروژه های زیرزمینی هم در ایالات متحده و هم دنیا بسیار با ارزش و مورد توجه است. بیش از ۱۲۰۰ کیلوگرم از الیاف فورتا در یک پروژه احداث تونل در سال ۲۰۰۵ در ردوود سیتی، کالیفرنیا مورد استفاده قرار گرفت. این الیاف با توجه به سابقه اثبات شده خود در مخلوط شدن همگن و توزیع سریع و یکنواخت به جای الیاف های رایج و متعدد دیگر مورد استفاده قرار گرفت. فورتا همچنین در پوشش تونل یک پروژه مشابه در ناوار اسپانیا مورد استفاده قرار گرفت که مستلزم بیش از ۳۰۰۰ متر مکعب بتن الیافی بود. الیاف با مقدار مصرف 4.5 Kg/m^3 برای کنترل ترک خوردگی های ناشی از جمع شدگی و بهبود خواص سختی و انرژی پذیری بتن مورد استفاده قرار گرفت.



California



Navarre, Spain

۳- فورتا همچنین در پروژه های شاتکریت بسیار کوچکتر با توجه به همان ویژگی سهولت استفاده و مزایای عملکردی، حتی در مقیاس های کوچکتری استفاده می شود. به عنوان مثال شاتکریت کف و دیواره استخر شنا که در ماه ژوئن سال ۲۰۰۱ در بخش "بروک والی" واقع بود. الیاف فورتا با مقدار 6 Kg/m^3 مورد استفاده قرار گرفت و با هیچ گونه مشکلی در اختلاط و یا گوله شدن مواجه نشد و همچنین هیچ مشکلی را در سطح استخر به وجود نیاورد.



۴- یکی دیگر از موارد کوچک اما بسیار قابل توجه از کاربردهای شاتکریت با الیاف فورتا، برای سنگ ها و صخره های مصنوعی می باشد که امروزه در سراسر دنیا بسیار محبوب شده اند. یک فروشنده ماشین های شورلت در جکسون ویل، واقع در فلوریدا، از سنگ های مصنوعی برای تزئین و زیباسازی نمایشگاه خود استفاده نمود. بدین منظور، از یک ترکیب ویژه شامل $1.8-2.4 \text{ Kg/m}^3$ الیاف فورتا همراه با یک بافت و رنگ آمیزی منحصر به فرد برای ایجاد یک ساختار بتنی سنگی بسیار قوی و در عین حال واقعی مورد استفاده قرار گرفت. الیاف مصنوعی سه بعدی مسلح کننده فورتا این امکان را می دهد تا طیف وسیع تری از فرم پذیری، شکل و خلاقیت نسبت به فولاد معمولی به وجود آید.



مزیت های کلی الیاف بتن فورتا

الیاف مصنوعی فورتا دارای طیف وسیعی از مزیت های اقتصادی، عملکردی و ایمنی مربوطه برای صنعت شاتکریت در سراسر جهان می باشد. مزایای این الیاف برای بتن عبارتند از :

- ✓ کاهش ترک ها
- ✓ افزایش شکل پذیری
- ✓ افزایش مقاومت در برابر ضربه
- ✓ افزایش سختی و انرژی پذیری
- ✓ حذف کامل آرماتورهای حرارتی
- ✓ کاهش نیروی انسانی و افزایش سرعت اجرا
- ✓ کاهش هزینه های اجرایی و تعمیر و نگهداری

با ظهور نسل بعدی الیاف مصنوعی فورتا، به وجود آوردن شرایطی جهت کاهش سطح مقطع و سطح جایگزینی بسیار بالاتر از فولاد معمولی امکان پذیر است. تیم مهندسی و فنی FORTA برای کمک به متخصصین، خریداران و مسئولین مربوطه در انجام محاسبات پروژه ها جهت جایگزینی الیاف فورتا به عنوان عامل مسلح کننده در شاتکریت جایگزین آرماتور و مش بندی و دیگر محصولات مشابه، آماده خدمت رسانی هستند.

گزارش فنی فورتا درباره قطعات پیش ساخته بتنی
تقویت شده با الیاف فورتا - پانل ها



STEEL-FREE WALL SYSTEMS



گزارش فنی فورتا درباره قطعات معماری پیش ساخته با الیاف فورتا

مقدمه

در سال ۱۹۷۸، شرکت فورتا امریکا (FORTA) مفهوم مسلح کردن سه بعدی بتن بوسیله الیاف های مصنوعی را به بازار ساخت و ساز در سراسر جهان معرفی نمود. یکی از کاربردهای اولیه اساسی در یک طیف وسیع محصولات پیش ساخته بودند مانند قطعات پیش ساخته معماری، مخازن، قطعات تزئینی. خانواده فورتا که دارای الیاف مصنوعی استاندارد می باشد، توانسته است در طیف وسیعی از کاربردهای بتن های پیش ساخته یک جایگزین مناسب برای آرماتورهای حرارتی ایجاد کند که از نظر نیروی انسانی و زمان اجرا بسیار باصرفه می باشد.

در آن زمان فورتا به مطالعه و توسعه الیاف مصنوعی نسل دوم پرداخت و موفق شد عملکرد آن را بهبود داده و در نتیجه بر خواص ساختاری واقعی بتن تاثیرچشمگیری گذارد. در سال ۱۹۹۹، فورتا محصول جدیدی با نام الیاف FORTA FERRO معرفی نمود که یک الیاف مصنوعی سازه ای می باشد و همانطور که از اسمش پیداست "قوی مانند فولاد" می باشد. این الیاف نقش مهمی در تغییرات اخیر و توسعه آزمایش ها و کارکرد در زمینه قطعات پیش ساخته ایفا کرده است و به تولیدکنندگان این اجازه را داده که بتوانند محصولاتی بدون استفاده از فولاد و با صرفه هزینه ای بسیار زیاد تولید کنند.

مشکلات موجود با فولاد (آرماتور)

در نبود یک جایگزین بهتر، از فولاد در اشکال مختلف به عنوان عامل مسلح کننده در تولید قطعات پیش ساخته برای سال های متمادی است که استفاده می شود. استفاده از آرماتور برای تقویت بتن شکل های مختلف مشکلات بسیاری را مربوط به اجرا در محل و جابجایی و کار گذاشتن آرماتور به وجود آورده است.

خوردگی آرماتورها یک نگرانی همیشگی است، و به طور طبیعی بر دوام طولانی مدت و کارایی استفاده از بتن تقویت شده با فولاد اثر می گذارد. بر طبق راهنمای انجمن ملی بتن پیش ساخته امریکا (N.P.C.A) قبل از کار با محصولات فولادی از عدم زنگ زدگی و تمیز و بدون گرد و خاک بودن فولاد بایداطمینان به عمل آورد. این کار در بعضی موارد عملی نمی باشد. مسلح کردن بتن با فولاد هیچ مزیتی در افزایش مقاومت در برابر ضربه ندارد و تازه هنگامی وارد عمل می شود که ترک ایجاد شده است.

آرماتور باید بریده، خم، تکه تکه و به بستر پروژه متصل گردد که بسیار دشوار است و نیروی انسانی و زمان زیادی می برد. جابجایی فولاد همچنین یک ریسک شایع برای آسیب رساندن به وجود می آورد و می تواند بسیار خطرناک باشد. تلورانس مجاز برای جایگذاری آرماتور بر طبق ACI 318، ± 0.25 اینچ می باشد و حداقل پوشش بتن (cover) روی فولاد بر طبق استاندارد ASTM C-1227 مقدار ۱ اینچ پیشنهاد شده است. بنابراین برای رسیدن به این الزامات باید از وسایل و تجهیزات بیشتری در هنگام بتن ریزی اس تفاده کرد تا جابجایی در مکان اولیه آرماتورها ایجاد نشود. وجود این مشکلات فولاد برای شرکت فورتا به انگیزه ای تبدیل گردید تا به توسعه کیفیت الیاف مصنوعی خود بپردازد و از این رو، بتواند از آن به عنوان یک جایگزین مناسب آرماتورها استفاده نماید.

توسعه الیاف فورتافرو

در طول توسعه الیاف مصنوعی سازه ای FORTA FERRO، شرکت فورتا از اصول چهارگانه (4-C) که به آن اشاره می شود، به عنوان پایه ای جهت بهبود هر کدام از ویژگی های مهم الیاف استفاده نمود. با به حداکثر رساندن هر یک از این مشخصه ها، الیاف فورتا قادر به بهبود سطح ماده ای جایگزین فولاد می باشد.

۱- پیکر بندی و شکل Configuration

شکل الیاف یکی از اساسی ترین و مهمترین جنبه ها یهر نوع الیاف می باشد. الیاف های تک رشته ای که دارای قطر بسیار نازکی می باشند و به شکل دوارمانندی هستند، در بتن همانند الیاف های سنگین تر و بدشکل نامتقارنی ایجاد نمی کنند. از الیاف های تک رشته ای عادی نمی توان انتظار داشت که به عنوان یک جایگزین برای باربری و آرماتور سازه ای عمل کنند، اما می توانند منجر به کاهش ترک های ناشی از جمع شدگی و در موارد بتن ریزی از لبه ها و کناره های کار محافظت کنند. الیاف های با تارهای به شکل شبکه دارای مقاومت بسیار بیشتری می باشند و در نتیجه، توانایی خود را در جایگزینی آرماتورهای غیرسازه ای مانع مش بندی در انواع محصولات پیش ساخته ثابت کرده است. برای به حداکثر رساندن مقاومت در برابر خروج و رفتار پس از ایجاد ترک، الیاف بتن فورتا شامل ترکیبی از دو شکل مختلف می باشد: یک پیکربندی شبکه ای با تارهای نازک به همراه پیکربندی برجسته شده (تاییده شده درهم) در اندازه رشته های کلفت. این ترکیب منحصر به فرد سبب می شود که الیاف فورتا توانایی کنترل ترک خوردگی های حرارتی را داشته باشد و همچنین بر خواص ساختاری بتن تاثیر مثبت بگذارد.

۲- شیمی Chemistry

اگر از الیاف انتظار داشته باشیم که در محیط های تهاجمی قلیایی بتن مقاوم باشد، آنگاه مواد شیمیایی تشکیل دهنده الیاف بسیار مهم و حائز اهمیت می باشند. قسمت شبکه ای الیاف فورتا تشکیل شده از ۱۰۰٪ پلی پروپیلن خالص که در برابر حمله قلیایی و مواد شیمیایی مقاوم است. قسمت رشته ای کلفت الیاف فورتا از یک ترکیب اختصاصی یعنی از دو مونومر مصنوعی تشکیل شده است، و در نتیجه سبب می شود کوپلیمری با وزن مخصوص و مدول بالا تشکیل شود. این کوپلیمر نیز در برابر مواد شیمیایی و حمله قلیایی مقاوم می باشد، و یک الیاف بسیار قوی ایجاد می کند که منجر می شود دوام و طول عمر بتن افزایش یابد.

۳- محتویات Contents

در طول پژوهش های صورت گرفته درباره الیاف فورتا آشکار شد که الیاف های مصنوعی استاندارد از قبیل رشته های نازک و یا حتی الیاف های شبکه ای، از مقدار بسیار بالایی از سطح در هر پوند (واحد وزن) تشکیل شده است. مقدار استاندارد مصرف برای این الیاف به طور کلی 0.6 Kg/m^3 برای رشته های نازک در هم تاییده شده و 0.9 Kg/m^3 برای قسمت شبکه ای مانند با سطوح دوز بالا در محدوده 1.8 Kg/m^3 می باشد. ترکیب منحصر به فرد از اشکال الیاف که رده و سطح الیاف بتن فورتا را تشکیل می دهند، به حداقل رساندن پراکنندگی در سطح کمک شایانی می کنند و اجازه می دهد تا میزان مصرف بدون اثرگذاری بر شکل ترکیب، افزایش یابد. تا به امروز، میزان

مصرف الیاف فورتا در موارد مختلف محصولات پیش ساخته در محدوده $2-4.5 \text{ Kg/m}^3$ با توجه به نیازهای پروژه بوده است.

۴- طول صحیح Correct Length

با هر رشته الیاف، طول باند بحرانی - که حداکثر طول الیاف در هر دو طرف از یک ترک بالقوه است- برای عملکرد بلند مدت بسیار حائز اهمیت می باشد. بدیهی است که الیاف های طویل تر بهتر می توانند نسبت به الیاف کوتاه که تسلط خود را زود از دست می دهند، به درون بافتنه و قفل شوند. طول ۲.۱۴ اینچی (54 میلی متری) الیاف بتن فورتا سبب می شود که طول باند بحرانی الیاف حداکثر شود که از اینرو، اجازه می دهد تا استحکام موجود و یا عملکرد پس از ایجاد ترک به بالاترین سطح خود برسند.

آزمایش FORTA

از زمان آغاز به کار خود، الیاف فورتا با دقت در طیف گسترده ای از نمونه های آزمایشگاهی و همچنین آزمایش های میدانی در محل اجرای پروژه ها آزمایش شده است. الیاف فورتا به طور مداوم مزایای چشمگیری در زمینه های شکل پذیری، مقاومت در برابر ضربه، جمع شدگی و مقاومت پسماند از خود نشان داده است.

