



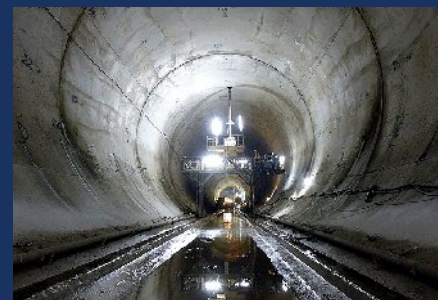
کمیته حفاری مکانیزه انجمن تونل ایران
با همکاری شرکت سابیر و شرکت توسعه منابع آب و نیروی ایران

استفاده از الیاف فلزی در ساخت سگمنت تونل

(مطالعه موردی: پروژه تونل چم شیر)

ارائه دهندگان: آقایان مهندسین
محمد خسرو تاش، مجید مشهد میقانی، علی بنکدار
علی اکبر صابری، مصطفی روان بخش، مسعود خسرو تاش

تیر ماه ۱۳۹۳



فهرست مطالب

۱. مقدمه و طرح موضوع
۲. بیان دیدگاه کلان مدیریتی (از دید کارفرمای طرح شبکه آبیاری و زهکشی چم شیر)
۳. مروری بر پیشینه تاریخی استفاده از الیاف در بتن در دنیا
- . تاریخچه بهره گیری از الیاف در بتن در ایران و بررسی تجربیات موجود
- . مبانی تئوریک و علمی و مراجع موجود در این زمینه
- . روشهای طراحی سازه ای بتن الیافی و طرح اختلاط بتن الیافی
- . لزوم و مزایای به کارگیری الیاف فولادی
- . محدودیت ها و الزامات اجرایی (استانداردهای آزمایش بتن الیافی)
- . مطالعه موردی: پروژه تونل و سد تنظیمی چم شیر
- . معرفی پروژه
- . مروری بر فعالیت های انجام شده (مطالعات، مباحث نظری و محاسبات و طراحی، آزمایشات قبل از اجرا، اجرا و آزمایش های حین اجرا)
- . بحث و نتیجه گیری

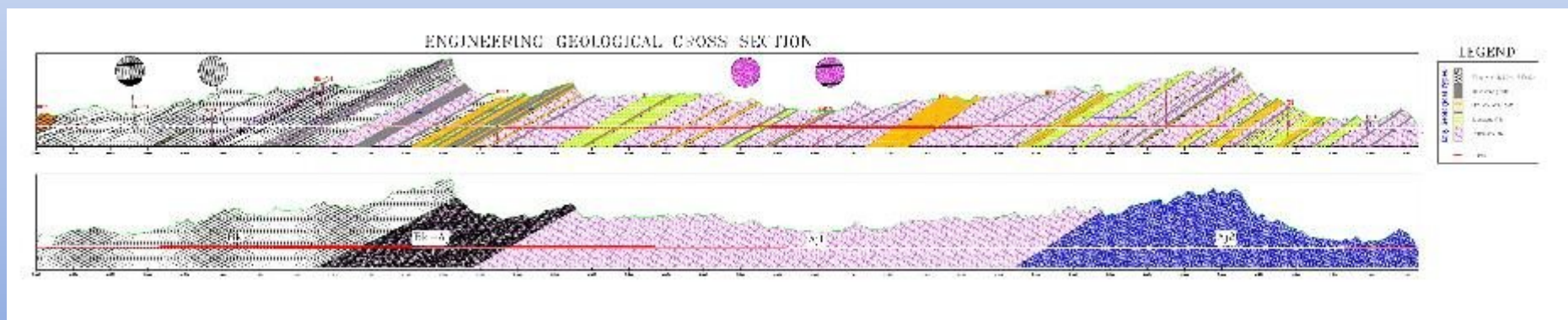
طرح موضوع

با توجه به اهمیت صرفه‌جویی در هزینه‌های پروژه و افزایش سرعت اجرا و نیز لزوم به‌کارگیری از آخرین تکنولوژی‌های ساخت در دنیا، طرح استفاده از الیاف فولادی به‌عنوان جایگزین شبکه آرماتور فولادی در ساخت سگمنت مورد بررسی قرار گرفت. این طرح که با هدف تولید سریع‌تر و مطمئن‌تر سگمنت (و به‌عنوان سرآغازی برای استفاده از این تکنولوژی در داخل کشور) اتخاذ گردید، با حمایت کارفرمای محترم طرح (شرکت توسعه منابع آب و نیروی ایران) با جدیت دنبال شد.

اهمیت موضوع طرح بتن الیافی

- اولین طرح سگمنت بتنی (مورد استفاده در حفاری مکانیزه) با تکنولوژی الیاف فولادی در ایران
- حمایت از تولیدکنندگان داخل کشور در بخش تولید الیاف فولادی
- زمینه سازی برای استفاده از بتن الیافی در سایر پروژه های داخلی در حال اجرا
- کاهش هزینه های تولید سگمنت از طریق کاهش هزینه های تسلیح سگمنت و هزینه های تولید سگمنت (ساخت و نصب سبد آرماتوری)
- افزایش طول عمره مفید تونل ها از طریق بهبود کیفیت بتن سگمنت و افزایش دوام آن در برابر شرایط محیطی و کاهش لب پریدگی سگمنت ها و کاهش هزینه های ترمیم، که به مفهوم صرفه جویی اقتصادی می باشد.
- سازگاری با توسعه پایدار کشور از بابت مصرف کمتر آهن در پروژه های تونلی و بالتبع آن، آلودگی کمتر زیست محیطی ناشی از مصرف کمتر آهن و افزایش طول عمر سازه
- بهبود شرایط ایمنی پوشش تونل ها در مواجهه با آتش سوزی
- کاهش جریان های الکتریکی القایی نامطلوب ناشی از حرکت قطارها در تونل های مترو

مقطع طولی زمین شناسی مهندسی مسیر تونل



طول تقریبی تونل: ۷۰۰۰ متر
 سازند های مسیر تونل: کنگلومرای بختیاری (۲۵۰۰ متر)، گلسنگ آغا جاری (۴۵۰۰ متر)
 حداکثر مقدار روباره: ۱۶۵ متر
 هد آب زیرزمینی بالای تونل: در حد صفر (بر اساس مطالعات ژئوالکتریک و پیزومتری)

فرآیند بکارگیری الیاف فولادی در طرح سگمنت پروژه تونل چم شیر





مطالعه موردی:

بهره گیری از سگمنت با طرح بتن الیافی در پروژه
تونل و سد تنظیمی چم شیر

افی چم شیر

معرف



معرفی پروژه تونل و سد انحرافی چم شیر



کارخانه سگمنت

محل احداث سد تنظیمی

پرتال ورودی تونل

پل آب نما





نمایی از محدوده اجرای پروژه (محل پرتال تونل و سد تنظیمی)
قبل از شروع عملیات اجرایی (اسفند ۹۱)



تصویر پانوراما از محدوده اجرایی پرتال ورودی (فروردین ۹۳)



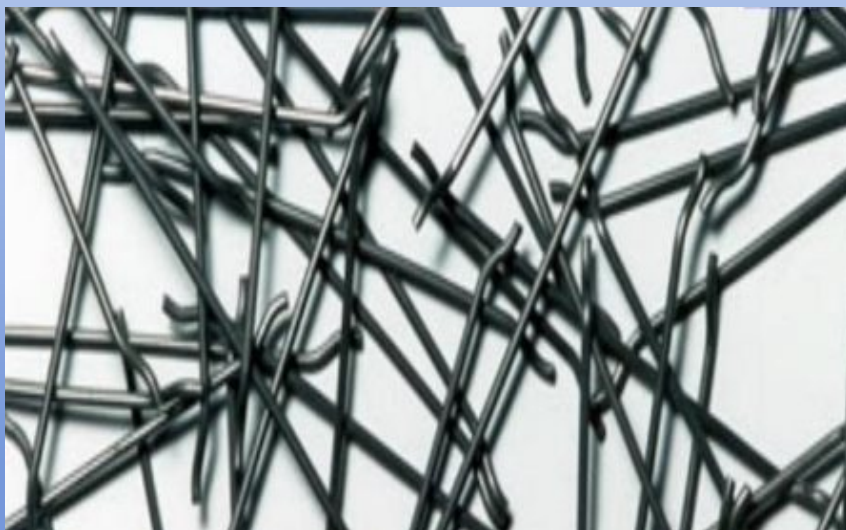
تصویر پانوراما از محدوده اجرایی کارگاه شامل پرتال ورودی تونل، فرازبند - نشیب بند شماره ۲، کانال انحراف شماره ۲، جناح چپ سد و آبگیر (آبان ۹۳)

ویژگی ها و مشخصات دستگاه HK S-124

نوع دستگاه	Single shield Hard-rock
سازنده	شرکت هرکنشت آلمان
قطر حفاری	۵/۳ متر
طول شیلد	۸ متر
طول کل دستگاه	۱۳۰ متر
تعداد جک های تراست	۱۲ عدد
تعداد گنتری ها	۱۵ عدد



بررسی سابقه تاریخی موضوع و فعالیت های انجام شده



سوابق کاربرد الیاف در مصالح ترد

گذشته های دور

- استفاده از کاه برای مسلح کردن آجرهای خشتی
- استفاده از پنبه نسوز برای تسلیح رس
- استفاده از موی اسب برای مسلح کردن ملاتهای بنایی

گذشته های نزدیک

- استفاده از الیاف آزبست در خمیر سیمان
- (به دلیل مسائل زیست محیطی و بهداشتی از دهه ۱۹۶۰ میلادی، الیاف دیگری جایگزین آنها گردید.)

