بسمه تعالی

پوشش بتنی انعطاف پذیر ویژه در تونل ها
HDC

مقدمه:

بتن:

مصالح پر مصرف در صنعت ساختمان و صنعت

کاربردهای متنوع

تحقیقات بسیار زیادی در زمینه اصلاح معایب و بهبود مشخصات

ضعف مهم بتن

ترد بودن و عدم شکل پذیری ذاتی مصالح بتنی

محققین زیادی در زمینه بهبود شکل پذیری بتن پژوهش نموده اند و به نتایج چشمگیر و موفقیت آمیزی با استفاده از افزودن برخی کامپوزیت ها دست یافته اند که می‌تواند تحول بزرگی در صنعت ساختمان و صنعت ایجاد نماید.

زمینه های کاربردی:
- تونل سازی
- جداگرلرزه ای
- ایجاد مفصل پلاستیک در اتصالات سازه ای بتن آرمه

HDC is a Commercial Production.

hiDCon® was developed and patented in the years 2003/2004. With the prefabricated concrete elements, deformable structural components with high load-bearing capacity can be constructed.

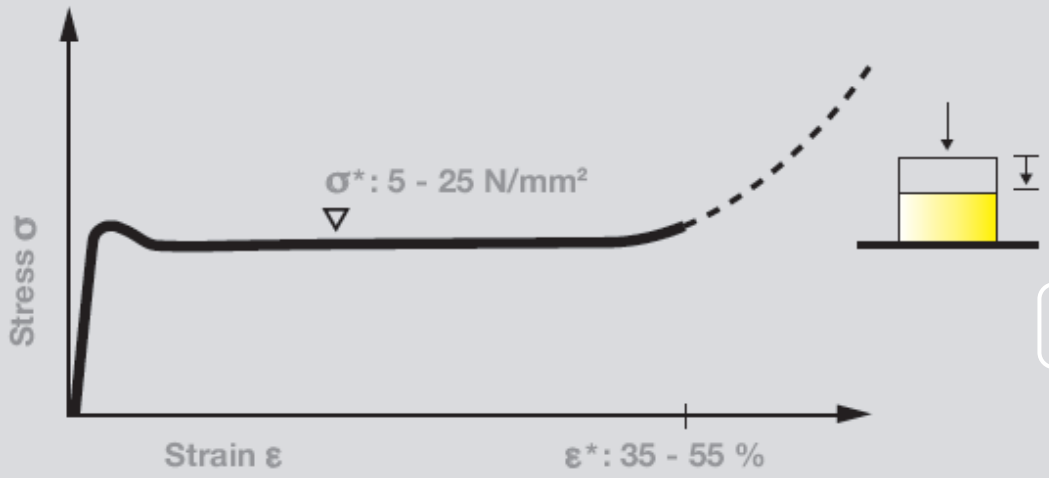
hiDCon® – High Deformable Concrete

▶ **High ductility combined with high stress level**

Material
High strength concrete matrix with porous aggregates

Reinforcement
Steel fibres, stirrups, rings and plates

Principle
Successive closure of the pores and prevention of lateral strain (ε*)



بتن شکل پذیر:

(High Deformable Concrete) ⟵ HDC

ویژگی های بتن شکل پذیر:

- **تحمل کرنش فشاری تا ۵۰٪**
- **مقاومت مشخصه ای حدود MPa (۴-۲۰)**
- **رفتار سخت‌شونده (strain hardening)**
- **افزایش ظرفیت باربری آن با افزایش کرنش**