مقاومت فشاری

الیاف فورتا در مقاومت فشاری با استفاده از استوانه $15*30\text{cm}$ (طبق ASTM C39) در مقادیر مختلفی از میزان مصرف مورد آزمایش قرار گرفت. در سطح دوز ۰.۲۵-۰.۵۰٪ حجمی یا $2.4-4.5 \text{ Kg/m}^3$ یک افزایش مشخص در عملکرد مقاومت فشاری وجود دارد. از همه مهمتر، حالت شکست در تمام مقادیر مصرف الیاف به جای یک شکست معمولی شکننده و ناگهانی، بسیار نرم و انعطاف پذیر گزارش شده است. این مزیت انعطاف پذیری افزایش یافته و حالت شکست منحصر به فرد، یکی از ویژگی های بسیار ارزشمند برای سازندگان و طراحان قطعات پیش ساخته محسوب می شود.

ضربه

الیاف فورتا در آزمایش ضربه انجام شده بر طبق ACI 544، بهبود قابل ملاحظه ای نیز در آزمایش مقاومت در برابر ضربه نشان داده است. چشمگیر ترین آن، توانایی الیاف در حفظ یکپارچگی نمونه ها حتی پس از ایجاد اولین ترک می باشد. مقاومت در برابر ضربه می تواند یک نقش با ارزش در استفاده، جایجایی و حمل و نصب قطعات پیش ساخته محسوب شود.

جمع شدگی

ترکیب منحصر به فرد الیاف فورتا که متشکل از رشته های نازک در هم تابیده شده و تارهای نازک شبکه ای مانند می باشد، به آن اجازه می دهد که عملکرد سازه ای بهتری داشته باشد و همچنین ترک خوردگی ناشی از جمع شدگی را کاهش دهد. مسلح کردن به روش های سنتی با فولاد همانند مش بندی، میلگرد یا لیاف فولادی هیچ توانایی برای کنترل ترک خوردگی مربوط به جمع شدگی را ندارند و معمولاً تنها پس از ترک خوردن بتن موثر واقع می شوند. در آزمایش با میزان مصرف 4.5 Kg/m^3 الیاف فورتا نشان داد که می تواند در ناحیه ترک های ناشی از جمع شدگی پلاستیک ۹۲٪ کاهش اعمال کند، و حتی در مقدار مصرف 18 Kg/m^3 (۲٪ حجمی) این مقدار به ۱۰۰٪ نزدیک می رسد.

مقاومت پس ماند

مقاومت پس ماند در واقع مقدار بار در واحد p.s.i. است که می تواند توسط الیاف پس از ترک خوردن بتن تحمل شود. توانایی الیاف برای محکم بهم چسباندن ترک ها یکی از ویژگی های لازم در محصولات پیش ساخته می باشد. در حالی که الیاف های مصنوعی استاندارد ممکن است دارای مقاومت پس ماند $0.175\text{--}0.525 \text{ MPa}$ باشند، الیاف فورتا دارای مقاومت پس ماند $1.75\text{--}4.2 \text{ MPa}$ در دوزهای بالاتر می باشد. در آینده، روش آزمایش ASTM C1399 همچنین ممکن است به عنوان یک روش آزمون پایه به منظور مقایسه رفتار بتن با الیاف های مختلف پس از ایجاد ترک مورد استفاده قرار گیرد.

پیشینه / مقدمه

در بهار سال ۲۰۰۷، یک تولید کننده پانل های معماری به شرکت فورتا معرفی شد. این تولید کننده در آن زمان از ترکیبی از میلگرد و مش (با قطر کم) در پانل دیوارها و ستون ها استفاده می کرد. تولید کننده از عملکرد و نتیجه به دست آمده با فولاد ناراضی بود، و در نتیجه به دنبال یافتن جایگزینی مقرون به صرفه بود تا بتواند انتظارات را برآورد سازد.

با پژوهش های فورتا در مورد کاربرد دیوارهای غیربرابر مشخص گردید که تولید کننده های بسیاری به دنبال همین هدف می باشند. بسیاری از تولید کنندگان از نوعی ترکیب مش بندی و یا میلگرد به منظور تقویت پانل های دیوار، ستون ها و کف استفاده می نمایند.

با استفاده از روش گفته شده، فورتا به تجزیه و تحلیل طراحی موجود با فولاد در دیوار پیش ساخته پرداخت. این طرح مستلزم میلگرد #4 (قطر 13mm) در اطراف محیط دیوار، و علاوه بر این، سیم مش W4.0 x W4.0 با فواصل ۱۵ سانتی متری در مرکز پانل می باشد. محاسبات مهندسی نشان داد که مصرف 4.5 Kg/m^3 از الیاف فورتا علاوه بر آرماتور #3 (قطر 10mm)، همان ظرفیت تقویت شده ای که در طراحی اصلی فولادی به کار می رود را بدست آورده است.

بر اساس بحث های انجام شده با تولید کنندگان دیوار پیش ساخته در سراسر کشور امریکا، مشخص گردید که روش آزموری مبتنی بر عملکرد این الیاف برای تحقق نیازهای بسیاری از تولید کنندگان پانل های پیش ساخته مورد نیاز می باشد. بزرگترین مانع موجود، پیدا کردن یک روش برای تعیین ظرفیت مقاومت و پایداری دیوار در برابر بادهای بسیار شدید بود. در مناطق طوفان خیز کشور امریکا، ساختمان ها مستلزم ساختاری مقاوم در برابر نیروهای وارد شده توسط باد با سرعت بیش از ۲۴۰ کیلومتر در ساعت می باشند.

اهداف

با استفاده از این اطلاعات در دست، فورتا اقدامات زیر را انجام داد:

- ۱ - یافتن یک شرکت مهندسی که فن آوری الیاف مصنوعی در درک کرده باشد و بتواند خدمات مهندسی را به تولید کنندگان دیوار در سراسر کشور ارائه دهد.
- ۲ - توسعه یک روش آزمون برای اثبات ظرفیت سیستم های دیوار های تقویت شده با الیاف در برابر بادهای.
- ۳ - قرار دادن یک تولید کننده که نگرانی در مورد در هزینه ها، کیفیت و عملکرد محصول داشته باشد و که قادر باشد انواع پانل ها را برای تست فراهم سازد.
- ۴ - تعیین سطح مقدار مصرف که نه تنها ظرفیت مقاومت در برابر بار باد مورد نظر را داشته باشد، بلکه همچنین به تولید کننده اجازه می دهد تا یک جایگزین مطمئن و مقرون به صرفه به جای آرماتور رایج فراهم سازد.

روش آزمون

شرکت FORTA با مهندسين دلتا در بينگهامتون، نيويورک همکاري داشته است . مهندسين دلتا برای سالهای متمادی با محصولات بتن پیش ساخته تقویت شده با الیاف مصنوعی کار کرده اند و در ۴۰ ایالت از ۵۰ ایالت آمریکا گواهینامه کسب کرده است. روش آزموری که توسط مهندسان دلتا پیشبینی شد، بارهای باد را شبیه سازی می نماید. تجهیزات لازم برای تکمیل آزمایش شامل موارد زیر می باشد:

- فریم واکنش که انتهای هر پانل دیوار را شبیه به یک ستون پیشبینی و نگه می دارد؛
- پلت فرم پایدار برای اعمال بار استاتیک،
- پیستون هیدرولیکی جهت اعمال بار؛
- فشار سنج برای اندازه گیری بار اعمال شده؛
- شاخص مدرج برای اندازه گیری تغییر شکل؛
- فریم H شکل برای توزیع بار اعمال شده از سوی پیستون هیدرولیکی بر روی سطح پانل دیوار.



Reaction Frame



Stable Platform/H-Frame



Hydraulic Ram



Pressure Gauge



Dial Indicator

بهت اولیه در C&M Precast واقع در کرویل تگزاس صورت گرفت . پانل های مختلفی مورد آزمایش قرار گرفتند. برخی پانل ها دارای حداکثر ضخامت ۵ اینچ، در حالی که برخی دیگر دارای حداقل ضخامت ۴ اینچ بودند. برخی از پانل ها تنها با الیاف فورتا با مقدار مصرف 3.6kg/m^3 ، و برخی دیگر با میزان 3.6kg/m^3 همراه با آرماتور #4 (قطر 13mm) در کناره ها تقویت شده بودند؛ در حالیکه پانل دیگری با 3.6kg/m^3 به همراه یک (قطر 13mm=#4) و مش $W4.0 \times W4.0$ با فواصل ۱۵ سانتی متری در مرکز پانل تقویت شد. علاوه بر این، کل سیستم دیوار نیز پس از نصب مورد آزمایش قرار گرفت.

آزمایش به روش زیر انجام شد:

۱. پانل دیوار در فریم واکنش قرار گرفت.
۲. فریم H آویزان و در وسط پانل دیوار قرار گرفت.
۳. پیستون هیدرولیکی بین پلت فرم پایدار و مرکز فریم H جا داده شد.
۴. شاخص مدرج در صفر تنظیم شد و در مرکز پانل دیوار در طرف مقابل پیستون هیدرولیکی قرار گرفت.
۵. از طریق پیستون هیدرولیکی، نیرو با فشار ۲۰۰ psi اعمال گردید که توسط فشار سنج خوانده می شد.
۶. انحراف در هر 200 PSI افزایش اندازه گیری شد.
۷. نیروی اعمال شده به اندازه ای ادامه یافت تا اینکه پانل دیوار ترک خورد.



نتایج آزمایش

پنل شماره ۱- حاوی 3.6 kg/m^3 از الیاف فورتا و آرماتور قطر 13 mm در اطراف پانل این پانل پس از نصب مورد آزمایش قرار گرفت ولی تغییر شکل آن اندازه گیری نشد (390 km/h)

Panel #1			
Gauge (psi)	Force (lbs)	W (psf)	Deflect. (in)
1200	3046	113	**
1400	3553	132	**
1600	4061	150	**
1800	4569	169	**
2000	5076	188	**
2200	5584	207	**
2400	6091	226	**
2600	6599	244	**
2800	7107	263	**
3000	7614	282	**
3200	8122	301	**
3400	8629	320	**
3600	9137	338	**
3800	9645	357	**
4000	10152	376	**

پنل شماره ۲- حاوی 3.6 kg/m^3 از الیاف فورتا، الیاف با هیچ فولادی تقویت نشده بود و سطح سنگ با حداکثر ضخامت ۵ اینچ بود (370 km/h)

Panel #2			
Gauge (psi)	Force (lbs)	W (psf)	Deflect. (in)
1600	4061	150	0
1800	4569	169	0.01
2000	5076	188	0.024
2200	5584	207	0.039
2400	6091	226	0.055
2600	6599	244	0.078
2800	7107	263	0.086
3000	7614	282	0.098
3200	8122	301	0.11
3400	8629	320	0.138
3600	9137	338	Cracked

پنل شماره ۳- حاوی 3.6 kg/m^3 از الیاف فورتا، الیاف با هیچ فولادی تقویت نشده بود و با سفیدکاری با ضخامت حداکثر 4 اینچ پرداخت شده بود (340 km/h)

پنل شماره ۴			
Gauge (psi)	Force (lbs)	W (psf)	Deflect. (in)
1200	3046	113	0.008
1400	3553	132	0.044
1600	4061	150	0.068
1800	4569	169	0.086
2000	5076	188	0.108
2200	5584	207	0.13
2400	6091	226	0.155
2600	6599	244	0.173
2800	7107	263	0.195
3000	7614	282	ایجاد ترک

پنل شماره ۴ - حاوی 3.6 kg/m^3 از الیاف فورتا به همراه مش بندی در مرکز پانل با فواصل 15 cm که در مرکز پانل واقع شده است (365 km/h).

پنل شماره ۴			
Gauge (psi)	Force (lbs)	W (psf)	Deflect. (in)
1200	3046	150	0
1400	3553	169	0.011
1600	4061	188	0.037
1800	4569	207	0.047
2000	5076	226	0.061
2200	5584	244	0.078
2400	6091	263	0.094
2600	6599	282	0.107
2800	7107	301	0.122
3000	7614	320	0.138
3200	8122	301	0.152
3400	8629	320	ایجاد ترک

توجه

- برای نمونه برداری از بتن های ساخته شده در این آزمایش برای آزمون مقاومت فشاری از استوانه $15 \times 30 \text{ cm}$ استفاده شد و مقدار مقاومت فشاری 44 MPa در سن ۳۳ روزه بدست آمد.
- فشار سنج توسط مهندسی PSI فراهم و کالیبره شده، یک نمودار نشان دهنده بار (برحسب پوند) و محور دیگر نشان دهنده فشار (برحسب PSI) می باشد.
- بارهای یکنواخت تنظیم ممان خمشی بوجود آمده بوسیله یک بار نقطه ای معادل ممان خمشی ایجاد شده توسط بار یکنواخت و تقسیم آن بر ارتفاع پانل که ۶ فوت می باشد، محاسبه شد..

تعیین بارهای باد:

بر اساس انجمن مهندسين عمران امريكا (ASCE)، فرضيات زیر در نظر گرفته شدند.