روند تاریخی استفاده از الیاف

پیشنهاد اضافه کردن الیاف پیوسته به شکل سیم به بتن، توسط **Joseph Lambot**

۱۸۴۷



انجام یکسری آزمایشات برای مقاومت بتن به وسیله الیاف های کوتاه، توسط **Porter**

۱۹۱۰



ساخت المان های کامپوزیت شامل سیمان و پنبه نسوز

ارائه روشی برای بهبود رفتار بتن مسلح توسط **Zitkevic** (استفاده از الیافهای سیم آهنی)

۱۹۳۹



۱۹۶۰

ارائه تحقیقات گسترده توسط محققین و شرکت های تولید کننده و تأمین کننده الیاف



۱۹۷۰

فراگیر شدن استفاده از بتن مسلح به الیاف فولادی (**SFRC**)

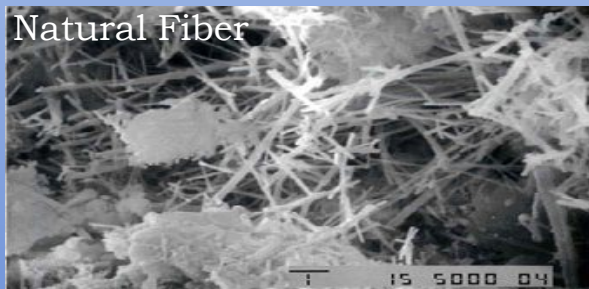
انواع الیاف مورد استفاده در بتن

Steel Fiber



- الیاف فولادی
- الیاف مصنوعی (نایلونی، پروپیلن، پلیمری)
- الیاف طبیعی
- الیاف شیشه

Natural Fiber



Glass Fiber



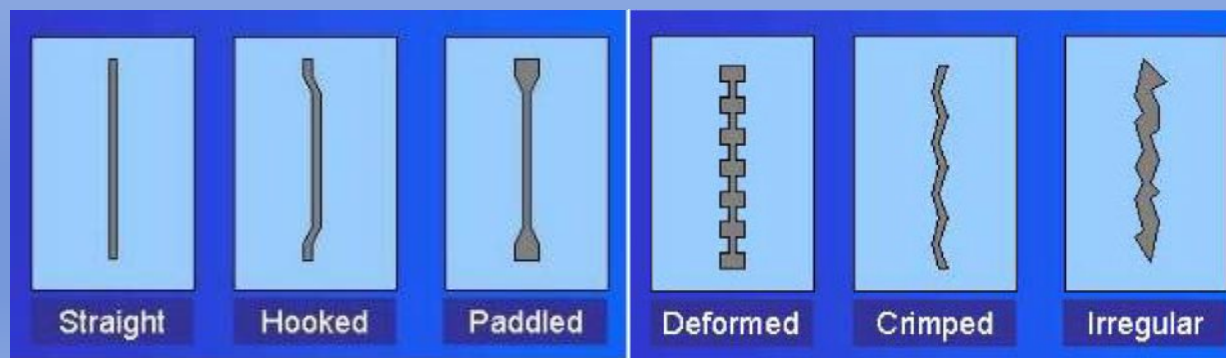
Synthetic Fiber

پارامترهای تاثیر گذار در مشخصات بتن تازه الیافی

- تاثیر اختلاط مناسب (گلوله شدن الیاف در بتن)
- تاثیر شکل و سایز الیاف در مشخصات بتن تازه الیافی
- تاثیر درصد حجمی یا وزنی الیاف در مشخصات بتن تازه الیافی
- تاثیر کاربرد همزمان الیاف پلیمری با الیاف فولادی
- تاثیر کاربرد افزودنی ها (روان کننده و)

بررسی خواص بتن الیافی سخت شده

- افزایش مقاومت کششی
- افزایش مقاومت خمشی
- افزایش مقاومت برشی بتن
- افزایش مقاومت پیچشی ($1/5$ تا 2 برابر بتن خالص)
- افزایش مقاومت در برابر ترک خوردگی
- افزایش مقاومت در مقابل تغییرات ناگهانی دمای بتن (قابلیت هدایت حرارتی)
- افزایش قابل توجه مقاومت سایشی
- افزایش طاق بتن (افزایش انعطاف پذیری جسم بتن و قابلیت بیشتر در جذب انرژی)



انواع الیاف فولادی (در ابعاد و شکل های مختلف)

انواع الیاف فولادی (در ابعاد و شکل های مختلف)

4D



The anchorage of the hook and the tensile strength of the wire have been designed specifically to affect cracks between 0,1 and 0,3 mm.



The ductile wire of the 5D series elongates while the hook remains firmly in place, enhancing both the strength and the ductility of the concrete.



کاربری های SFRC





کاربری های SFRC

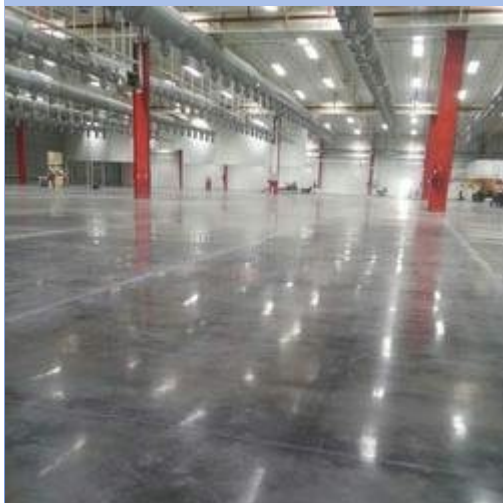


- ۱- روسازی بتنی بزرگراهها، جاده ها و فرودگاهها
- ۲- تونلسازی (مکانیزه و سنتی: در لاینینگ نهایی و یا در شاتکریت)
- ۳- لوله های بتنی
- ۴- گاراژهای پیش ساخته
- ۵- فونداسیونها
- ۶- دیواره و کف کانالها
- ۷- قطعات پیش ساخته بتنی
- ۸- دریچه های بازدید و دیواره آنها
- ۹- در ساختمان تونلها و فضاهای زیرزمینی یا معابر معادن بصورت بتن پاشی
- ۱۰- تثبیت شیب ها و همچنین تثبیت ترانشه های سنگی و ریزشی با بتن پرتابی
- ۱۱- آسفالت الیافی
- ۱۲- عناصر سازه ای
- ۱۳- سازه های ضد انفجار و ضربه پذیر
- ۱۴- پروژه های عایق حرارتی و نسوز
- ۱۵- پوسته های نازک و دیوارها
- ۱۶- سازه های دریایی
- ۱۷- کف سالن های صنعتی
- ۱۸- عرشه پل ها
- ۱۹- محیط های در معرض کاویتاسیون و فرسایش
- ۲۰- تعمیر قسمت های آسیب دیده سازه ای موجود (سدها، پلها و...)

استفاده از الیاف در شاتکریت



استفاده از الیاف در کف های صنعتی



کاربری های SFRC



Photo 6.1 - Example of use in the airports.



Photo 6.2 - Example of use in the parking areas.



Photo 6.3 - Example of use in industrial flooring.



Photo 6.4 - Example of use in the ports.