اصلی ترین کاربرد HDC

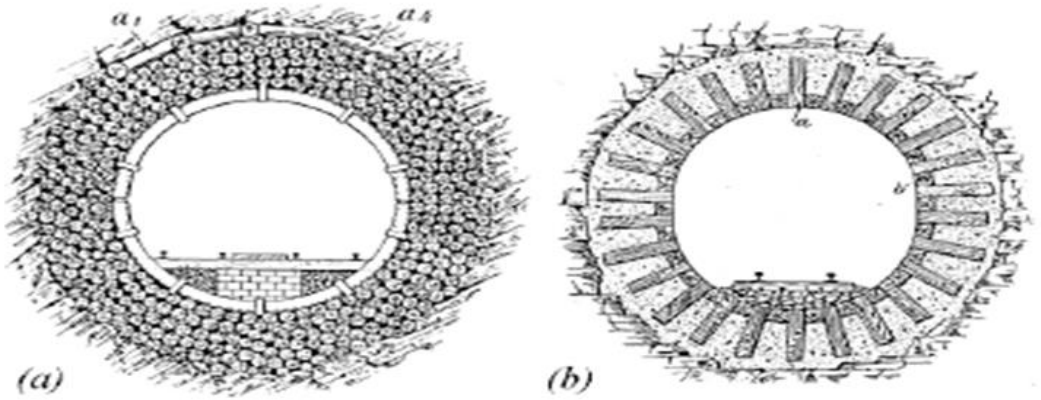
لاینینگ جداره تونل ها

کاربرد HDC در تونل:

تنها راه برای کنترل رفتار وهدایت زمین های متورم شونده در تونل ها ایجاد یک تکیه گاه نرم است که بتواند این تغییر شکل هارا کنترل کند .

اصطلاح فشردن یا متورم شدن زمین به پدیده بوجود امدن تغییر شکل های زیاد در اثر حفر تونل و نفوذ آب و جذب آب توسط آب یا سنگ اطلاق می شود که ممکن است باعث مختل شدن کاربری کل یا قسمتی از تونل گردد. برمبنای مشاهدات اولیه تنش اولیه در سنگ با افزایش تغییر شکل کاهش می یابد.

استفاده از چوب در لایه های بتنی ازروش های قدیمی است.



a) لایه چوبی بین صخره و مقاطع فولادی u شکل b) بتن با قطعات داخلی چوبی در داخل پوسته بتنی

تونل ها پس از اجرا

مسیر انتقال آب

The way of tunnel Supporting from the past up to now :