- گروه بندی : C
 - طبقه بندی ساختمان درجه II: ۲ (جدول 1-1) ASCE
 - فاکتور تندباد: $G=1.3$
 - سازه سخت و بر زمین در نظر گرفته شد..
- بر اساس این مفروضات، روش تحلیلی شماره ۲ برای محاسبه سرعت پایه باد مورد استفاده قرار می گیرد:

گام یک - محاسبه فشار (تنش) سرعت (q_z)

$$F = \text{بار یکنواخت } (w) | \text{فاکتور تندباد } (G)$$

$$C_f = \text{ASCE (شکل 6-21)}$$

$$A_f = \text{مساحت در معرض باد طبیعی} = 930 \text{ cm}^2$$

$$q_z = F / (G * C_f * A_f)$$

گام دوم - تعیین سرعت پایه باد (V)

$$K_z = \text{ضریب سرعت قرار گرفتن در معرض فشار} = 0.85$$

$$K_{zt} = \text{فاکتور توپوگرافی} = 1$$

$$K_D = \text{عامل جهت باد} = 0.85$$

$$I = \text{ضریب اهمیت} = 1$$

$$V = \text{SQRT}((q_z / (0.00256 K_z K_{zt} K_D I)))$$

نتایج

کمترین سطح عملکرد بدست آمده در طول فرایند آزمایش بر روی پانل شماره ۳ بوده است که حاوی 3.6KG/M3 از الیاف فورتا بوده و الیاف با هیچ فولادی تقویت نشده و اندود گچ با ضخامت حداکثر 4 اینچ پرداخت شده؛ سرعت باد پایه بدست آمده ۲۱۲ مایل بر ساعت بوده است. پانل شماره ۱ که حاوی ۳.۶ الیاف و تنها یک آرماتور در کناره های پانل (قطر=1۵mm) بود بهترین عملکرد را داشت. ستون ها و پایه فاقد آرماتور بودند. پانل دیوار در این نمونه ترک نخورد، چرا که اعتقاد بر این بود کل سیستم قبل از ایجاد اولین ترک خم می شود.

از این آزمایش روشن است که پانل های دیواری با مسلح شده با الیاف فورتا که میزان مصرف کافی و مناسب داشته باشند ، از هر مقررات ساختمانی که در ایالات متحده وجود دارد- از جمله آنهایی که در مناطق طوفان خیز کشور واقع شده اند- نتایج بیشتر از حد استاندارد خواهد داد.

بسیاری از مزایای دیگری که الیاف فورتا در مقایسه با آرماتورهای رایج مسلح کننده دارد شامل:

۱. افزایش سود برای تولید کننده .

- الیاف فورتا ارزان تر از فولاد است.

- عملاً هیچگونه کار و نیروی انسانی اضافی با الیاف فورتا وجود ندارد.

- الیاف فورتا مطمئن تر از مش می باشد.

۲. بهبود عملکرد.

مقایسه عملکرد

مقایسه عملکرد	الیاف فورتا	میلگرد سیم مش
کاهش ترک خوردگی ناشی از جمع شدگی	بلی	خیر
افزایش مقاومت در برابر ضربه	بلی	خیر
مسلح کردن بتن در سه بعد	بلی	خیر
کاهش آب افتادگی	بلی	خیر
افزایش مقاومت در برابر سایش	بلی	خیر
سرهم بندی در محل کار	بلی	خیر
توانایی دوختن ترک ها به یکدیگر	بلی	بلی
دارای مشکلات ایمنی در طول نصب	خیر	بلی
دارای مشکلات ناشی از خوردگی	خیر	بلی



گزارش فنی فورتا درباره قطعات پیش ساخته بتنی
تقویت شده با الیاف فورتا- منھول ها

STEEL-FREE MANHOLES



گزارش فنی فورتا درباره منهول های بتنی پیش ساخته با الیاف فورتا

مقدمه

در سال ۱۹۷۸، شرکت فورتا امریکا (FORTA) مفهوم مسلح کردن سه بعدی بتن بوسیله الیاف های مصنوعی را به بازار ساخت و ساز در سراسر جهان معرفی نمود. یکی از کاربردهای اولیه اساسی در یک طیف وسیع م حصولات پیش ساخته بودند مانند قطعات پیش ساخته معماری، مخازن، قطعات تزئینی. خانواده فورتا که دارای الیاف مصنوعی استاندارد می باشد، توانسته است در طیف وسیعی از کاربردهای بتن های پیش ساخته یک جایگزین مناسب برای آرماتورهای حرارتی ایجاد کند که از نظر نیروی انسانی و زمان اجرا بسیار باصرفه می باشد.

در آن زمان فورتا به مطالعه و توسعه الیاف مصنوعی نسل دوم پرداخت و موفق شد عملکرد آن را بهبود داده و در نتیجه بر خواص ساختاری واقعی بتن تاثیرچشمگیری گذارد. در سال ۱۹۹۹، فورتا محصول جدیدی با نام الیاف FORTA FERRO معرفی رهود که یک الیاف مصنوعی سازه ای می باشد و همانطور که از اسمش پیداست "قوی مانند فولاد" می باشد. این الیاف نقش مهمی در تغییرات اخیر و توسعه آزمایش ها و کارکرد در زمینه منهول های پیش ساخته ایفا کرده است و به تولیدکنندگان این اجازه را داده که بتوانند محصولاتی بجز استفاده از فولاد، با دوام و صرفه اقتصادی بیشتر تولید کنند.

مشکلات موجود با فولاد (آرماتور)

در نبود یک جایگزین بهتر، از فولاد در اشکال مختلف به عنوان عامل مسلح کننده در تولید قطعات پیش ساخته برای سال های متمادی است که استفاده می شود. استفاده از آرماتور برای تقویت بتن شکل های مختلف مشکلات بسیاری را مربوط به اجرا در محل و جابجایی و کار گذاشتن آرماتور به وجود آورده است.

خوردگی آرماتورها یک نگرانی همیشگی است، و به طور طبیعی بر دوام طولانی مدت و کارایی استفاده از بتن تقویت شده با فولاد اثر می گذارد. بر طبق راهنمای انجمن ملی بتن پیش ساخته امریکا (N.P.C.A) قبل از کار با محصولات فولادی از عدم زنگ زدگی و تمیز و بدون گرد و خاک بودن فولاد بایداطمینان به عمل آورد. این کار در بعضی موارد عملی نمی باشد. مسلح کردن بتن با فولاد هیچ مزیتی در افزایش مقاومت در برابر ضربه ندارد و تازه هنگامی وارد عمل می شود که ترک ایجاد شده است.

آرماتور باید بریده، خم، تکه تکه و به بستر پروژه متصل گردد که بسیار دشوار است و نیروی انسانی و زمان زیادی می برد. جابجایی فولاد همچنین یک ریسک شایع برای آسیب رساندن به وجود می آورد و می تواند بسیار خطرناک باشد. تلورانس مجاز برای جابگذاری آرماتور بر طبق ACI 318، فقط ± 0.25 اینچ می باشد و حداقل پوشش بتن (cover) روی فولاد بر طبق استاندارد ASTM C-478 حداقل 0.75 اینچ پیشنهاد شده است. بنابراین برای رسیدن به این الزامات باید از وسایل و تجهیزات بیشتری در هنگام بتن ریزی استفاده کرد تا جابجایی در مکان اولیه آرماتورها ایجاد نشود. وجود این مشکلات فولاد برای شرکت فورتا به انگیزه ای تبدیل گردید تا به توسعه کیفیت الیاف مصنوعی خود بپردازد و از این رو، بتواند از آن به عنوان یک جایگزین مناسب آرماتورها استفاده نماید.

توسعه الیاف فورتا فرو

در طول توسعه الیاف مصنوعی فورتا، شرکت فورتا از اصول چهارگانه (4-C) که به آن اشاره می شود، به عنوان پایه ای جهت بهبود هر کدام از ویژگی های مهم الیاف استفاده نمود. با به حداکثر رساندن هر یک از این مشخصه ها، الیاف فورتا قادر به بهبود سطح ماده ای جایگزین فولاد می باشد.

۱- پیکر بندی و شکل Configuration

شکل الیاف یکی از اساسی ترین و مهمترین جنبه ها ی هر نوع الیاف می باشد. الیاف های تک رشته ای که دارای قطر بسیار نازکی می باشند و به شکل دوارمانندی هستند، در بتن همانند الیاف های سنگین تر و بدشکل نامتقارنی ایجاد نمی کنند. از الیاف های تک رشته ای عادی نمی توان انتظار داشت که به عنوان یک جایگزین برای باربری و آرماتور سازه ای عمل کنند، اما می توانند منجر به کاهش ترک های ناشی از جمع شدگی و در موارد بتن ریزی از لبه ها و کناره های کار محافظت کنند. الیاف های با تارهای به شکل شبکه دارای مقاومت بسیار بیشتری می باشند و در نتیجه، توانایی خود را در جایگزینی آرماتورهای غیرسازه ای مانع مش بندی در انواع محصولات پیش ساخته ثابت کرده است. برای به حداکثر رساندن مقاومت بتن پس از ایجاد ترک، الیاف بتن فورتا شامل ترکیبی از دو شکل مختلف می باشد: یک پیکربندی شبکه ای با تارهای نازک به همراه پیکربندی برجسته شده (تاییده شده درهم) در اندازه رشته های کلفت. این ترکیب منحصر به فرد سبب می شود که الیاف فورتا توانایی کنترل ترک خوردگی های حرارتی را داشته باشد و همچنین بر خواص ساختاری بتن تاثیر مثبت بگذارد.

۲- شیمی Chemistry

اگر از الیاف انتظار داشته باشیم که در محیط های تهاجمی قلیایی بتن مقاوم باشد، آنگاه مواد شیمیایی تشکیل دهنده الیاف بسیار مهم و حائز اهمیت می باشند. قسمت شبکه ای الیاف فورتا تشکیل شده از ۱۰۰٪ پلی پروپیلن خالص که در برابر حمله قلیایی و مواد شیمیایی مقاوم است. قسمت رشته ای کلفت الیاف فورتا از یک ترکیب اختصاصی یعنی از دو مونومر مصنوعی تشکیل شده است، و در نتیجه سبب می شود کوپلیمری با وزن مخصوص و مدول بالا تشکیل شود. این کوپلیمر نیز در برابر مواد شیمیایی و حمله قلیایی مقاوم می باشد، و یک الیاف بسیار قوی ایجاد می کند که منجر می شود دوام و طول عمر بتن افزایش یابد.

۳- محتویات Contents

در طول پژوهش های صورت گرفته درباره الیاف فورتا آشکار شد که الیاف های مصنوعی استاندارد از قبیل رشته های نازک و یا حتی الیاف های شبکه ای، از مقدار بسیار بالایی از سطح در هر پوند (واحد وزن) تشکیل شده است. مقدار استاندارد مصرف برای این الیاف به طور کلی 0.6 Kg/m^3 برای رشته های نازک در هم تاییده شده و 0.9 Kg/m^3 برای قسمت شبکه ای مانند با سطوح دوز بالا در محدوده 1.8 Kg/m^3 می باشد. ترکیب منحصر به فرد از اشکال الیاف که رده و سطح الیاف بتن فورتا را تشکیل می دهند، به حداقل رساندن پراکنندگی در سطح کمک شایانی می کنند و اجازه می دهد تا میزان مصرف بدون اثرگذاری بر شکل ترکیب، افزایش یابد. تا به امروز، میزان

مصرف الیاف فورتا در موارد مختلف محصولات پیش ساخته در محدوده $2-4.5 \text{ Kg/m}^3$ با توجه به نیازهای پروژه بوده است.

۴ - طول صحیح Correct Length

با هر رشته الیاف، طول باند بحرانی - که حداکثر طول الیاف در هر دو طرف از یک ترک بالقوه است - برای عملکرد بلند مدت بسیار حائز اهمیت می باشد. بدیهی است که الیاف های طویل تر بهتر می توانند نسبت به الیاف کوتاه که تسلط خود را زود از دست می دهند، به درون بافتنه و قفل شوند. طول ۲.۱۴ اینچی (54 میلی متری) الیاف بتن فورتا سبب می شود که طول باند بحرانی الیاف حداکثر شود که از اینرو، اجازه می دهد تا استحکام موجود و یا عملکرد پس از ایجاد ترک به بالاترین سطح خود برسند.

ویژگی ها و الزامات در حال حاضر منبھول ها و روش های آزمایش

بسیاری از محصولات پیش ساخته مخزن سپتیک توسط نهادهای محلی یا در سطح ایالتی و بخشی انجام می شوند. این ها به طور معمول در سازمان های مختلف دولتی، از جمله در محل اداره آب و فاضلاب، اداره محیط زیست و منابع طبیعی، و یا وزارت بهداشت و درمان وجود دارند.

دو سازمان ملی نیز عهده دار تدوین استانداردها و مشخصات قطعات بتنی پیش ساخته که شامل پیشنهادات و الزامات برای تولید و تست مخازن می باشند، هستند. این نهادها در سطح جهانی و کشور امریکا ASTM و N.P.C.A می باشند و به طور معمول به عنوان منابع قابل قبولی از استانداردهای قابل اجرا و استناد به رسمیت شناخته و پذیرفته شده اند.