سابقه استفاده از الیاف در پروژه های زیرزمینی

- پروژه سد و نیروگاه کارون ۳
- پروژه تونل قمرود (قطعه ۱ و ۲، مغار عسگران)
- تونل پارچین
- تونل شهید باقری لامرد
- تونل اصفهان به یاسوج
- تونل دهدشت
- برخی از تونل های راه آهن شیراز- اصفهان

پروژه های مطالعاتی آزمایشگاهی

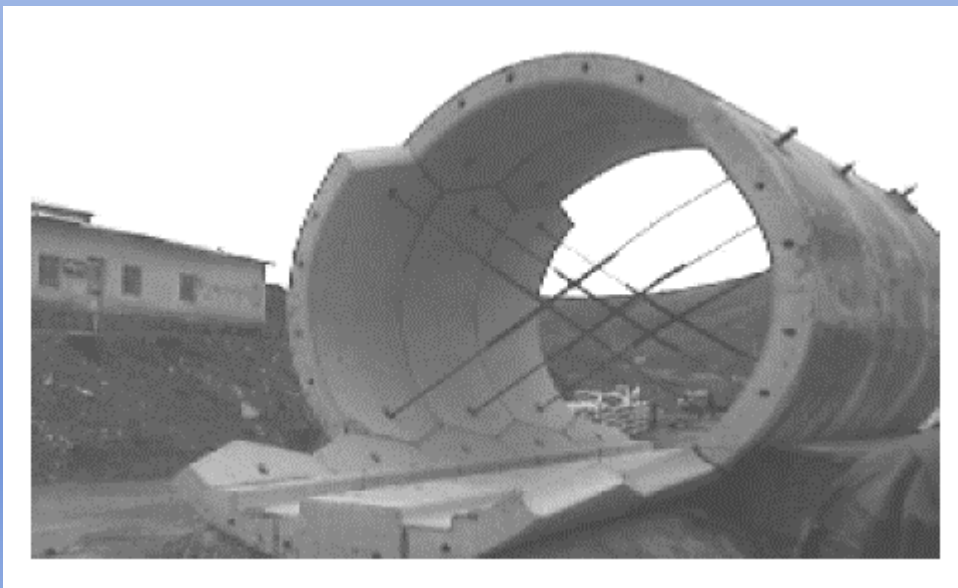
- قطعه ۳ و ۴ تونل بلند قمرود
- تونل انتقال آب کرج - تهران

سابقه استفاده از الیاف فولادی در حفاری مکانیزه در ایران

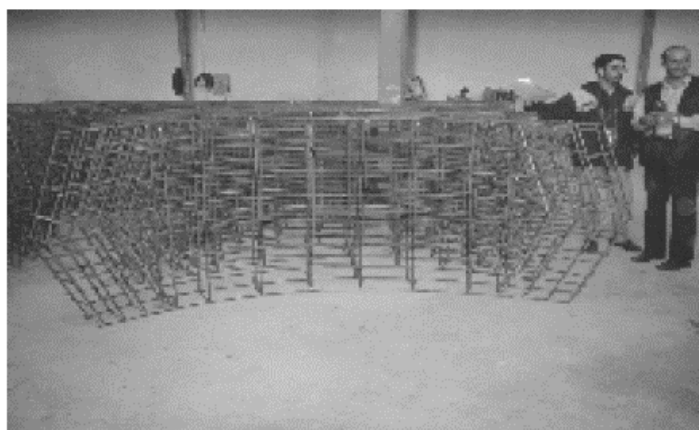
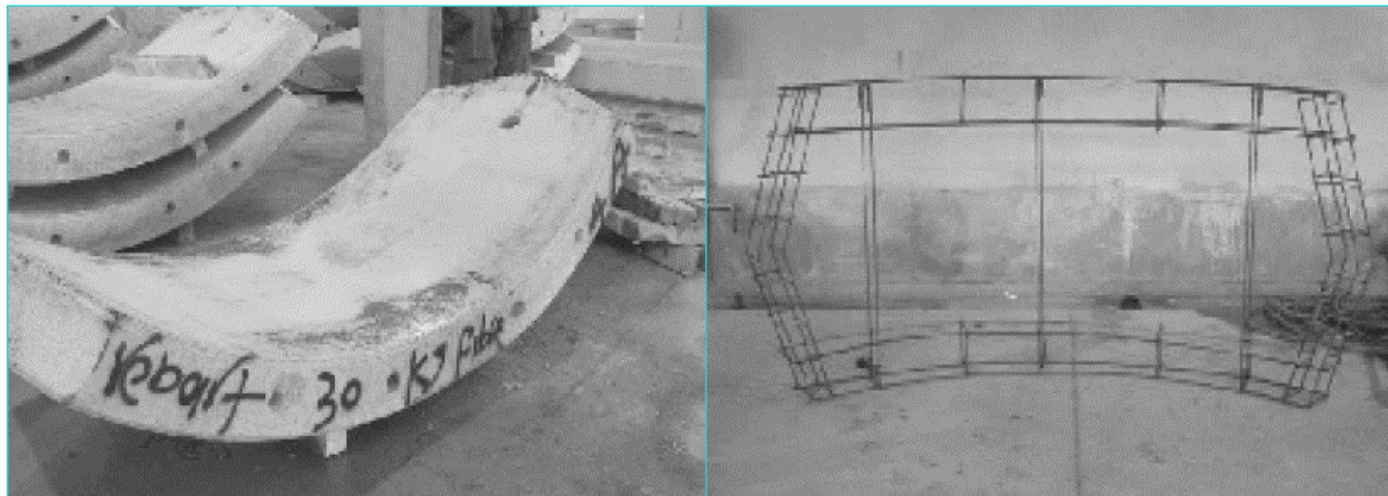
پروژه تونل انتقال آب دز- قمرود

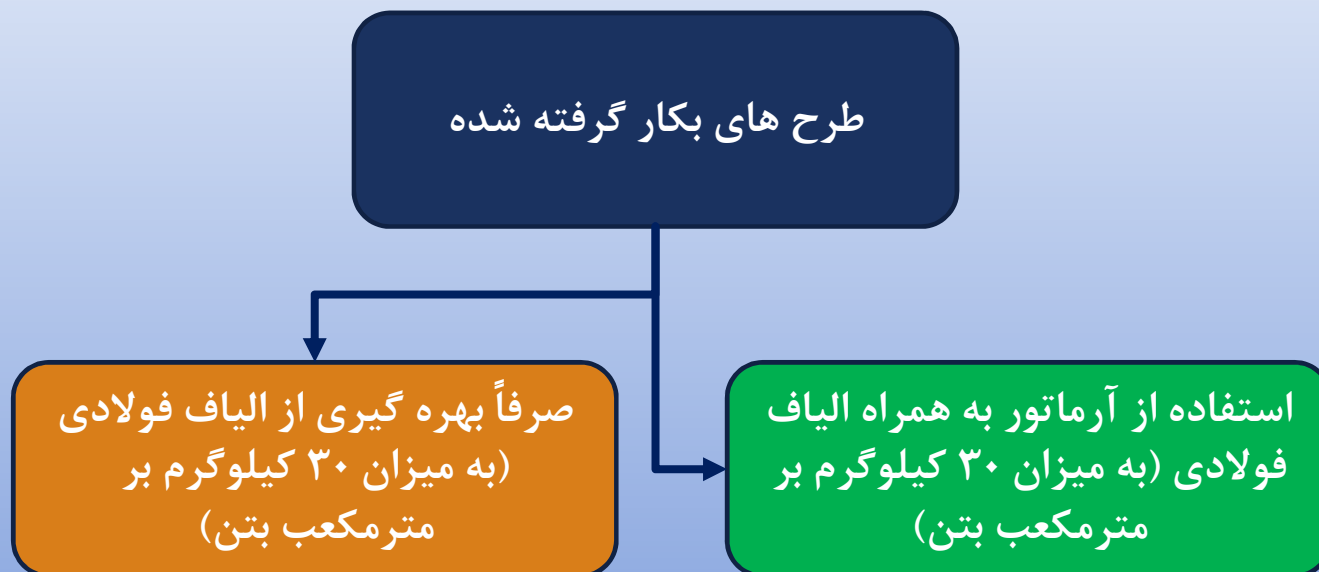
- انجام کار تحقیقاتی در رابطه با بررسی امکان سنجی کاربری الیاف فولادی در تولید قطعات بتنی (سال ۱۳۸۳)