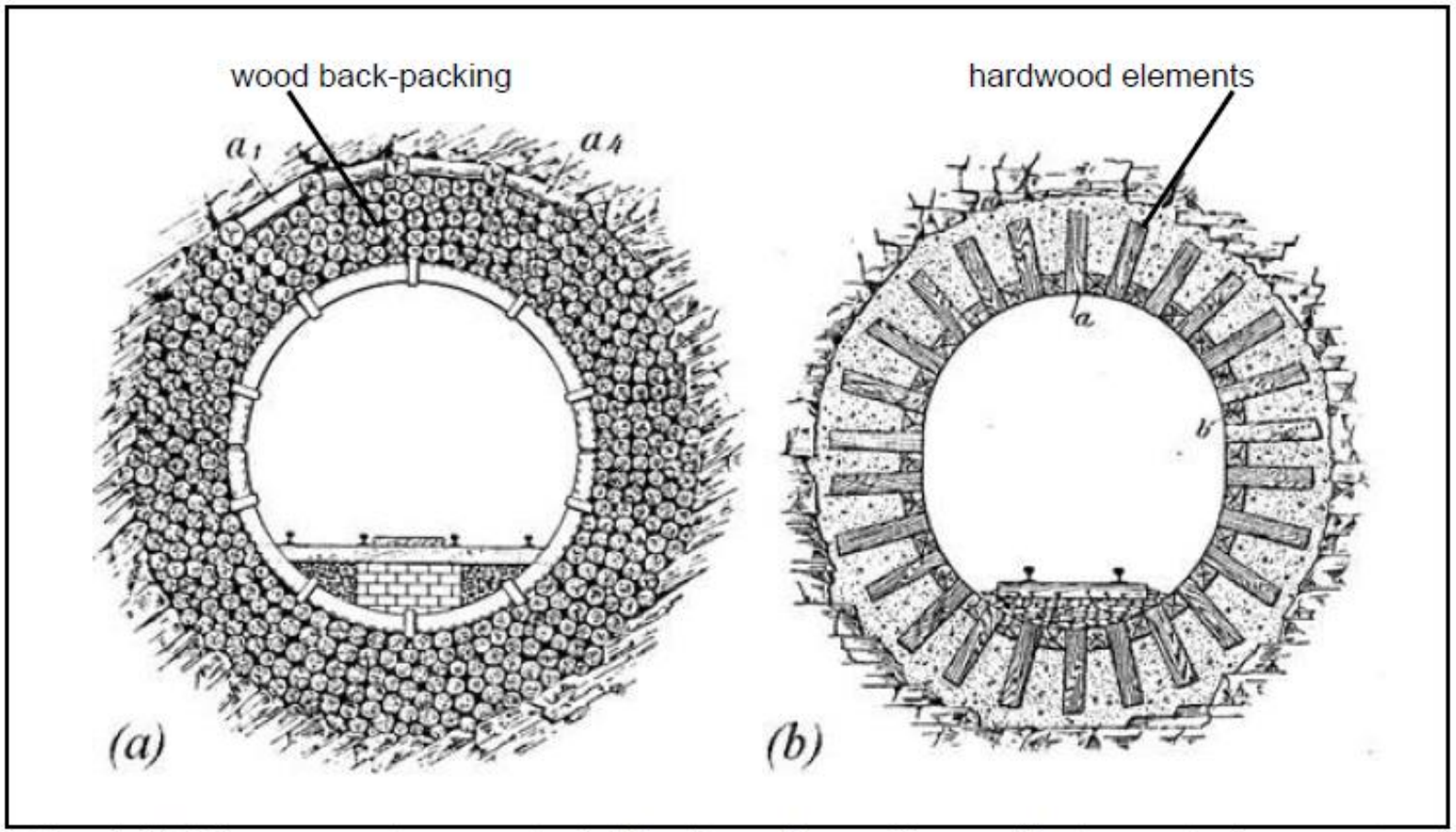
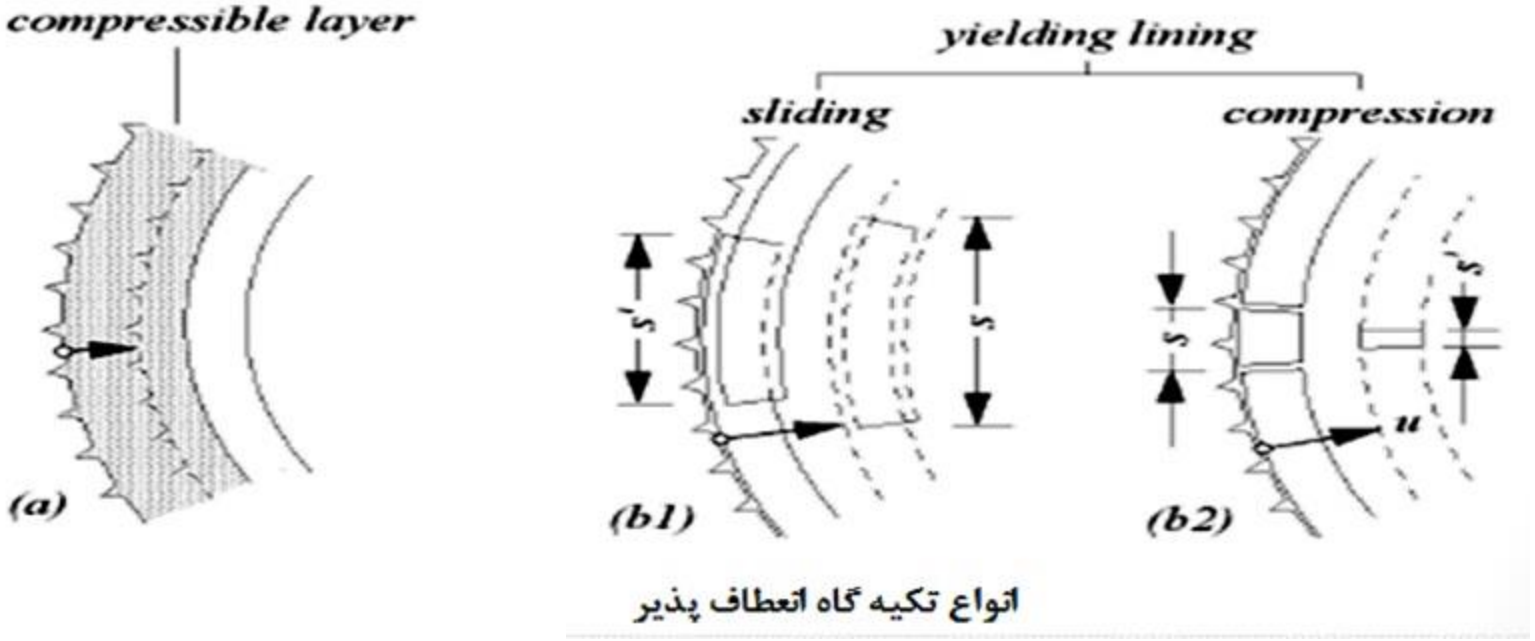