استاندارد ASTM C-478 که "مشخصات استاندارد برای قطعات منبھول بتنی پیش ساخته" می باشد، به تفصیل به تمام جنبه های تولید منبھول مانند مواد، تولید، طراحی سازه، و مقاومت بتن می پردازد. ASTM همچنین یک شکل از "تست اثبات" را به عنوان روشی برای نشان دادن عملکرد مخزن مشخص می سازد که در آن به نمونه خالی مشخص شده تا حد ۲۵۴ میلی متر حیوه خلاء اعمال می شود. اگر 90 درصد از خلاء به مدت 2 دقیقه نگه داشته شود، مخزن تایید می شود.

آزمایش های انجام شده با فورتا

از زمان آغاز به کار خود، الیاف فورتا با دقت در طیف گسترده ای از نمونه های آزمایشگاهی و همچنین آزمایش های میدانی در محل اجرای پروژه ها آزمایش شده است. الیاف فورتا به طور مداوم مزایای چشم گیری در زمینه های شکل پذیری، مقاومت در برابر ضربه، جمع شدگی و مقاومت پسماند و آزمایش خلا از خود نشان داده است.

مقاومت فشاری

الیاف فورتا در مقاومت فشاری با استفاده از استوانه 15*30cm (طبق ASTM C39) در مقادیر مختلفی از میزان مصرف مورد آزمایش قرار گرفت. در سطح دوز ۰.۲۵-۰.۵۰٪ حجمی یا 2.4-4.5 Kg/m³ یک افزایش مشخص در عملکرد مقاومت فشاری وجود دارد. از همه مهمتر، حالت شکست در تمام مقادیر مصرف الیاف به جای یک شکست معمولی شکننده و ناگهانی، بسیار نرم و انعطاف پذیر گزارش شده است. این مزیت انعطاف پذیری افزایش یافته و حالت شکست منحصر به فرد، یکی از ویژگی های بسیار ارزشمند برای سازندگان و طراحان قطعات پیش ساخته محسوب می شود.

ضربه

الیاف فورتا در آزمایش ضربه انجام شده بر طبق ACI 544، بهبود قابل ملاحظه ای نیز در آزمایش مقاومت در برابر ضربه نشان داده است. چشمگیرترین آن، توانایی الیاف در حفظ یکپارچگی نمونه ها حتی پس از ایجاد اولین ترک می باشد. مقاومت در برابر ضربه می تواند یک نقش با ارزش در استفاده، جایجایی و حمل و نصب قطعات پیش ساخته محسوب شود.

جمع شدگی

ترکیب منحصر به فرد الیاف فورتا که متشکل از رشته های نازک در هم تابیده شده و تارهای نازک شبکه ای مانند می باشد، به آن اجازه می دهد که عملکرد سازه ای بهتری داشته باشد و همچنین ترک خوردگی ناشی از جمع شدگی را کاهش دهد. مسلح کردن به روش های سنتی با فولاد همانند مش بندی، میلگرد یا لیاف فولادی هیچ توانایی برای کنترل ترک خوردگی مربوط به جمع شدگی را ندارند و معمولاً تنها پس از ترک خوردن بتن موثر واقع می شوند. در آزمایش با میزان مصرف 4.5 Kg/m³ الیاف فورتا نشان داد که می تواند در ناحیه ترک های ناشی از جمع شدگی پلاستیک ۹۲٪ کاهش اعمال کند، و حتی در مقدار مصرف 18 Kg/m³ (2٪ حجمی) این مقدار به ۱۰۰٪ نزدیک می رسد.

مقاومت پس ماند

مقاومت پس ماند در واقع مقدار بار در واحد p.s.i. است که می تواند توسط الیاف پس از ترک خوردن بتن تحمل شود. توانایی الیاف برای محکم بهم چسباندن ترک ها یکی از ویژگی های لازم در محصولات پیش ساخته می باشد. در حالی که الیاف مصنوعی استاندارد ممکن است دارای مقاومت پس ماند 0.175-0.525 MPa باشند، الیاف فورتا دارای مقاومت پس ماند 1.05-2.1 MPa در میزان مصرف معمول برای منبول های پیش ساخته می باشد. در آینده، روش آزمایش ASTM C1399 همچنین ممکن است به عنوان یک روش آزمون پایه به منظور مقایسه رفتار بتن با الیاف های مختلف پس از ایجاد ترک مورد استفاده قرار گیرد.

آزمایش خلاء

در گذشته، اگرچه غیر ممکن نبود، ولی تعیین مقاومت و عملکرد مخازن سپتیک به صورت کامل دشوار بوده است. آزمایش ها می تواند در اندازه نمونه های آزمایشگاهی انجام شود، اما با این حال، این نمونه های کوچک منجر به تست عملکرد میلگردهای معمول در بتن نمی شوند و عملکرد کل مخزن را نشان نمی داد. با معرفی یک روش استاندارد آزمون خلاء، سبب می شود که توانایی تست کل محصول پیش ساخته مخزن و مقایسه روش های مختلف مسلح سازی بتن فراهم شود. نتایج این آزمایش، در واحد میلی متر حیوه ارائه می شوند، همچنین می توان این عدد را به پوند بر فوت مربع بر حسب نیروی وارد بر دیواره مخزن تبدیل کرد. سپس این مقادیر را می توان در حالت واقعی به منظور تعیین دستورالعمل ها و الزامات طراحی و ساخت استفاده کرد. این روش آزمون نسبتاً آسان و ارزان به فوراً این فرصت را داده است تا نشان دهد که الیاف بتن فوراً یک جایگزین مناسب از نظر اقتصادی و کاهش زمان اجرا و نیروی انسانی نسبت به آرماتورهای رایج می باشد.

شرکت فوراً آزمون خلاء را برای مقایسه کیفیت محصولات تولیدکنندگان قطعات پی ش ساخته در سراسر دنیا سازماندهی و انجام داده است. تیم تحقیقاتی فوراً یک "برنامه با اصول پنج گانه" را برای راهنمایی تولیدکنندگان قطعات بتنی پیش ساخته در موارد مهندسی، تست و فرآیند گرفتن تاییدیه های مورد نیاز برای مقایسه و اثبات جایگزینی آن با روش های متداول (تقویت با میلگرد)، ارائه داده است :

اصول پنج گانه فوراً

قطعات پیش ساخته بتنی

مراحل زیر به منظور راهنمایی شما هنگامی که الیاف فوراً را به عنوان عامل مسلح کننده بتن جایگزین روش های متداول مانند آرماتوربندی استفاده می کنید، ارائه شده است. تجربه ما تا به امروز در مصرف این الیاف و موارد متعدد کاربرد آن، باعث دستیابی و ارائه این اصول شده است که نه تنها احتمال موفقیت در آزمایش های اولیه را افزایش می دهد، بلکه ما را از عملکرد بسیار مناسب و طولانی مدت این الیاف با هر تولیدکننده قطعات پیش ساخته مطمئن می سازد. این اصول به شرح زیر می باشند :

۱. برگزاری جلسه مقدمه ای و اولیه
 - بررسی مقررات و آیین نامه های محلی
 - تعیین روش های آزمون و نتایج قابل قبول توسط ادارات محلی
 - انتخاب گزینه های مختلف برای مسلح سازی قطعه پیش ساخته و انجام آزمایش های مقایسه ای
 - بررسی و تعیین طرح اختلاط بتن
۲. خدمات مهندسی پشتیبانی اولیه فوراً

- بررسی طرح و ابعاد محصول پیشنهادی
 - تعیین میزان مصرف لازم الیاف فورتا بر اساس بررسی مهندسی نوع پروژه موردنظر
۳. آغاز برنامه آزمون آزمایشی
- شاهد قراردادادن مقررات ملی و آیین نامه های مصوب در منطقه اجرای پروژه
 - آماده سازی ساخت بتن و ثبت تمام داده ها با دقت
 - آماده سازی قطعات پیش ساخته از پیش تعیین شده برای آزمایش
 - نگهداری و عمل آوری نمونه ها به مدت ۲۸ روز
۴. انجام آزمایش
- شاهد قراردادادن مقررات ملی و آیین نامه های مصوب در منطقه اجرای پروژه
 - ایجاد تست خلاء در کوره های ساخته شده.
 - بررسی و ثبت تمام داده های به دست آمده
 - ارسال کتبی نتایج به مسئولین مرتبط
۵. تکمیل برنامه آموزشی و آزمایشی
- ارائه سمینار آموزشی برای کارکنان بخش تولید
 - ارائه پیشنهاد و نظر در باره انجام آزمایش های دوره ای مانند آزمایش خلاء به طور سالیانه و یا آزمون مقاومت فشاری و... به صورت متناوب
 - پیشنهاد جهت به روز رسانی جلسات فنی از طذف فورتا برای کارکنان اداری و تولید
- در ادامه نمونه ای از آزمایش های انجام شده در کارخانه یکی از تولیدکنندگان قطعات پیش ساخته بتنی آورده شده است :

محل کارخانه : امریکا- اوپلیکلا، آلاباما

با استفاده از فرایند آزمون خلاء به عنوان روشی جهت نشان دادن مطابقت با استانداردهای ASTM و NPCA، الیاف فورتا توانسته است به عنوان یک عامل تقویت کننده جایگزین در مناطق مختلفی از ایالات متحده و دنیا عمل کند. به عنوان نقطه شروع الیاف فورتا در اوپلیکلا، آلاباما با میزان مصرف 2.4 Kg/m^3 در ماه ژوئن سال ۲۰۰۲، به عنوان جایگزین سیم مش معمولی و میلگرد در بتن مورد استفاده قرار گرفت. منپول پیش ساخته مورد آزمون یک منپول استاندارد تولید شده توسط شرکت Alabama Precast & Pipe Supply LLC بود. گزارش شده است که بتن مسلح فورتا دارای حداقل مقاومت فشاری ۲۸ مگاپاسکال (۲۸ روزه) بوده است. "روش آزمون استاندارد ASTM C-1244 برای منپول های بتنی فاضلاب تحت فشار هوای منفی" جهت بررسی سطح عملکرد الیاف فورتا مورد استفاده قرار گرفت. بدون وجود آمدن هیچگونه ترک قابل مشاهده ای در طول آزمایش، قطعه پیش ساخته با الیاف فورتا ۲۵۴ میلی متر حیوه را به مدت دو دقیقه بدون از دست دادن خلاء حفظ نمود و در نتیجه، از کلیه مقررات و استانداردهای منطقه ای و ملی نتایج بسیار بهتری بدست آورد.



گزارش فنی فورتا درباره قطعات پیش ساخته بتنی

تقویت شده با الیاف فورتا - سپتیک تانک

STEEL-FREE SEPTIC TANKS



گزارش فنی فورتا درباره مخازن سپتیک پیش ساخته با الیاف فورتا

مقدمه

در سال ۱۹۷۸، شرکت فورتا امریکا (FORTA) مفهوم مسلح کردن سه بعدی بتن بوسیله الیاف های مصنوعی را به بازار ساخت و ساز در سراسر جهان معرفی نمود. یکی از کاربردهای اولیه اساسی در یک طیف وسیع محصولات پیش ساخته بودند مانند قطعات پیش ساخته معماری، مخازن، قطعات تزئینی. خانواده فورتا که دارای الیاف مصنوعی استاندارد می باشد، توانسته است در طیف وسیعی از کاربردهای بتن های پیش ساخته یک جایگزین مناسب برای آرماتورهای حرارتی ایجاد کند که از نظر نیروی انسانی و زمان اجرا بسیار باصرفه می باشد.

در آن زمان فورتا به مطالعه و توسعه الیاف مصنوعی نسل دوم پرداخت و موفق شد عملکرد آن را بهبود داده و در نتیجه بر خواص ساختاری واقعی بتن تاثیر چشمگیری گذارد. در سال ۱۹۹۹، فورتا محصول جدیدی با نام الیاف FORTA FERRO معرفی نمود که یک الیاف مصنوعی سازه ای می باشد و همانطور که از اسمش پیداست "قوی مانند فولاد" می باشد. این الیاف نقش مهمی در تغییرات اخیر و توسعه آزمایش ها و کارکرد در زمینه منبول های پیش ساخته ایفا کرده است و به تولیدکنندگان این اجازه را داده که بتوانند محصولات بدون استفاده از فولاد، با دوام و صرفه اقتصادی بیشتر تولید کنند.

مشکلات موجود با فولاد (آرماتور)

در نبود یک جایگزین بهتر، از فولاد در اشکال مختلف به عنوان عامل مسلح کننده در تولید قطعات پیش ساخته برای سال های متمادی است که استفاده می شود. استفاده از آرماتور برای تقویت بتن شکل های مختلف مشکلات بسیاری را مربوط به اجرا در محل و جابجایی و کار گذاشتن آرماتور به وجود آورده است.