نحوه آرایش سگمنت های بتنی در قطعه سوم و چهارم تونل بلند انتقال آب قمرود



پروژه تونل انتقال آب دز - قمرود



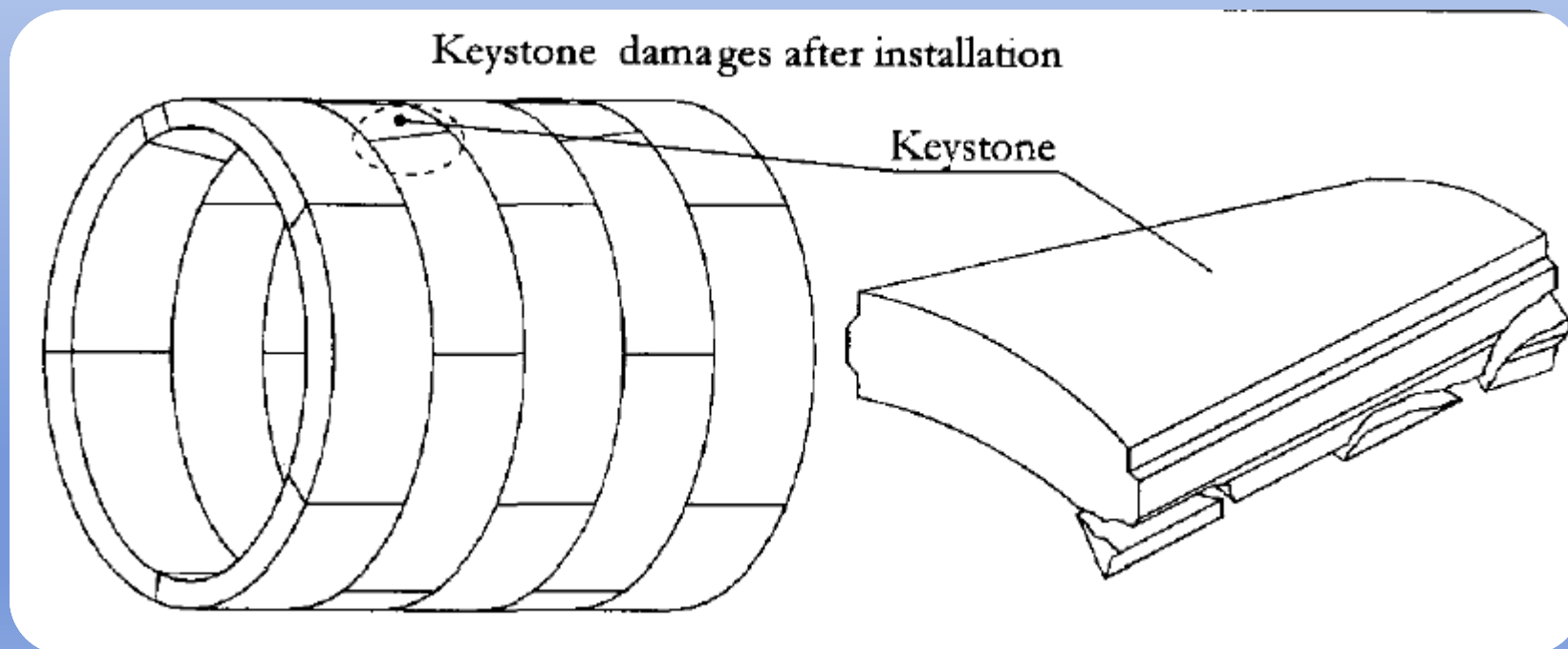


جدول ۳) مشخصات الیاف فولادی در ساخت سگمنت آزمایشی

نوع الیاف	کارخانه سازنده	ابعاد الیاف	مقاومت کششی
Duoloc 47/1.0	IFT	L=47,D=1mm	11000Kg/Cm ²

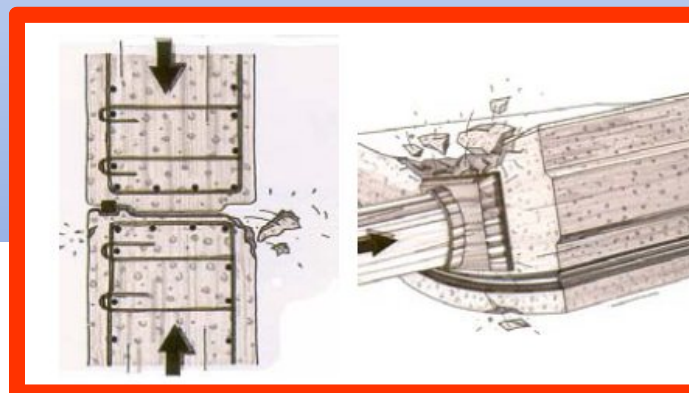
مزایای بهره گیری از الیاف فولادی به جای آرماتور

آسیب دیدن سگمنت کلید در هنگام جازدن در رینگ:
با استفاده از الیاف فولادی احتمال وقوع چنین مواردی بسیار کم می شود.

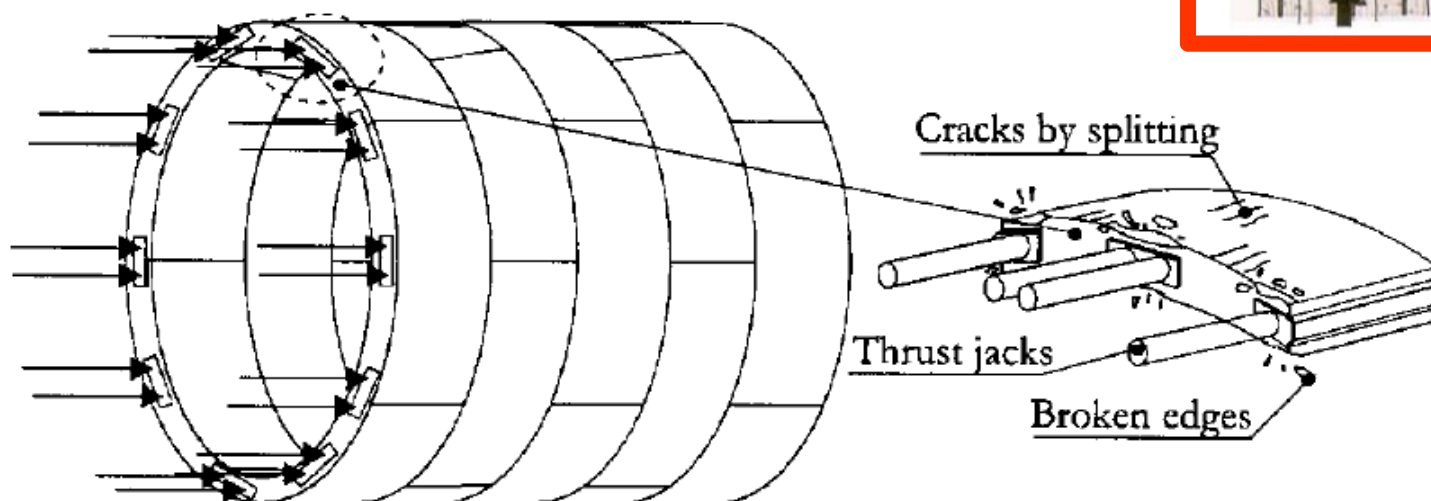


مزایای بهره گیری از الیاف فولادی به جای آرماتور

لب پر شدن سگمنت در لبه های سگمنت در حین اعمال فشار از جکهای تراست:
با استفاده از الیاف فولادی چنین آسیبهایی کاهش خواهد یافت.



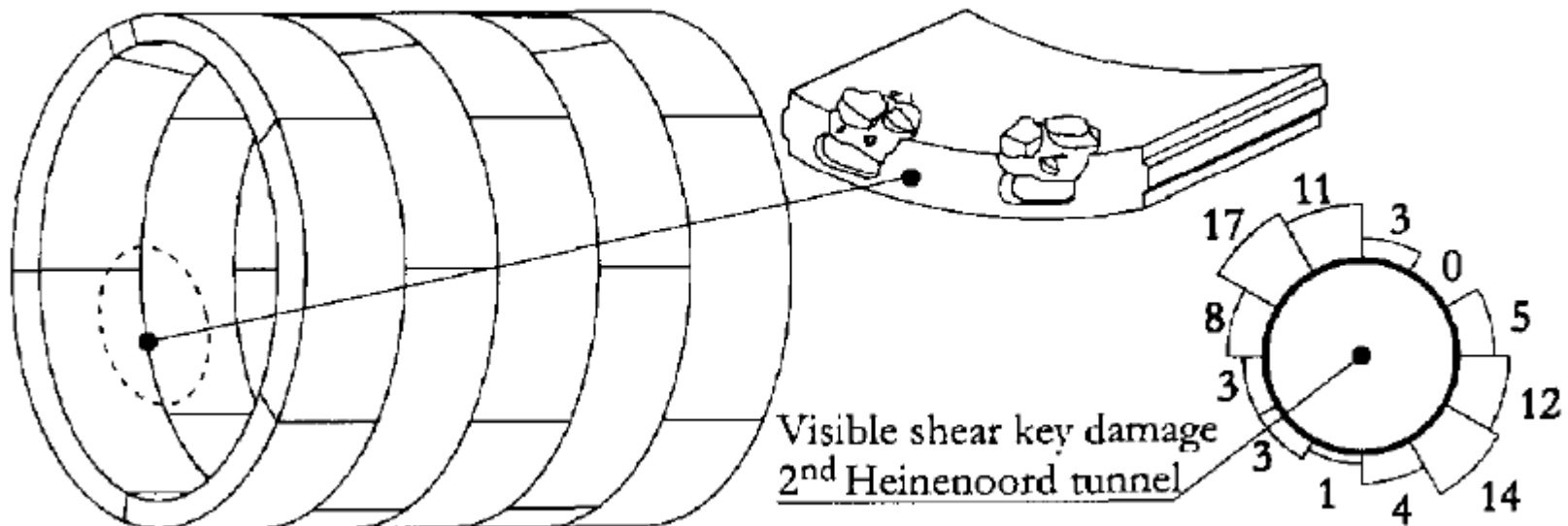
Damages as a result of a concentrated thrust jack force