Fig. 1: Yielding support concepts. (a) Back-packing with wood between steel support and rock, (b) Interlayer of wooden panels in the concrete lining (Heise and Herbst, 1913)

In both cases an adequate overexcavation is required to accommodate the expected rock deformations.

نحوه ایجاد تکیه گاه انعطاف پذیر:

- ایجاد یک لایه تراکم پذیر بین قوس خارجی با پوشش سخت ومرزحفره
- نصب عضوهای منعطف در راستای لاینینگ

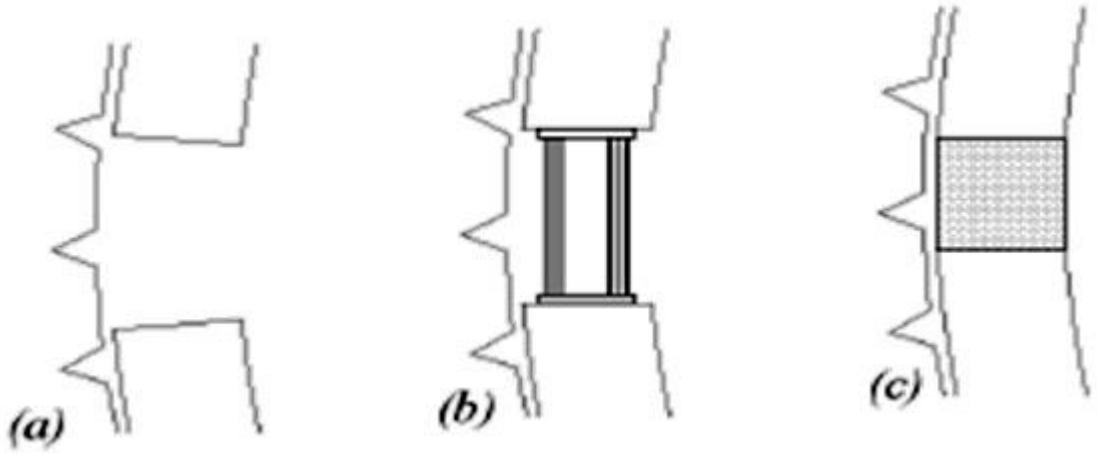


انواع تکیه گاه انعطاف پذیر

نحوه قرارگیری قطعات شکل پذیر در لاینینگ تونل ها

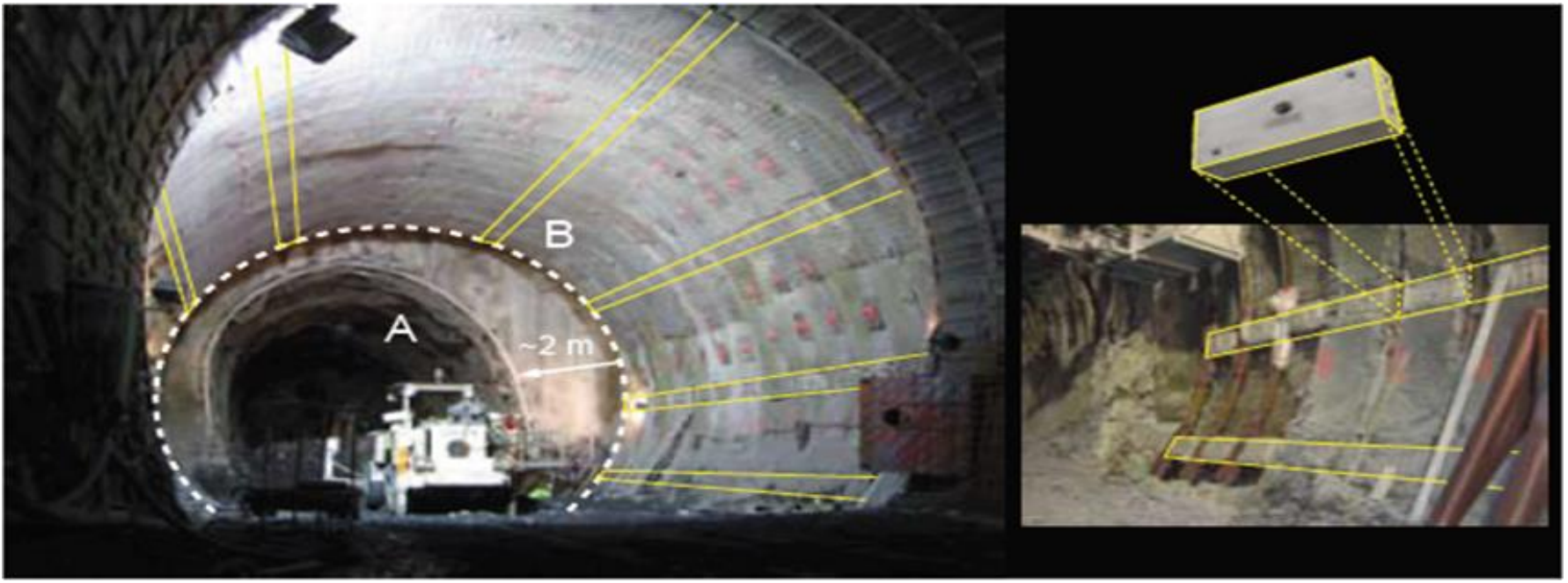
شامل:

پوسته های شات کریت شده با چاکهای باز
سیلندرهای فلزی
عناصربتنی شکل پذیرHDC

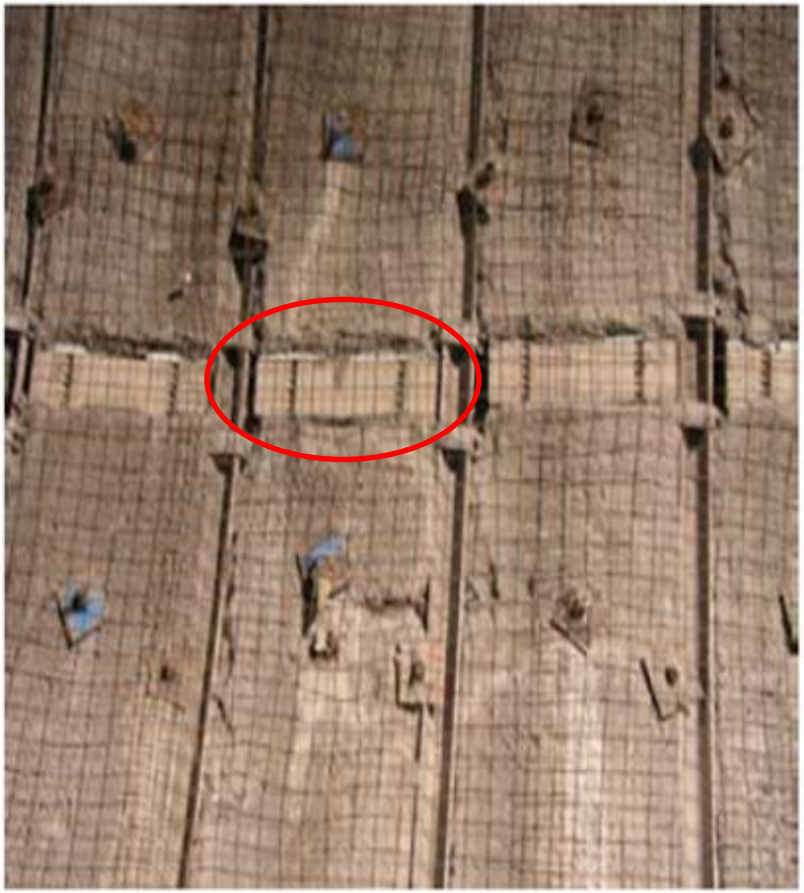


پوسته شات کریت شده با a) چاک های باز b) سیلندر های فلزی c) المان های بتنی شکل پذیر

مسیر سریع السیرقطار لیون - تورین و کاربرد المان های بتنی تسلیم شونده. (مقطع B)