خوردگی آرماتورها یک نگرانی همیشگی است، و به طور طبیعی بر دوام طولانی مدت و کارایی استفاده از بتن تقویت شده با فولاد اثر می گذارد. بر طبق راهنمای انجمن ملی بتن پیش ساخته امریکا (N.P.C.A) قبل از کار با محصولات فولادی از عدم زنگ زدگی و تمیز و بدون گرد و خاک بودن فولاد بایداطمینان به عمل آورد. این کار در بعضی موارد عملی نمی باشد. مسلح کردن بتن با فولاد هیچ مزیتی در افزایش مقاومت در برابر ضربه ندارد و تازه هنگامی وارد عمل می شود که ترک ایجاد شده است.

آرماتور باید بریده، خم، تکه تکه و به بستر پروژه متصل گردد که بسیار دشوار است و نیروی انسانی و زمان زیادی می برد. جابجایی فولاد همچنین یک ریسک شایع برای آسیب رساندن به وجود می آورد و می تواند بسیار خطرناک باشد. تلورانس مجاز برای جایگذاری آرماتور بر طبق ACI 318، فقط ± 0.25 اینچ می باشد و حداقل پوشش بتن (cover) روی فولاد بر طبق استاندارد ASTM C-478 حداقل 0.75 اینچ پیشنهاد شده است. بنابراین برای رسیدن به این الزامات باید از وسایل و تجهیزات بیشتری در هنگام بتن ریزی استفاده کرد تا جابجایی در مکان اولیه آرماتورها ایجاد نشود. وجود این مشکلات فولاد برای شرکت فورتا به انگیزه ای تبدیل گردید تا به توسعه کیفیت الیاف مصنوعی خود بپردازد و از این رو، بتواند از آن به عنوان یک جایگزین مناسب آرماتورها استفاده نماید.

توسعه الیاف فورتا فرو

در طول توسعه الیاف مصنوعی سازه ای FORTA FERRO، شرکت فورتا از اصول چهارگانه (4-C) که به آن اشاره می شود، به عنوان پایه ای جهت بهبود هر کدام از ویژگی های مهم الیاف استفاده نمود. با به حداکثر رساندن هر یک از این مشخصه ها، الیاف فورتا قادر به بهبود سطح ماده ای جایگزین فولاد می باشد.

۱- پیکر بندی و شکل Configuration

شکل الیاف یکی از اساسی ترین و مهمترین جنبه ها ی هر نوع الیاف می باشد. الیاف های تک رشته ای که دارای قطر بسیار نازکی می باشند و به شکل دوارمانندی هستند، در بتن همانند الیاف های سنگین تر و بدشکل نامتقارنی ایجاد نمی کنند. از الیاف های تک رشته ای عادی نمی توان انتظار داشت که به عنوان یک جایگزین برای باربری و آرماتور سازه ای عمل کنند، اما می توانند منجر به کاهش ترک های ناشی از جمع شدگی و در موارد بتن ریزی از لبه ها و کناره های کار محافظت کنند. الیاف های با تارهای به شکل شبکه دارای مقاومت بسیار بیشتری می باشند و در نتیجه، توانایی خود را در جایگزینی آرماتورهای غیرسازه ای مانع مش بندی در انواع محصولات پیش ساخته ثابت کرده است. برای به حداکثر رساندن مقاومت بتن پس از ایجاد ترک، الیاف بتن فورتا شامل ترکیبی از دو شکل مختلف می باشد: یک پیکربندی شبکه ای با تارهای نازک به همراه پیکربندی برجسته شده (تاییده شده درهم) در اندازه رشته های کلفت. این ترکیب منحصر به فرد سبب می شود که الیاف فورتا توانایی کنترل ترک خوردگی های حرارتی را داشته باشد و همچنین بر خواص ساختاری بتن تاثیر مثبت بگذارد.

۲- شیمی Chemistry

اگر از الیاف انتظار داشته باشیم که در محیط های تهاجمی قلیایی بتن مقاوم باشد، آنگاه مواد شیمیایی تشکیل دهنده الیاف بسیار مهم و حائز اهمیت می باشند. قسمت شبکه ای الیاف فورتا تشکیل شده از ۱۰۰٪ پلی پروپیلن خالص که در برابر حمله قلیایی و مواد شیمیایی مقاوم است. قسمت رشته ای کلفت الیاف فورتا از یک ترکیب اختصاصی یعنی از دو مونومر مصنوعی تشکیل شده است، و در نتیجه سبب می شود کوپلیمری با وزن مخصوص و مدول بالا تشکیل شود. این کوپلیمر نیز در برابر مواد شیمیایی و حمله قلیایی مقاوم می باشد، و یک الیاف بسیار قوی ایجاد می کند که منجر می شود دوام و طول عمر بتن افزایش یابد.

۳- محتویات Contents

در طول پژوهش های صورت گرفته درباره الیاف فورتا آشکار شد که الیاف های مصنوعی استاندارد از قبیل رشته های نازک و یا حتی الیاف های شبکه ای، از مقدار بسیار بالایی از سطح در هر پوند (واحد وزن) تشکیل شده است. مقدار استاندارد مصرف برای این الیاف به طور کلی 0.6 Kg/m^3 برای رشته های نازک در هم تاییده شده و 0.9 Kg/m^3 برای قسمت شبکه ای مانند با سطوح دوز بالا در محدوده 1.8 Kg/m^3 می باشد. ترکیب منحصر به فرد از اشکال الیاف که رده و سطح الیاف بتن فورتا را تشکیل می دهند، به حداقل رساندن پراکنندگی در سطح کمک شایانی می کنند و اجازه می دهد تا میزان مصرف بدون اثرگذاری بر شکل ترکیب، افزایش یابد. تا به امروز، میزان

مصرف الیاف فورتا در موارد مختلف محصولات پیش ساخته در محدوده $2-4.5 \text{ Kg/m}^3$ با توجه به نیازهای پروژه بوده است.

۴ - طول صحیح Correct Length

با هر رشته الیاف، طول باند بحرانی - که حداکثر طول الیاف در هر دو طرف از یک ترک بالقوه است - برای عملکرد بلند مدت بسیار حائز اهمیت می باشد. بدیهی است که الیاف های طولی تر بهتر می توانند نسبت به الیاف کوتاه که تسلط خود را زود از دست می دهند، به درون بافتنه و قفل شوند. طول ۲.۱۴ اینچی (54 میلی متری) الیاف بتن فورتا سبب می شود که طول باند بحرانی الیاف حداکثر شود که از اینرو، اجازه می دهد تا استحکام موجود و یا عملکرد پس از ایجاد ترک به بالاترین سطح خود برسند.

ویژگی ها و الزامات در حال حاضر منبوهل ها و روش های آزمایش

بسیاری از محصولات پیش ساخته مخزن سپتیک توسط نهادهای محلی یا در سطح ایالتی و بخشی انجام می شوند. این ها به طور معمول در سازمان های مختلف دولتی، از جمله در محل اداره آب و فاضلاب، اداره محیط زیست و منابع طبیعی، و یا وزارت بهداشت و درمان وجود دارند.

دو سازمان ملی نیز عهده دار تدوین استانداردها و مشخصات قطعات بتنی پیش ساخته که شامل پیشنهادات و الزامات برای تولید و تست مخازن می باشند، هستند. این نهادها در سطح جهانی و کشور امریکا ASTM و N.P.C.A می باشند و به طور معمول به عنوان منابع قابل قبولی از استانداردهای قابل اجرا و استناد به رسمیت شناخته و پذیرفته شده اند.

استاندارد ASTM C-1227-00 که "مشخصات استاندارد مخازن سپتیک پیش ساخته بتنی" را بررسی می کند، به تفصیل به تمام جنبه های تولید سپتیک تانک، مانند مواد، تولید، طراحی سازه، و مقاومت بتن می پردازد. ASTM همچنین دو شکل از "تست اثبات" را به عنوان روشی برای آزمایش عملکرد مخزن مشخص می سازد:

(۱) ۹.۲.۱. تست خلاء: مخزن خالی مشخص شده را تا فشار ۵۰ میلی متر جیوه خلاء اعمال می کنیم. اگر 90 درصد از خلاء به مدت 2 دقیقه حفظ شود، مخزن تایید می شود.

(۲) ۹.۲.۲. تست فشار آب: مخزن با آب پر شده و به مدت ۲۴ ساعت به حالت خودش نگه داشته می شود. اگر سطح آب به مدت یک ساعت تغییری نیافت، مخزن تایید می شود.

N.P.C.A. همچنین طراحی سازه ای و معیارهای تولید را مورد آزمون ها قرار می دهد، بعنوان مثال: حداقل مقاومت بتن ۲۸ روزه ۲۸ مگاپاسکال، و نسبت آب به سیمان کمتر از ۰.۴۵. الزام شده است. N.P.C.A. همچنین دو آزمایش اساسی برای مخزن بتنی قرار داده است:

(۱) تست خلاء: فشار خلاء ۱۰۰ میلی متر جیوه اعمال شود و فشار را به مدت ۵ دقیقه حفظ می کنیم.

(۲) تست آب: مخزن را تا سطح کاربردی پر کنید و اجازه دهید به مدت 8-10 ساعت به همان حالت باقی بماند.

آزمایش FORTA

از زمان آغاز به کار خود، الیاف فورتا با دقت در طیف گسترده ای از نمونه های آزمایشگاهی و همچنین آزمایش های میدانی در محل اجرای پروژه ها آزمایش شده است. الیاف فورتا به طور مداوم مزایای چشمگیری در زمینه های شکل پذیری، مقاومت در برابر ضربه، جمع شدگی و مقاومت پسماند و آزمایش خلا از خود نشان داده است.

مقاومت فشاری

الیاف فورتا در مقاومت فشاری با استفاده از استوانه 15*30cm (طبق ASTM C39) در مقادیر مختلفی از میزان مصرف مورد آزمایش قرار گرفت. در سطح دوز ۰.۲۵-۰.۵۰٪ حجمی یا 2.4-4.5 Kg/m³ یک افزایش مشخص در عملکرد مقاومت فشاری وجود دارد. از همه مهمتر، حالت شکست در تمام مقادیر مصرف الیاف به جای یک شکست معمولی شکننده و ناگهانی، بسیار نرم و انعطاف پذیر گزارش شده است. این مزیت انعطاف پذیری افزایش یافته و حالت شکست منحصر به فرد، یکی از ویژگی های بسیار ارزشمند برای سازندگان و طراحان قطعات پیش ساخته محسوب می شود.

ضربه

الیاف فورتا در آزمایش ضربه انجام شده بر طبق ACI 544، بهبود قابل ملاحظه ای نیز در آزمایش مقاومت در برابر ضربه نشان داده است. چشمگیرترین آن، توانایی الیاف در حفظ یکپارچگی نمونه ها حتی پس از ایجاد اولین ترک می باشد. مقاومت در برابر ضربه می تواند یک نقش با ارزش در استفاده، جایجایی و حمل و نصب قطعات پیش ساخته محسوب شود.

جمع شدگی

ترکیب منحصر به فرد الیاف فورتا که متشکل از رشته های نازک در هم تابیده شده و تارهای نازک شبکه ای مانند می باشد، به آن اجازه می دهد که عملکرد سازه ای بهتری داشته باشد و همچنین ترک خوردگی ناشی از جمع شدگی را کاهش دهد. مسلح کردن به روش های سنتی با فولاد همانند مش بندی، میلگرد یا لیاف فولادی هیچ توانایی برای کنترل ترک خوردگی مربوط به جمع شدگی را ندارند و معمولاً تنها پس از ترک خوردن بتن موثر واقع می شوند. در آزمایش با میزان مصرف 4.5 Kg/m³ الیاف فورتا نشان داد که می تواند در ناحیه ترک های ناشی از جمع شدگی پلاستیک ۹۲٪ کاهش اعمال کند، و حتی در مقدار مصرف 18 Kg/m³ (2٪ حجمی) این مقدار به ۱۰۰٪ نزدیک می رسد.

مقاومت پس ماند

مقاومت پس ماند در واقع مقدار بار در واحد p.s.i. است که می تواند توسط الیاف پس از ترک خوردن بتن تحمل شود. توانایی الیاف برای محکم بهم چسبیدن ترک ها یکی از ویژگی های لازم در محصولات پیش ساخته می باشد. در حالی که الیاف های مصنوعی استاندارد ممکن است دارای مقاومت پس ماند 0.175-0.525 MPa باشند،

الیاف فورتا دارای مقاومت پس ماند 1.05-2.1 MPa در میزان مصرف معمول برای منپول های پیش ساخته می باشد. در آینده، روش آزمایش ASTM C1399 همچنین ممکن است به عنوان یک روش آزمون پایه به منظور مقایسه رفتار بتن با الیاف های مختلف پس از ایجاد ترک مورد استفاده قرار گیرد.