مزایای بهره گیری از الیاف فولادی به جای آرماتور

آسیب دیدن سگمنت در محل اتصالات:
با استفاده از الیاف فولادی این مورد آسیب ها کاهش می یابد.

Observed circular joint connection damages



معرفی پروژه ها

پروژه های تونلسازی (مکانیزه و غیر مکانیزه) با بهره گیری از بتن الیافی



Transportation of precast segments (Metrosud).



Test-ring (Heathrow).

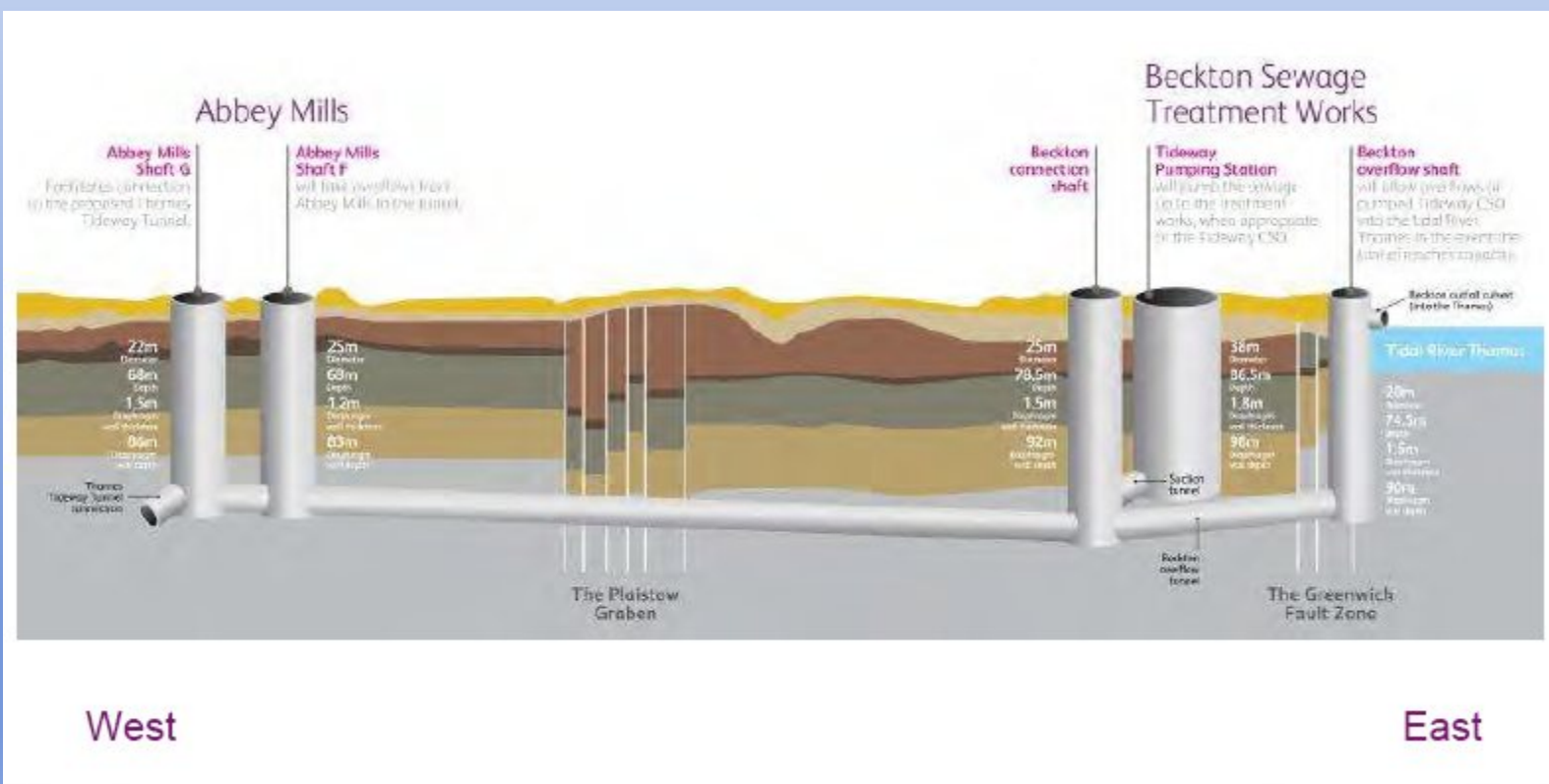
استفاده از الیاف پلی پروپیلن و فولادی در ساخت سگمنت تونل لی در انگلستان

Although not a major risk, fires have been known to occur in tunnels under construction. Therefore, in addition to 30kg/m^3 of Dramix steel fibres, Lee's segments also incorporate 1kg/m^3 of Adfil polypropylene fibres to mitigate against spalling in case of fire.



اگر چه احتمال وقوع آتش سوزی در حین ساخت تونل بسیار کم است، لیکن به منظور کاهش تخریب **Spalling** در صورت وقوع آتش سوزی احتمالی، به میزان ۱ کیلوگرم در متر مکعب الیاف پلی پروپیلن به الیاف فولادی اضافه شده است.

استفاده از الیاف پلی پروپیلن و فولادی در ساخت سگمنت تونل لی در انگلستان



استفاده از الیاف پلی پروپیلن و فولادی در ساخت سگمنت تونل لی در انگلستان

Primary Precast Segmental Lining

- 7.8m internal diameter steel and polypropylene fibre reinforced concrete precast segments

7 no. segments and a key designed as a universal ring 1.7m long and 350mm thick, designed to support full ground and groundwater pressure

- Supplied by the Ridham Precast Concrete plant of Morgan Sindall
- EDPM (ethylene propylene diene monomer) rubber gaskets (from Datwyler Phoenix) cast into the segments
- Primary and secondary grout injection



استفاده از الیاف پلی پروپیلن و فولادی در ساخت سگمنت تونل لی در انگلستان

Secondary In-Situ FRC Lining

- 7.2m ID steel fibre reinforced shuttered in-situ concrete 300mm thick
- Using 40kg/m³ dosage of Bekeart 5D fibres
- To be poured in two bespoke 270 degree 30m long articulated shutters
- Plus 26no. bespoke 10m long 90 degree invert shutters
- Pumping and concrete quality trials in progress using trial invert shutters



Secondary Lining Shutters Under Construction

مشخصات سگمنت تونل Lee

ضخامت سگمنت: ۳۵ سانتیمتر
طول رینگ: ۱,۷ متر
تعداد قطعه در رینگ: ۷+۱
شکل سگمنت: یونیورسال

تکنولوژی های جدید به کار
رفته در این پروژه:

تسلیح سگمنت با الیاف فولادی
نصب گسکت EPDM در قالب
کنترل لیزری سه بعدی سگمنت
تولید شده

Designed by MVB's engineer, Morgan Sindall Underground Professional Services (UnPS), the 1.7m wide, 350mm thick, seven segment + key universal tapered ring is currently under production at Morgan Sindall's permanent precast factory, at Ridham Dock, in Kent. A number of emerging technologies – such as steel fibre reinforcement, cast-in EPDM gaskets, 3D laser checking of cast segments for quality control and a unique maturity monitoring system – have all been brought together for the first time during segment fabrication for this project.