خلاء

در گذشته، اگرچه غیر ممکن نبود، ولی تعیین مقاومت و عملکرد مخازن سپتیک به صورت کامل دشوار بوده است. آزمایش ها می تواند در اندازه نمونه های آزمایشگاهی انجام شود، اما با این حال، این نمونه های کوچک منجر به تست عملکرد میلگردهای معمول در بتن نمی شدند و عملکرد کل مخزن را نشان نمی داد. با معرفی یک روش استاندارد آزمون خلاء، سبب می شود که توانایی تست کل محصول پیش ساخته مخزن و مقایسه روش های مختلف مسلح سازی بتن فراهم شود. نتایج این آزمایش، در واحد میلی متر حیوه ارائه می شوند، همچنین می توان این عدد را به پوند بر فوت مربع بر حسب نیروی وارد بر دیواره مخزن تبدیل کرد. سپس این مقادیر را می توان در حالت واقعی به منظور تعیین دستورالعمل ها و الزامات طراحی و ساخت استفاده کرد. این روش آزمون نسبتاً آسان و ارزان به فورتا این فرصت را داده است تا نشان دهد که الیاف بتن فورتا یک جایگزین مناسب از نظر اقتصادی و کاهش زمان اجرا و نیروی انسانی نسبت به آرماتورهای رایج می باشد.

شرکت فورتا آزمون خلاء را برای مقایسه کیفیت محصولات تولیدکنندگان قطعات پیش ساخته در سراسر دنیا سازماندهی و انجام داده است. تیم تحقیقاتی فورتا یک "برنامه با اصول پنج گانه" را برای راهنمایی تولیدکنندگان قطعات بتنی پیش ساخته در موارد مهندسی، تست و فرآیند گرفتن تاییدیه های مورد نیاز برای مقایسه و اثبات جایگزینی آن با روش های متداول (تقویت با میلگرد)، ارائه داده است :

اصول پنج گانه فورتا

قطعات پیش ساخته بتنی

مراحل زیر به منظور راهنمایی شما هنگامی که الیاف فورتا را به عنوان عامل مسلح کننده بتن جایگزین روش های متداول مانند آرماتوربندی استفاده می کنید، ارائه شده است. تجربه ما تا به امروز در مصرف این الیاف و موارد متعدد کاربرد آن، باعث دستیابی و ارائه این اصول شده است که نه تنها احتمال موفقیت در آزمایش های اولیه را افزایش می دهد، بلکه ما را از عملکرد بسیار مناسب و طولانی مدت این الیاف با هر تولیدکننده قطعات پیش ساخته مطمئن می سازد. این اصول به شرح زیر می باشند :

۱. برگزاری جلسه مقدمه ای و اولیه
- بررسی مقررات و آیین نامه های محلی
- تعیین روش های آزمون و نتایج قابل قبول توسط ادارات محلی
- انتخاب گزینه های مختلف برای مسلح سازی قطعه پیش ساخته و انجام آزمایش های مقایسه ای

- بررسی و تعیین طرح اختلاط بتن
 - ۲. خدمات مهندسی پشتیبانی اولیه فوراً
 - بررسی طرح و ابعاد محصول پیشنهادی
 - تعیین میزان مصرف لازم الیاف فوراً بر اساس بررسی مهندسی نوع پروژه موردنظر
 - ۳. آغاز برنامه آزمون آزمایشی
 - شاهد قراردادادن مقررات ملی و آیین نامه های مصوب در منطقه اجرای پروژه
 - آماده سازی ساخت بتن و ثبت تمام داده ها با دقت
 - آماده سازی قطعات پیش ساخته از پیش تعیین شده برای آزمایش
 - نگهداری و عمل آوری نمونه ها به مدت ۲۸ روز
 - ۴. انجام آزمایش
 - شاهد قراردادادن مقررات ملی و آیین نامه های مصوب در منطقه اجرای پروژه
 - ایجاد تست خلاء در کوره های ساخته شده.
 - بررسی و ثبت تمام داده های به دست آمده
 - ارسال کتبی نتایج به مسئولین مرتبط
 - ۵. تکمیل برنامه آموزشی و آزمایشی
 - ارائه سمینار آموزشی برای کارکنان بخش تولید
 - ارائه پیشنهاد و نظر در باره انجام آزمایش های دوره ای مانند آزمایش خلاء به طور سالیانه و یا آزمون مقاومت فشاری و... به صورت متناوب
 - پیشنهاد جهت به روز رسانی جلسات فنی از طذف فوراً برای کارکنان اداری و تولید
- در ادامه نمونه هایی از آزمایش های انجام شده در کارخانه یکی از تولید کنندگان قطعات پیش ساخته بتنی آورده شده است :

کارخانه هولتن، ایندیانا

با استفاده از فرایند آزمایش خلاء به عنوان روشی جهت نشان دادن مطابقت با استانداردهای ASTM و NPCA، الیاف فورتا در بخش های مختلفی از ایالت ایندیانا به عنوان یک جایگزین مناسب جهت تقویت بتن در نظر گرفته شده است. به عنوان نقطه شروع، الیاف فورتا در هولتن، ایندیانا با مقدار مصرف 4.5 Kg/m^3 در ماه نوامبر سال 2001 به عنوان جایگزینی برای سیم مش معمولی و میلگرد مورد استفاده قرار گرفت. نمونه مورد آزمایش مخزن استاندارد ۱۰۰۰ گالنی یک تکه بود که ۱۰۷ اینچ طول و ۶۷ اینچ ارتفاع داشت. ضخامت دیواره در پایین ۳.۵ اینچ و در اواسط دیواره ۲.۵ اینچ بوده است. گزارش شده که بتن مسلح به الیاف فورتا دارای حداقل مقاومت فشاری ۲۸ روزه ۴۲ مگاپاسکال بوده. اگرچه استاندارد ASTM C-1227 نیاز به تحمل تنها ۵۰ میلی متر حیوه به مدت ۲ دقیقه و استاندارد NPCA مستلزم تحمل فشار ۱۰۰ میلی متر حیوه به مدت ۵ دقیقه می باشد اما هدف فورتا رسیدن به سطح عملکرد بالاتری در این آزمون بود. بدون وجود آمدن هیچگونه ترک قابل رویتی در طول آزمون، مخزن بتنی تقویت شده با الیاف فورتا، موفق به تحمل فشار ۲۳۰ میلی متر حیوه به مدت ۵ دقیقه بدون از دست دادن فشار گردید و در نتیجه به طور چشمگیری از کلیه آیین نامه ها و استانداردهای موجود منطقه ای و ملی نتایج بسیار بهتری بدست آورد.

در صفحه بعد تاییدیه این آزمایش آورده شده است.



CONCRETE SEALANTS INC.

8917 S. Palmer Road • P.O. Box 176 • New Carlisle, Ohio 45344
Telephone (937) 845-8776 • 1-800-332-SEAL (7325) • FAX: (937) 845-3587
Internet Site: <http://www.conseal.com>
E-mail: hello@conseal.com

November 26, 2001

Bob Breyley, Jr.
FORTA Corporation
100 Forta Drive
Grove City, PA 16127

Dear Bob:

I would like to take this opportunity to validate the vacuum test results that were performed November 6th, 2001 at Holman Ready Mix, Holton Indiana. The testing was performed on a standard 1000- gallon septic tank with FORTA FERRO structural fiber replacing normal wiremesh and steel bars.

The concrete p.s.i. was reported to be 6000 pounds at 28 days, using high volumes of FORTA FERRO per cubic yard. The wall thickness was 3 ½" at the bottom and tapered the 2 ½" at the mid-seam. The tank walls were 67" high and length was 107".

The testing was preformed in accordance to National Precast Concrete Association's Best Practices Manual and ASTM-1227. The tank held 9" of mercury for 5 minutes with no loss of vacuum. There were no visible cracks evident in the tank during the test. Performance levels for NPCA's Best Practices Manual and ASTM-1227 are 4" and 2" respectively for watertightness.

Please let me know if you have any additional questions regarding the testing.

Sincerely,

Darryl E. Cloud
Sales Representative

کارخانه کلاریون، پنسیلوانیا

در مورد دیگری در پنسیلوانیا، از آزمایش خلاء استفاده شد نه بدین منظور که تطابق محصول با آیین نامه ها کنترل شود بلکه منظور از آزمایش اثبات این مطلب به تولید کننده بود که الیاف فورتا می تواند بتن مسلح شده با کیفیت مساوی و یا بهتری نسبت به فولاد معمولی ارائه دهد (علاوه بر کاهش هزینه ها). مخزن مورد آزمایش با حجم ۱۰۰۰ گالن و دارای ۹۷ اینچ طول و ۶۷ اینچ پهنا و ۵۹ اینچ ارتفاع با ضخامت دیواره مخروطی ۳ اینچ بود که در پایین به ۲.۵ اینچ کاهش می یافت. مخزن با فولاد تقویت شده دارای ۱۸ متر آرماتور #4 (قطر 13mm) یعنی مجموعاً حدود ۱۸ کیلوگرم فولاد به همراه 0.6 Kg/m³ الیاف تک رشته ای نازک بود و نمونه مخزن تقویت شده با الیاف فورتا دارای 3 Kg/m³ الیاف بود. هر دو تانک طبق استانداردهای NPCA، ۱۰۰ میلی متر جیوه را به مدت ۵ دقیقه بدون از دست دادن مقدار قابل ملاحظه ای از فشار نگه داشتند. سپس هر دو تانک در معرض فشار خلاء مداوم قرار گرفتند تا مشخص گردد ترک اول و و همچنین شکست و منهدم شدن نهایی چه زمانی رخ می دهد. مخزن با آرماتور تقویت شده اولین ترک را بین فشار ۱۰۰ و ۱۲۷ میلی متر جیوه نشان داد و سپس بین فشار ۲۲۸ و ۲۵۴ میلی متر جیوه کل مخزن فروپاشی گردید. شکست مخزن برای بخش های تقویت شده با فولاد بود، که گواه از یک فروپاشی ناگهانی و فاجعه بار از جداره مخزن می دهد.



اولین ترک در مخزن تقویت شده با الیاف فورتا در فشار ۱۵۲ میلی متر جیوه رخ داد، با این حال با افزایش فشار خلاء مقدار قابل ملاحظه ای از خلاء از دست نرفته بود. کل خلاء از دست رفته در فشار ۲۸۰ میلی متر جیوه رخ داد که به دلیل کمبود وجود مواد آب بندی شده در بالای مخزن بود. در طول این فرآیند، افزایش آشکاری در توسعه ترک و همچنین هیچ شکست و فروپاشی در دیواره مخزن مسلح شده با الیاف فورتا دیده نشد.

مزایای اقتصادی الیاف فورتا

مزایای اقتصادی آشکاری در استفاده از الیاف سه بعدی مسلح کننده فورتا در برابر فولاد معمولی وجود دارد؛ مانند کاهش قابل توجه در زمان اجرا و تولید، کاهش هزینه های کارگری و صرفه جویی کلی در هزینه های تقویت بتن. این صرفه جویی ها به راحتی با برآورد کردن مواد و هزینه های نیروی کاری در فرمول محاسبه می شوند. بسیاری از مزایای مربوطه وجود دارند که به راحتی با قرار دادن در فرمول بدست نمی آیند ولی برای تولید کننده بسیار با ارزش می باشند. الیاف فورتا اثبات کرده است که شکستگی و تعمیرات محصول را کاهش داده است. همچنین با استفاده از الیاف فورتا تولید کنندگان اغلب قادر به افزایش اندازه سرگدانه های درشت در طرح اختلاط می باشند چرا که وجود فولاد مانعی برای تقویت دیوارهای نسبتا نازک بود که با حذف آن این امر میسر می گردد. بدلیل کاهش در هزینه ها، اینگونه طرح های با سنگدانه های درشت می توان به صرفه جویی قابل توجهی به تولید کننده ارائه دهد. صرفه جویی ها همچنین در کاهش و یا حذف آسیب های مرتبط به کار با فولاد، هم در هزینه های پزشکی و هم در زمان از دست رفته برای دوره درمان، موثر می باشد.

مزایای استفاده از الیاف فورتا به جای آرماتور

الیاف فورتا دارای طیف وسیعی از مزیت های اقتصادی، اجرایی و ایمنی مربوطه برای صنعت ساخت قطعات پیش ساخته در سراسر جهان می باشد. مزایای کاربرد الیاف عبارتست از: کاهش ترک خوردگی، افزایش شکل پذیری، سختی و مقاومت در برابر ضربه و از بین بردن پتانسیل خوردگی. علاوه بر این، محصول دارای منافع اقتصادی قابل توجهی ناشی از کاهش نیروی کار، کاهش ترک خوردگی و تعمیرات و صرفه جویی کلی در هزینه های مسلح کردن قطعات بتنی می باشد.

نمونه پروژه های انجام شده با الیاف فورتا

کفسازی صنعتی و ساختمانی

شرح پروژه:

شرکت Sigma Thermal واقع در Marietta, GA تصمیم به ساخت یک ساختمان اداری و کارخانه گرفته بود که برای مسلح کردن بتن کفسازی خود از الیاف های شرکت فورتا استفاده نمود. برای مسلح نمودن فضاها ی ساختمانی و کارخانه از الیاف فورتا با میزان مصرف های مختلف استفاده شد. ۶۱۰ مترمکعب بتن ریزی در کفسازی قسمت اداری، محوطه و پارکینگ اجرا شد. در قسمت کفسازی صنعتی به ضخامت ۲۰ سانتی متر و با مساحت ۲۷۰۰ مترمربع انجام شد. از الیاف ماکروسینتتیک فرو در این پروژه به جای آرماتورهای حرارتی استفاده شد. الیاف فورتا در محل پروژه در تراک میکسر به بتن اضافه شد و به راحتی و خوبی در کفسازی اجرا گردید.