پروژه های تونلسازی (مکانیزه و غیر مکانیزه) با بهره گیری از بتن الیافی

Project	country	type	length (m)	internal diameter (m)	thickness (cm)
Fanaco	Italy	water	4.820	3	20
Metrosud	Italy	underground	2.640	5,8	30
Heathrow	U.K.	service	1.400	4,5	15
Jubilee	U.K.	underground	2.400	4,45	20
Essen	Germany	underground	100	7,3	40
Lötschberg	Switzerland	pilot	160	4,5	22

استفاده از الیاف فولادی برای کف سازی در کشور نیوزلند
(آمار ارائه شده، مربوط به سال ۱۹۹۹ میلادی می باشد)

Project title	Total floor area (m ²)	Floor thickness (mm)	Concrete specified strength (MPa)	Dramix C65/60BN fibre dose (kg/m ³)	Joint spacing (m)	Design wheel load (kN)
Cool Stores	14000	120	25	25	12 x 12	20
New Plymouth - 1998						4W in row
Casborn's Apple Stores	7000	125	30	20	10 x 805	20
Hastings - 1998						4W in row
Treeco Loading Pad	1000	175	30	30	6 x 6	20
Hastings - 1997						4W in rect
Rata Street Roundabout	1050	185	55	30	7 x 7	Austrroads
Tauranga - 1998						STD Load
Harvey Norman Stage I	14000	120	30	22	7 x 7	25
Auckland, 1999						2W in row
Anchor Milk Factory	700	150	25	20	8 x 8	25
Hamilton - 1998						2W in row
Humes Workshop	1000	175	30	20	8 x 8	25
Hamilton - 1998						2W in row
Birley Cool Stores	1200	130	30	20	7 x 9	Road STD
TePuke - 1998						Vehicle
Challenge Gas Station,	2000	120	25	20	10 x 10	20
New Lynn - 1998						4W in row
Candida Stage 6	2200	200	30	20	12 x 12	20
Auckland - 1998						4W in row
Watermark Plaza	2000	110	25	20	5.2 x 5.2	EDA
Auckland, 1999						4W in row

پروژه های عمرانی با بهره گیری از بتن الیافی در کشور هند

استفاده از الیاف فولادی در پروژه های عمرانی کشور هند (تا سال ۲۰۱۳)

ردیف	نام پروژه	نوع پروژه
۱	KRCL-MSRDC	تونلسازی
۲	Naft haJakari	نیروگاه برقابی
۳	KOL	نیروگاه برقابی
۴	Baglihar	نیروگاه برقابی
۵	Chamera	نیروگاه برقابی
۶	Uri	سد سازی
۷	Sirsisilam	عمرانی
۸	Tehri	سد سازی
۹	Salal	نیروگاه برقابی
۱۰	Ranganadi	نیروگاه برقابی



Fig 1.KRCL-MSRDC Tunnel

پروژه های عمرانی با بهره گیری از بتن الیافی در کشور مالزی

استفاده از الیاف فولادی در پروژه های عمرانی کشور مالزی (تا سال ۲۰۰۹)		
ردیف	نام پروژه	نوع پروژه
۱	Sepang Low Cost Terminal	پایانه حمل و نقل
۲	Kuala Lumpur Penchala Tunnel	تونلسازی
۳	Kuala Lumpur SMART Project	تونلسازی (با دو کاربری: عبور سیلاب، حمل و نقل درون شهری)
۴	CIQ Johor Bahru	پایانه حمل و نقل





پروژه متروی
Prague metro line A
کشور چک

پروژه متروی Prague metro (line A)، کشور چک

آزمایش Full-scale قطعات بتنی پیش ساخته تونل (سگمنت)



FIGURE 6. Key segment compression (left: segment installed in the test machine; right: detail of the fractured surface).

پروژه متروی Prague metro (line A)، کشور چک

آزمایش Full-scale قطعات بتنی پیش ساخته تونل (سگمنت)



FIGURE 7. Segment bending (left: segment installed in the test machine; right: a detail of the fractured surface).

پروژه متروی Prague metro (line A)، کشور چک

آزمایش Full-scale قطعات بتنی پیش ساخته تونل (سگمنت)



FIGURE 8. Compression of a uniformly supported segment.

پروژه متروی Prague metro (line A)، کشور چک

آزمایش Full-scale قطعات بتنی پیش ساخته تونل (سگمنت)

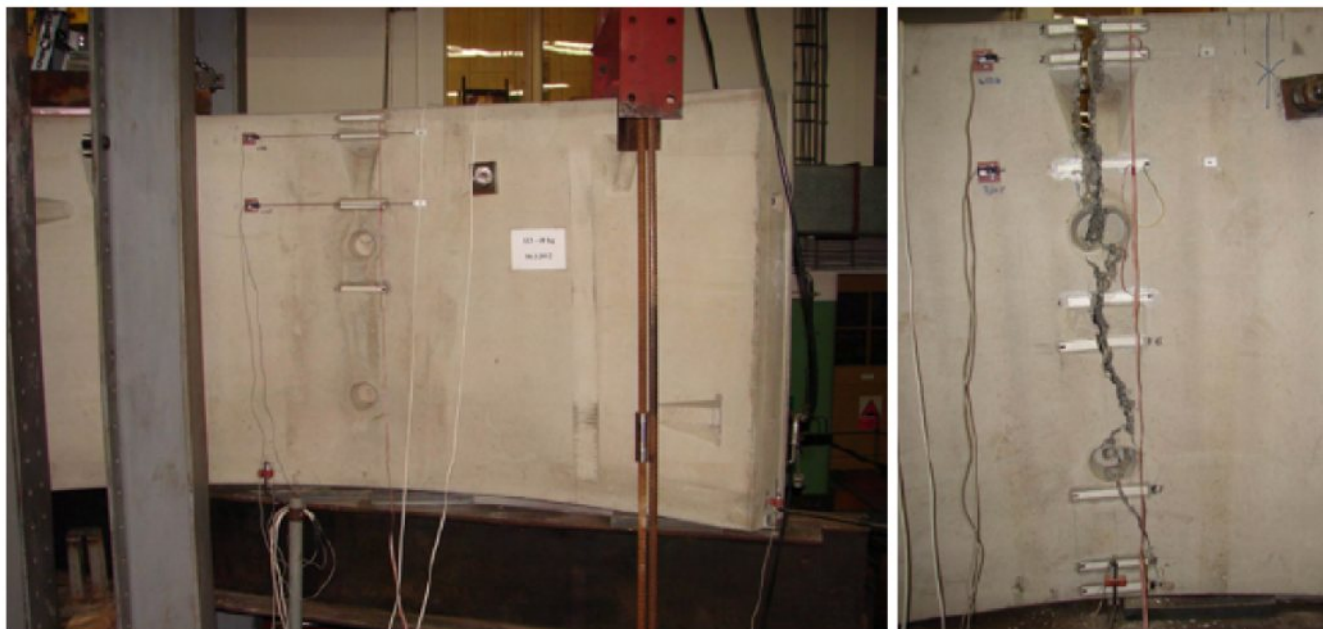


FIGURE 9. Compression of a non-uniformly supported segment (left: segment installed in the test machine; right: detail of the fractured segment).



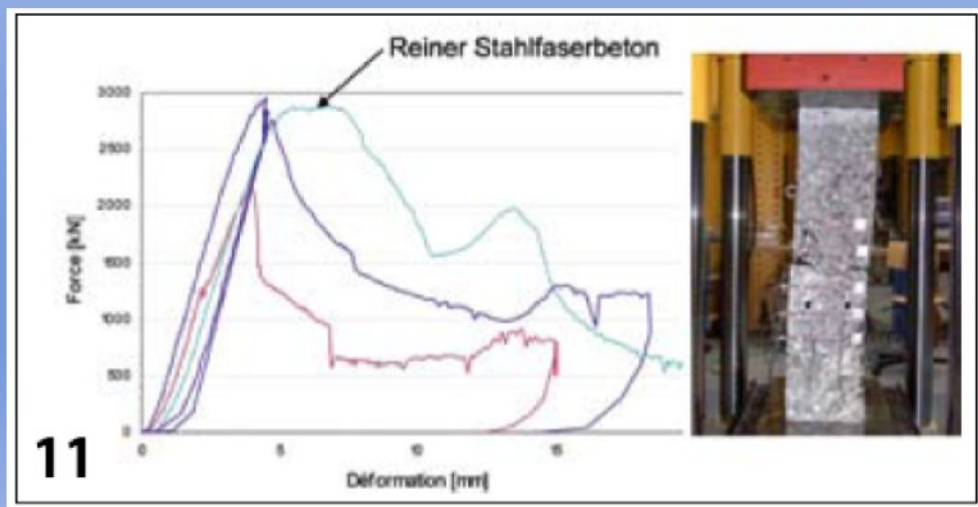
تونل مانس: Channel Tunnel Rail Link (CTRL)