مشخصات پروژه:

- کارفرما: شرکت Sigma Thermal واقع در Marietta, GA
- پیمانکار کل: گروه ساختمانی Garrard واقع در Duluth, GA
- پیمانکار بتن ریزی: Wheeler Services Inc در Atlanta, GA
- مساحت اجرا شده: حدود ۳۳۰۰ مترمربع
- نوع الیاف جایگزین آرماتور: Forta Ferro

کفسازی صنعتی و ساختمانی

شرح پروژه:

در ماه می سال ۲۰۱۲ از الیاف ماکروسینتتیک فورتا فرو در یک دال عظیم بتنی بر روی عرشه فولادی اجرا شد که این پروژه متعلق به بخش Amazon.com از شرکت آمازون بود. قسمت قبلی اجرا شده با روش معمول دارای ترک های غیرقابل قبول شده بود که به همین دلیل از الیاف فرو برای اصلاح کار استفاده شد. چیزی در حدود ۲۱.۳۳۳ مترمربع با ضخامت حدود ۹ سانتی متر روی عرشه فولادی کامپوزیتی اجرا گردید. بتن مسلح شده با این الیاف در حدود ۹۰ متر به راحتی پمپاژ شد با استفاده از الیاف فرو کلیه ترک های روی کف حذف شدند.



مشخصات پروژه:

- کارفرما: شرکت Duke Realty واقع در Indianapolis, IN
- مشاور بتن : گروه مشاور بتن CRT واقع در Fishers, IN
- پیمانکار بتن ریزی: گروه پیمانکاری Lithko در Atlanta, GA
- مساحت اجرا شده: حدود ۲۱۳۳۰ مترمربع
- نوع الیاف جابگزین آرماتور : Forta Ferro

کفسازی صنعتی و ساختمانی

شرح پروژه:

در این پروژه از الیاف فورتا فرو به خاطر جایگزین آرماتورهای حرارتی و همچنین صرفه های اقتصادی استفاده شد. ساختمان ۵ طبقه مرکز درمانی که دارای عرشه فولادی بود به ضخامت حدود ۱۶ سانتی متر بتن ریزی شد. از الیاف فرو بر اساس استانداردهای کفسازی با عرشه های فولادی کامپوزیت استفاده شد. استفاده از این الیاف موجب تسریع در اجرا و حذف نیروی انسانی برای آرماتوربندی و همچنین تولید یک بتن یکپارچه و مسلح در سه بعد شد. در هر طبقه حدود ۳۸۰ مترمکعب بتن ریزی انجام شد. بتن ریزی بوسیله تجهیزات معمول بتن های بدون الیاف انجام شد و در نهایت سطح تمام شده بسیار خوبی ایجاد کرد و ترک های ناشی از جمع شدگی و حرارت را به کمترین میزان رساند.



Physician Tower medical offices



New 5-story slab-on-deck medical offices constructed in April 2013

Negative-moment steel over structural beam supports



Completed decks with no control joints

مشخصات پروژه:

- کارفرما: مرکز عمومی درمانی Baton Rouge واقع در Baton Rouge, LA
- پیمانکار کل: Milton J. Womack, Baton Rouge, LA
- پیمانکار بتن ریزی: Becker Brothers, DeRidder, LA
- مساحت اجرا شده: حدود ۱۰۰۰۰ مترمربع
- نوع الیاف جایگزین آرماتور: Forta Ferro

کفسازی صنعتی و ساختمانی

شرح پروژه:

به منظور توسعه مرکز درمانی Wexner در دانشگاه ایالت اوهایو، یک بیمارستان مخصوص بیماران سرطانی که در ایالات متحده منحصر بفرد می باشد شروع به احداث شده است. این بیمارستان دارای ۱۷۰۰۰ کارمند و متخصص و پژوهشگر می باشد. این پروژه با بودجه ای در حدود ۱.۱ میلیارد دلار در سال ۲۰۱۰ آغاز شده است و انتظار می رود تا تابستان ۲۰۱۴ به پایان رسد. تعداد طبقات بیمارستان ۲۲ طبقه می باشد که کفسازی آن با بتن سبک و روی عرشه های فولادی با ضخامت حدود ۱۰ سانتی متر اجرا شده است. در این پروژه نیاز به اجرای آرماتور بندی در حدود ۷۲۰۰۰ مترمربع بود که این مار بسیار زمان ب ر و پرهزینه بود برای همین منظور از بتن الیافی به جای آرماتور حرارتی استفاده شد و از الیاف فورتا فرو برای کنترل ترک های ناشی از جمع شدگی استفاده شد که بسیار مقرون به صرفه بود.



4 lbs/cu yd dosage used on all metal de



Total of 22 floors of composite metal deck

مشخصات پروژه:

- کارفرما: دانشگاه ایالت اوهایو واقع در Columbus, OH
- مهندس سازه : Thornton Thomasetti
- پیمانکار بتن ریزی: گروه ساخت بتن Baker واقع در Monroe, OH
- مساحت اجراشده : ۷۲۰۰۰ مترمربع
- نوع الیاف جایگزین آرماتور : Forta Ferro

کفسازی صنعتی و ساختمانی

شرح پروژه:

در ماه می سال ۲۰۱۱ شرکت تولید بتن Arrowhead Concrete پیشنهاد استفاده از الیاف ماکروسینتتیک فرو را به جای روش سنتی استفاده از آرماتور، برای اجرای کف های کامپوزیت عرشه فولادی بیمارستان ۵ طبقه St.Luke's ارائه داد. بنابراین شرکت فورتا پیشنهاد به استفاده از الیاف فورتا را برای کفسازی روی زمین در طبقه همکف و همچنین برای کف های طبقات ارائه کرد. اجرای بتنی الیافی نسبت به روش سنتی باعث کاهش هزینه های اجرا و سرعت اجرای بالا و همچنین تولید بتنی با کیفیت بیشتر و مسلح شده در سه بعد شد. کل کار اجرا شده حدود ۷۶۰۰ مترمربع می باشد.



مشخصات پروژه:

- کارفرما: شرکت خدمات درمانی Lillibridge
- پیمانکار بتن ریزی: Kelleher واقع در Burnsville, MN
- مساحت اجرا شده: حدود ۷۶۰۰ مترمربع
- نوع الیاف جابگزین آرماتور: Forta Ferro

کفسازی صنعتی و ساختمانی

شرح پروژه:

اجرای کفسازی روی زمین برای دادگاه فدرال یوما به دلیل شرایط خاص تعداد زیادی از مهندسين، طراحان، تولیدکنندگان بتن و پیمانکاران را به خود مشغول کرده بود. بخاطر وجود شرایط بد آب و هوا و دمای بالای ۳۰ درجه باید بتن ریزی در شب انجام می شد و گرما باعث تشدید ترک های حرارتی و جمع شدگی می شد. بنابراین از راه حل هایی مانند افزایش سایز سنگدانه های درشت و کاهش سیمان و کاهش میزان آب به سیمان برای کاهش جمع شدگی استفاده شد. اما به دلیل نامطمئن بودن و عملکرد غیرهمگن ملگردها بازهم نگرانی ها وجود داشت که برای رفع این نگرانی ها از الیاف فرو به جای آرماتور استفاده شد که یک بتن همگن و کاملاً مسلح در برابر ترک های حرارتی اجرا شد. علاوه بر مسائل فنی، الیاف فرو باعث کاهش در هزینه ها و افزایش سرعت اجرا شد. این پروژه در مساحتی حدود ۲۸۰۰ مترمربع و حجمی بالغ بر ۳۵۰ مترمکعب اجرا شد.



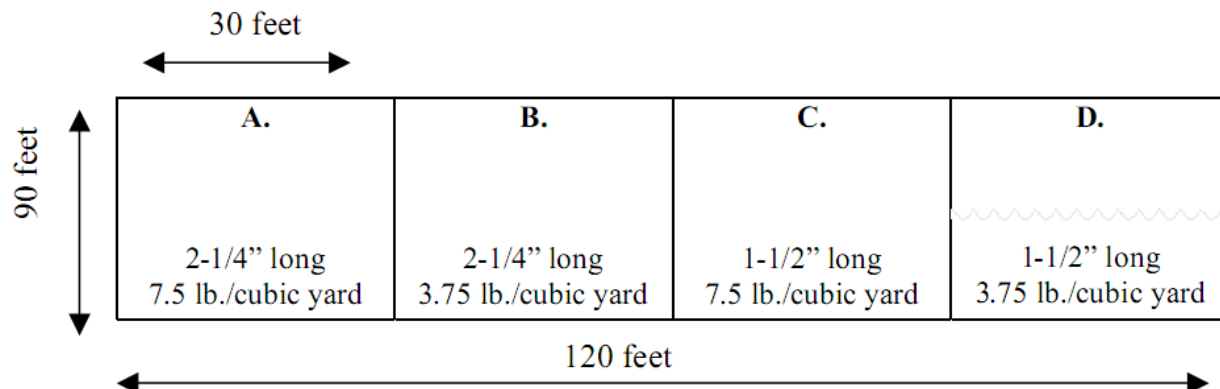
مشخصات پروژه:

- کارفرما: دادگستری فدرال ایالات متحده
- پیمانکار ساخت : گروه ساخت Sundt واقع در Tempe, AZ
- مشاور بتن : Structural Services LLC واقع در Atlanta, GA
- مساحت اجراشده : ۲۸۰۰ مترمربع
- نوع الیاف جایگزین آرماتور : Forta Ferro

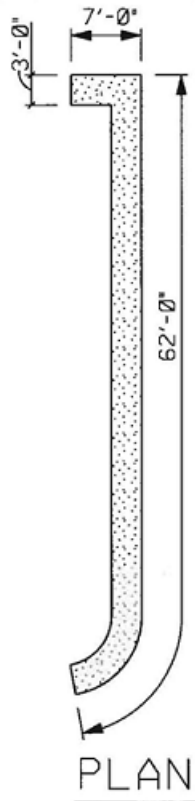
نمونه هایی از پروژه های اجرا شده با الیاف فورتا بدون درز کنترل (Joint-Free)

۱- پروژه اجرای کف کارخانه ای در پنسیلوانیا - Gilliland Pallet Company

در این پروژه که در سال ۲۰۰۰ انجام گرفت از الیاف ماکروسینتتیک فورتا به جای آرماتور برای تحمل بارهای زیاد و ضربه زیاد ایجادشده از طرف کف صنعتی استفاده شد. برای اجرای کف با ضخامت ۱۵ سانتی متر، کل مساحت که زمینی با ابعاد ۲۷*۳۶ متر بود به ۴ قسمت مساوی (با ابعاد ۹*۲۷ متر) تقسیم شد و تنه ۳ درز انقباضی (کنترلی) به همراه درز اجرایی که دور تا دور محیط کف برای جداسازی کف از دیوار و ستون اجرا شد. در حالیکه در طرح اولیه قرار بود بر طبق ACI درزهایی با ابعاد ۴.۵*۴.۵ متر اجرا شود. به منظور کنترل عملکرد الیاف فورتا با این روش، بتن اجراشده به طور پیوسته تحت بررسی قرار گرفت و پس از گذشت ۲ سال تنها یک ترک قابل مشاهده در یکی از ۴ قسمت دیده شد (که در آن مقدار الیاف کمتری مصرف شده بود). هم اکنون با گذشت ۱۰ سال همچنان ۳ قسمت دیگر بدون ترک باقی مانده اند.



۲- اجرای محوطه اطراف ساختمان مسکونی در آتلانتا



در سال ۲۰۰۳ آقای جری هالند که یکی از افراد مشهور در زمینه بتن و طراحی و سازه می باشد، تصمیم به اجرای کف محوطه جلوی منزل خود با استفاده از الیاف فورتا گرفت. این بتن ریزی در زمینی به ابعاد ۱ متر عرض در ۱۸ متر طول با ضخامت ۹ سانتی متر انجام شد. نکته قابل ملاحظه اجرای یک تکه و بدون درز انقباضی آن بود که پس از ۷ سال هم با وجود گوشه هایی با زاویه ۹۰ درجه (طبق نقشه) و آب و هوای آتلانتا هیچ ترک روی سطح دیده نشده است. بر پایه این تجربه شخصی بود که آقای هالند در طول سال های بعدش در سال ۲۰۰۸ مقاله ای در مجله CONCRETE CONSTRUCTION با موضوع «الیاف های ماکرو پلیمری برای دال ها» نوشت.

۳- اجرای کف زمین اسکیت در ماریتا

در ماه مارچ سال ۲۰۰۴ برای ترمیم زمین اسکیتی از الیاف فورتا استفاده شد. ضخامت دال ۱۰ سانتی متر و کل ابعاد زمین ۲۵*۵۰ متر بود. نکته قابل توجه اجرای این سطح بسیار زیاد بدون ایجاد درزهای کنترلی بود. بسیار جالب و بی نقص این زمین باعث شد تا در سال ۲۰۰۴ جایزه انجمن بتن امریکا در بخش بازسازی و ترمیم به این مجموعه تعلق گیرد و همین باعث اجرای بسیاری از پروژه های مشابه این زمین بازی با الیاف فورتا و بدون ایجاد درز شد.