خط ارتباط ریلی بین فرانسه و انگلستان

(completed in: 2003 ~ 2004)

- Number of Segment: 200,000
- Ring: 9+1
- Inner Diameter: 7.15 m
- Lining thickness of 350 mm

10



11

Oenzberg Tunnel

کشور سوئیس

- Double-track, 3,160 m long tunnel
- Driven using a mix-shield TBM
- Lining thickness of 350 mm



The Hofoldingner Stollen

کشور آلمان

- Construction Period: 1999 ~ 2004
- Tunnel Type: drinking-water supply conduit
- Ring: 6 segments
- Lining thickness of 180 mm
- Diameter of 3.30 m



The Wehrhahn Line, Düsseldorf

کشور آلمان، Düsseldorf

- Estimated Completion Date: 2014
- Length: 3.4 Km
- Outer diameter of 9.20 m
- Ring: 7+1 segments
- Lining thickness of 450 mm



STEP, Abu Dhabi

کشور امارات

- Construction Started Date: 2010
- Tunnel Type: waste-water tunnel
- Length: 42 Km (subdivided into 3 lots)
- Boring Diameter: 6.30 m
- Lining thickness of 280 mm
- Diameter of 3.30 m



سایر پروژه ها

- پروژه توسعه متروی بارسلونای اسپانیا
- District Heating Line in Copenhagen





پروژه خط ۳ متروی سنگاپور



بازدید از پروژه متروی سنگاپور

در دی ماه ۱۳۹۲



(بهره گیری از الیاف فولادی در طرح سگمنت تونل متروی شهر سنگاپور)

بازدید از پروژه خط ۳ متروی سنگاپور

طی بازدید دو روزه از این پروژه که یک پروژه شاخص بین المللی در زمینه استفاده از الیاف فولادی (جایگزینی برای میلگرد) در سگمنت می باشد، کارخانه تولید سگمنت و مراحل حفاری و اجرای تونل مورد بازدید قرار گرفت.

قطر داخلی تونل، ۵.۸ متر بوده و تونل، به صورت **double tube** طراحی شده است (مسیرهای رفت و برگشت هر کدام در تونلهای مجزا قرار دارد).

بازدید از پروژه خط ۳ متروی سنگاپور

از ویژگی های بارز کارخانه سگمنت این پروژه، می توان به موارد زیر اشاره کرد:

- استفاده از قالب متحرک (کاروسل، Carousel) در چرخه تولید سگمنت (با توجه به هزینه بالای زمین در سنگاپور و لزوم اشغال کمتر فضا)
- استفاده از اتوماسیون صنعتی در جهت کاهش نفرات و افزایش سرعت تولید

- تعداد نفرات شیفتر کارخانه، حداکثر ۱۰ نفر
- ایمنی بالا و رعایت کلیه دستورالعمل های ایمنی (HSE)
- قابلیت تولید روزانه ۱۰ تا ۲۰ رینگ
- بهره گیری از ۵ سری قالب (با ترکیب 7+1)

بازدید از پروژه خط ۳ متروی سنگاپور

در طرح سگمنت این پروژه:

۱. از الیاف فولادی شرکت Maccaferri استفاده شده است.
۲. در مقطعی از تونل که الزاماً می بایست از ضریب اطمینان بیشتری استفاده گردد، طرح سگمنت به صورت ترکیبی از الیاف فولادی و شبکه آرماتور به اجرا درآمده است.
۳. در مقطعی که تونل در زیر سطح ایستابی قرار می گیرد، از یک لایه coating اپوکسی (جهت جلوگیری از خوردگی ناشی از آب شور دریا) بر روی سگمنت ها استفاده شده است.



اپراتور شارژ بتن در قالب سگمنت
(جهت کاهش سروصدای ناشی از
تخلیه بتن در قالب ها، این عملیات
در یک فضای بسته و ایزوله به
انجام می رسد)

بازدید از پروژه خط ۳ متروی سنگاپور



مخزن الیاف فولادی
(که توسط نوار نقاله
به قیف خروجی
انتقال پیدا می کند)

بازدید از پروژه خط ۳ متروی سنگاپور



قیف خروجی الیاف
فولادی

بازدید از پروژه خط ۳ متروی سنگاپور



کوره های بخار
(۴ کوره) که با خط
چین قرمز مشخص
شده اند

بازدید از پروژه خط ۳ متروی سنگاپور



گیت خروجی قالبها
از کوره ها

بازدید از پروژه خط ۳ متروی سنگاپور

خروج قالب ها از
کوره پس از مدت
زمان ۲ ساعت



بازدید از پروژه خط ۳ متروی سنگاپور

مسیر خروج قالب ها
از کوره، جهت
دیمولدینگ و
خروج سگمنت از
قالب، و شارژ دوباره
قالب ها



بازدید از پروژه خط ۳ متروی سنگاپور



حرکت سگمنت ها
به سمت محل دیو

بازدید از پروژه خط ۳ متروی سنگاپور

محل دپوی سگمنتها
در کارخانه



بازدید از پروژه خط ۳ متروی سنگاپور



سگمنت با پوشش
اپوکسی (جهت
مقاومت در برابر
خوردگی نمک)

بازدید از پروژه خط ۳ متروی سنگاپور



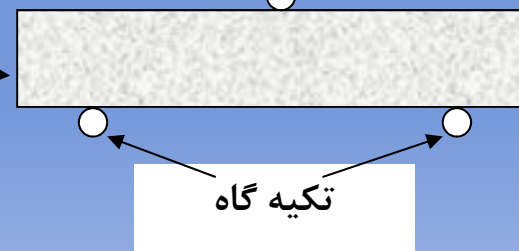
دستگاه تست خمش بر روی نمونه منشوری شکل بتن الیافی

از نکات بارز انجام این تست، نقاط اتصال نمونه به تکیه گاهها و نیز اتصال میله بارگذاری می باشد، به نحوه که همگی این اتصالات می بایست به صورت خطی باشد، و این کار با استفاده از سطوح محدب به انجام رسیده است.

میله بارگذاری

نمونه منشوری
بتن الیافی

تکیه گاه



بازدید از پروژه خط ۳ متروی سنگاپور



سه رینگ آزمایشی جهت تست جورشدگی
هندسی سگمنت ها (در محل کارخانه)