۴- اجرای کف کارخانه شرکت فورتا

در ماه می سال ۲۰۰۴ برای اجرای کف سالن L شکل شرکت فورتا با مساحت کل ۱۶۲۰ مترمربع از الیاف فورتا به جای آرماتور حرارتی و همچنین برای کاهش و حذف درزهای کنترلی استفاده شد. کل مساحت به دو قسمت با ابعاد ۲۵*۳۵ متر و ۱۸*۳۸ متر تقسیم شد. با وجود ایجاد یک ترک بسیار نازک در بخش با ابعاد بزرگتر، اما در بخش کوچکتر هیچ گونه ترکی بعد از ۶ سال (سال ۲۰۱۰ که بررسی شده) مشاهده نشده است.

بنابراین در این پروژه علاوه بر حذف آرماتور حرارتی و مزیت های به کار نبردن آن مانند صرفه اقتصادی و کاهش نیروی انسانی و زمان اجرا، با افزایش مقدار مصرف الیاف فورتا به 4.5 Kg/m^3 امکان حذف بیش از ۶۳۰ متر برش درز و هزینه های مربوط به برش، پرکردن و نگهداری های آینده آن بوجود آمد. ضمن اینکه مزیت سالم ماندن کف این کارخانه در طول سالیان متمادی تحت بارهای زیاد یک امر با ارزش اقتصادی غیرقابل حساب می باشد.



۵- اجرای کف کارخانه صنعتی Tucco

در ماه اکتبر سال ۲۰۰۶ شرکت تاکو برای اجرای کف کارخانه مکانیکی خود به ابعاد ۱۲*۱۵ متر و با ضخامت ۱۵ سانتی متر بدون اجرای درز کنترلی با استفاده از الیاف ماکروسینتتیک فورتا استفاده کرد.



۶- اجرای کف کارخانه Morrison

در این پروژه که در سال ۲۰۰۷ اجرا شد از روش بدون درز با استفاده از الیاف فورتا و در ابعادی در حدود ۱۸*۳۸ متر و ضخامت ۱۵ سانتی متر استفاده شد.



۷- اجرای کف محوطه

در سال ۲۰۰۷ در Greensboro, GA برای اجرای کفسازی قسمت جمع آوری ضایعات که بار عبور و مرور لودر هم وارد می شد، شرکت Attaway از الیاف فورتا برای اجرای بدون درز کف به ضخامت ۲۵ سانتی متر و ابعاد ۲۲.۵*۲۴ متر استفاده کرد.



۸- اجرای کفسازی صنعتی Fudpucker Enterprises

در کفسازی این کلارخانه هم ابعادی در حدود ۲۷*۳۰ متر با ضخامت دال ۳۰ سانتی متر داشت، از الیاف فورتا به منظور جایگزینی آرماتورهای حرارتی و اجرای کف بدون درز (joint-free) استفاده شد. در نهایت هم سطح تمام شده با اپوکسی پوشانده شد.



۹- اجرای کف عرشه پل

در سال ۲۰۰۸ یکی از پر چالش ترین پروژه های اجرای بتن ریزی بدون ایجاد درز (joint-free)، پروژه اجرای کف عرشه پل شمالی جنوبی در هاوایی بود . سابقه ایجاد ترک های گسترده ناشی از جمع شدگی در عرشه های پل های هاوایی موضوعی بود که پژوهشگران را واداشت تا از الیاف ماکروسینتتیک فورتا برای حل این معضل استفاده کنند. به همین منظور با افزایش مقدار الیاف مصرفی تا اندازه 4.5 Kg/m^3 بیش از ۷۶۰ مترمکعب بتن ریزی با ضخامت ۱۲.۵ سانتی متر بدون وجود درز اجرا شد.





پروژه SAMSUN PORT

کفسازی صنعتی و ساختمانی



مشخصات پروژه:

پروژه : اجرای کفسازی محوطه

محل اجرا : ترکیه - SAMSUN

کل مساحت اجرا شده : ۱۰۰.۰۰۰ مترمربع

رده مقاومتی بتن : 30 MPa

ضخامت بتن ریزی : ۲۰-۳۰ سانتی متر



پروژه VARYAP MERIDIAN

کفسازی صنعتی و ساختمانی



مشخصات پروژه:

پروژه: اجرای کفسازی پارکینگ

محل اجرا: ترکیه - استانبول

کل مساحت اجرا شده: ۷۰.۰۰۰ مترمربع

رده مقاومتی بتن: 25 MPa

ضخامت بتن ریزی: ۱۰-۶ سانتی متر



پروژه RINGSISTANBUL

روسازی بتنی



مشخصات پروژه:

پروژه : اجرای روسازی بتنی
محل اجرا : ترکیه - استانبول



SEICUK PHARMACY WAREHOUSE پروژه

کفسازی صنعتی و ساختمانی



مشخصات پروژه:

پروژه : اجرای کفسازی کارخانه صنعتی

محل اجرا: ترکیه Gebze Organized Industrial site

کل مساحت اجراشده : ۳۵.۰۰۰ مترمربع



پروژه KOLUMAN AUTOMOTIVE

کفسازی صنعتی و ساختمانی



مشخصات پروژه:

پروژه : اجرای کفسازی کارخانه صنعتی
محل اجرا : ترکیه Yenice/Mersin
کل مساحت اجراشده : ۱۰.۰۰۰ مترمربع



پروژه CEYNAK LOGISTICS

کفسازی صنعتی و ساختمانی



مشخصات پروژه:

پروژه : اجرای محوطه سازی
محل اجرا : ترکیه Tarsus/Mersin
کل مساحت اجراشده : ۲۵۰۰۰ مترمربع



SENTEZ PACKAGING پروژه

کفسازی صنعتی و ساختمانی



مشخصات پروژه:

پروژه: اجرای کفسازی کارخانه صنعتی
محل اجرا: ترکیه Kocaeli
کل مساحت اجراشده: ۴۰.۰۰۰ مترمربع



HAYVANPARK پروژه

کفسازی صنعتی و ساختمانی



مشخصات پروژه:

پروژه : اجرای کفسازی محل نگهداری حیوانات
محل اجرا : ترکیه Konya/Central Anatolia
کل مساحت اجراشده : ۲۵.۰۰۰ مترمربع



پروژه POLIMEKS CONSTRUCTION INC

کفسازی صنعتی و ساختمانی



مشخصات پروژه:

پروژه : اجرای کفسازی ساختمانی
محل اجرا : ترکمنستان
کل مساحت اجراشده : ۴۰.۰۰۰ مترمربع



پروژه BIM

کفسازی صنعتی و ساختمانی



مشخصات پروژه:

پروژه: اجرای کفسازی کارخانه صنعتی
محل اجرا: ترکیه منطقه صنعتی Aksaray
کل مساحت اجراشده: ۱۵۰۰۰ مترمربع



پروژه OZAKTEKS TEKSTIL

کفسازی صنعتی و ساختمانی



مشخصات پروژه:

پروژه : اجرای کفسازی
محل اجرا: ترکیه Velimese O.S.B/Trakya



پروژه KOZA GOLD MINE

شاتکریت



مشخصات پروژه:

پروژه : شاتکریت پوشش دیواره تونل

محل اجرا : ترکیه Mastra/Izmir



پروژه KALAMIS HOTEL

کفسازی صنعتی و ساختمانی



مشخصات پروژه:

پروژه: اجرای کفسازی ساختمان

محل اجرا: ترکیه - استانبول

رده مقاومتی بتن: 25 MPa

ضخامت بتن ریزی: ۱۲-۷ سانتی متر



پروژه APS PLASTIK

کفسازی صنعتی و ساختمانی



مشخصات پروژه:

پروژه : اجرای کفسازی کارخانه صنعتی
محل اجرا : ترکیه Cerkesli/Kocaeli



پروژه TEMPA PANO

کفسازی صنعتی و ساختمانی



مشخصات پروژه:

پروژه: اجرای کفسازی کارخانه صنعتی
محل اجرا: ترکیه Marmara
کل مساحت اجراشده: ۱۲۰۰۰ مترمربع



پروژه DOTA LOJISTIK

کفسازی صنعتی و ساختمانی



مشخصات پروژه:

پروژه : اجرای کفسازی کارخانه صنعتی
محل اجرا : ترکیه Cerkesli/Kocaeli
کل مساحت اجرا شده : ۳۰.۰۰۰ مترمربع



پروژه NEWADA MALTEPE

کفسازی صنعتی و ساختمانی



مشخصات پروژه:

پروژه : اجرای پشت بام
محل اجرا: ترکیه Marmara



پروژه AKFENHES

شاتکریت



مشخصات پروژه:

پروژه : شاتکریت تونل
محل اجرا : ترکیه - ترابوزان



پروژه TAT BAKLIYAT

کفسازی صنعتی و ساختمانی



مشخصات پروژه:

پروژه: اجرای کفسازی سردخانه

محل اجرا: ترکیه Mersin

کل مساحت اجراشده: ۳۰.۰۰۰ مترمربع

رده مقاومتی بتن: 30 MPa

ضخامت بتن ریزی: ۲۰ سانتی متر



پروژه AUTOPIA

کفسازی صنعتی و ساختمانی



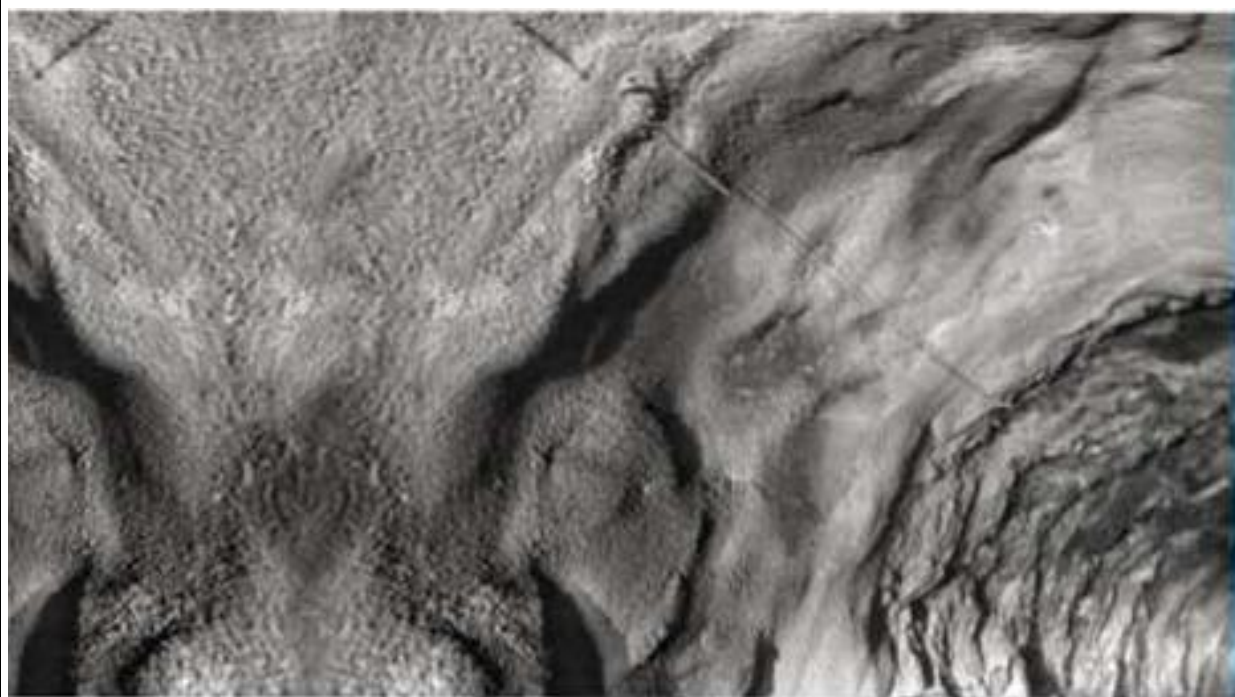
مشخصات پروژه:

پروژه : اجرای کفسازی پارکینگ
محل اجرا : ترکیه - استانبول
رده مقاومتی بتن : 30 MPa
ضخامت بتن ریزی : ۱۰ سانتی متر



پروژه BERRAKUS HES

شاتکریت



مشخصات پروژه:

پروژه : شاتکریت پوشش دیواره تونل

محل اجرا : ترکیه - ترابوزان

کل مساحت اجرا شده : ۴.۵۰۰ مترمربع



پروژه DAGBASI HES

شاتکریت



مشخصات پروژه:

پروژه : شاتکریت پوشش نهایی تونل
محل اجرا : ترکیه Mersin



پروژه ADASU HES

قطعات پیش ساخته



مشخصات پروژه:

پروژه : اجرای کانال
محل اجرا : ترکیه - آداپازان
رده مقاومتی بتن : 20 MPa
ضخامت بتن ریزی : ۲۵ سانتی متر



پروژه HAYMEANA 1-2 HES PROJESI

شاتکریت



مشخصات پروژه:

پروژه : شاتکریت تونل
محل اجرا : ترکیه Kutahya