فعالیت های خاص انجام شده در پروژه چم شیر

طرح بتن الیافی



قالب های سگمنت، استقرار یافته در کارخانه
تولید سگمنت



نمونه ای از سگمنت های بتن الیافی تولید
شده در کارخانه سگمنت تونل چم شیر

تحقیقات جاری و فعالیت پژوهشی

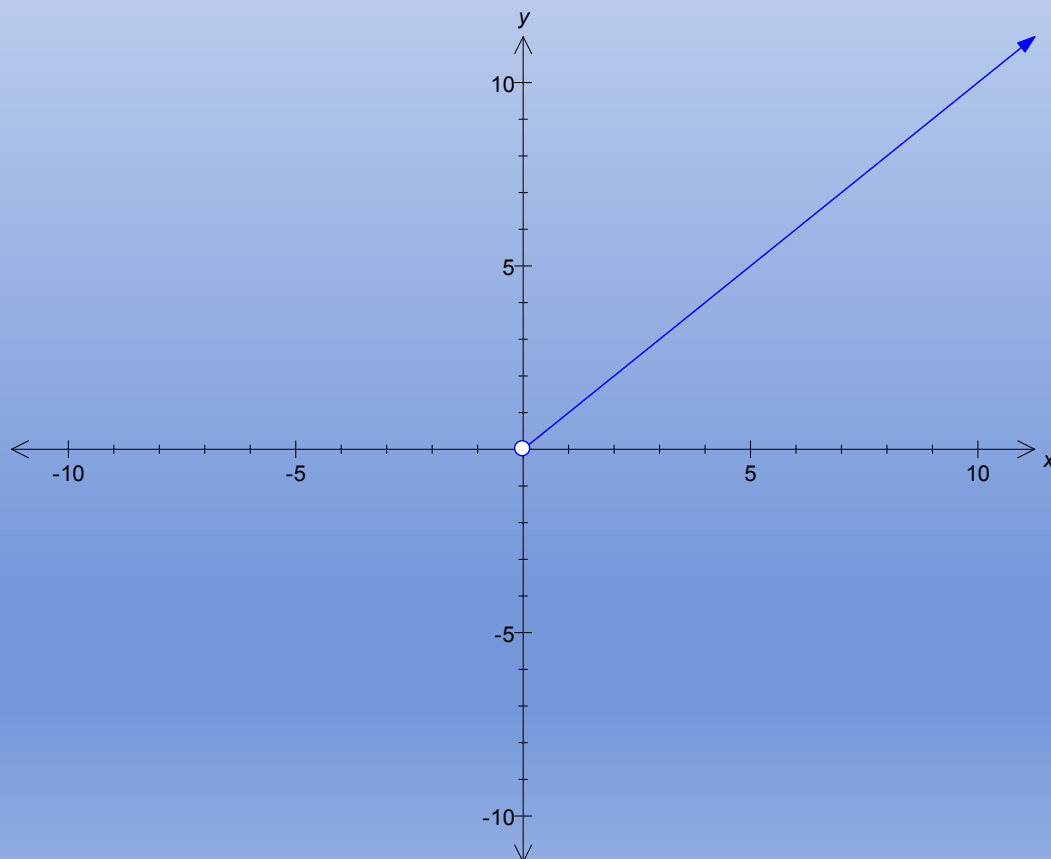
تحقیقات جاری

فعالیت پژوهشی و پایان نامه

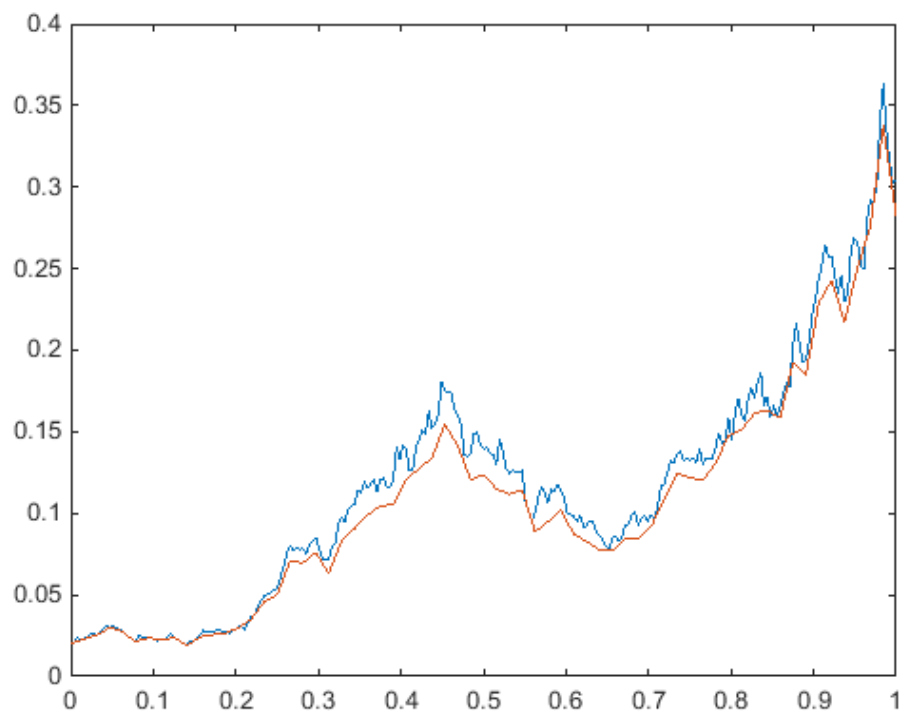
- ۱- **پایان نامه کارشناسی ارشد (مکانیک سنگ)، دانشکده فنی دانشگاه تهران**
بررسی و تحلیل بکارگیری الیاف فلزی به جای میلگرد جهت تسلیح قطعات سگمنت در حفاری مکانیزه تونل و مدلسازی عددی آن
موضوعات مورد بررسی:
- تحلیل حساسیت ویژگی های مقاومتی نمونه بتن الیافی بر اساس پارامترهای اندازه، شکل، و قطر الیاف
- مدل سازی عددی شکست نمونه بتنی با استفاده از نرم افزار Abaqus و مقایسه نتایج آن با مدهای ترک در سگمنت تونل در رینگ های مختلف
- ۲- **پروژه پژوهشی (ریاضی محض)، دانشگاه آزاد اسلامی - واحد علوم و تحقیقات**
مدل سازی ریاضی نحوه پخش شدگی الیاف فولادی در بتن الیافی
- ۳- **پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی عمران - مدیریت ساخت، دانشگاه آزاد اسلامی (علوم تحقیقات)**
مهندسی ارزش جایگزینی الیاف فلزی به جای آرماتور در تولید سگمنت
- ۴- **پایان نامه کارشناسی ارشد (مکانیک سنگ)، دانشگاه صنعتی شاهرود**
بررسی رفتار مکانیکی و مقاومتی سگمنت های بتنی، مطالعه موردی: پروژه تونل چم شیر (بررسی رفتار تماس سگمنت های سه رینگ متوالی با استفاده از 3DEC)

نحوه پخش فایبر در سگمنت

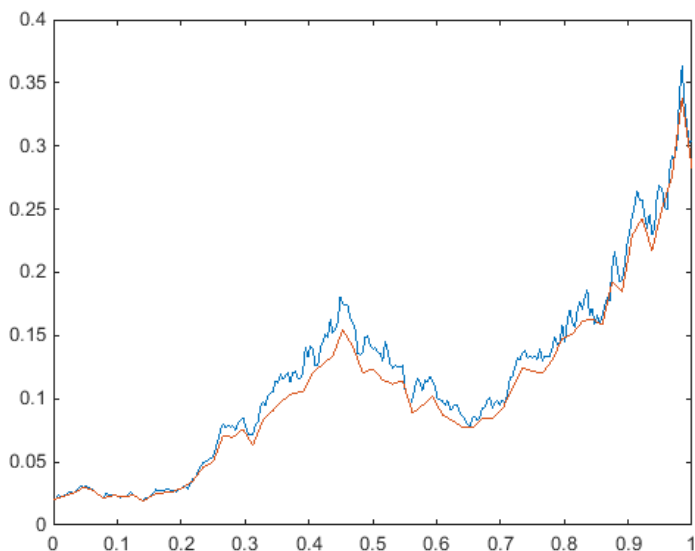
- اگر میزان حجم فایبر در طول سگمنت را به صورت یک تابع در نظر بگیریم، ایده آل این است که این تابع یک تابع خطی باشد، بدین معنی که توزیع یکنواختی از فایبر در سگمنت وجود داشته باشد.



اما در واقعیت چیزی که دیده می شود به شکل زیر می باشد.



- این خطا ناشی از کاتوره ای بودن پخش الیاف در بتن است.
- در بررسی این توابع به نظر می رسد که چند خاصیت مشخص وجود دارد:
- میانگین کلی خطاها همواره صفر است.
 - اما میانگین مقدار مطلق خطای پخش عددی مثبت است.
 - میانگین مربعات خطاها تقریبا با زمان پخش در تناسب بسیار نزدیک است.
 - واریانس خطاها متناسب با زمان پخش است.
 - تابعی که این پخش شکل می دهد پیوسته است اما مشتق پذیر نیست.



- از این رو تنها مدل مناسب ریاضی برای این تابع پخش یک مدل stochastic یا تصادفی است .
- یعنی می توان خطا را به صورت حرکتی براونی در نظر گرفت که شرایط این تابع را احراز کند.
- بنابراین اگر حجم خروجی الیاف از تسمه نقاله به سمت سگمنت را در نظر بگیریم، به معادله دیفرانسیل به شکل زیر برخورد می نماییم:

$$dx_t = b(t, x_t)dt + \sigma(t, x_t)dB_t$$

- که زمان کار این معادله $[0, T]$ متناظر به زمان پرشدن سگمنت می باشد.
- و شرایط اولیه را نیز با توجه به سرعت تنظیم تسمه نقاله می توان تعیین کرد.
- فاز اولیه ریاضی تعیین ضرایب دریافت و دیفیوژن در این معادله می باشد.
- اما حل این نوع از معادلات بر خلاف معادلات دیفرانسیل معمولی بسیار پیچیده است.
- (نکته جالب توجه : این تیپ از معادلات فقط چند مدل حل شده در اقتصاد دارند که تعداد مدل های حل شده به صورت دقیق از تعداد انگشتان دست کمتر است ، بر خلاف این مطلب معادلات دیفرانسیل معمولی است که در علم مکانیک و برق اکثرا حل و بحث شده اند)

$$dx_t = b(t, x_t)dt + \sigma(t, x_t)dB_t$$



باسپاس ازوجه حصار سرم

انتخاب با خودمان
است...!
بحران کمبود آب را جدی بگیریم...



جلسه پرسش و پاسخ