نمونه های از کاربرد المان های شکل پذیر در تونل:



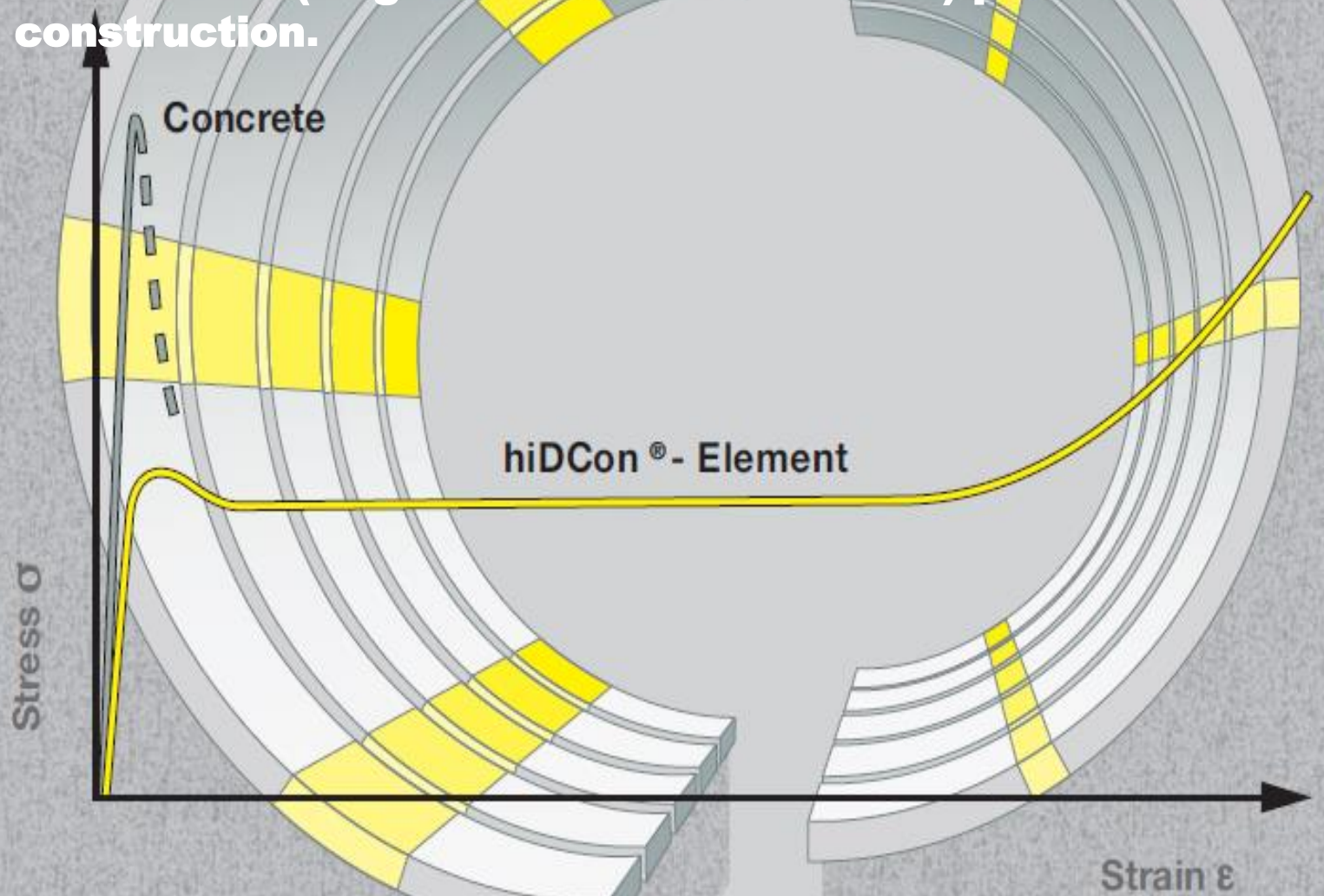
المان های بتنی شکل پذیر که داخل شکاف لاینینگ شات کریت شده قرار دارند.

سیلندر های فلزی که داخل شکاف لاینینگ شات کریت شده قرار دارند.

Concrete is brittle

But researchers and innovators overcome this weakness for especial purpose .

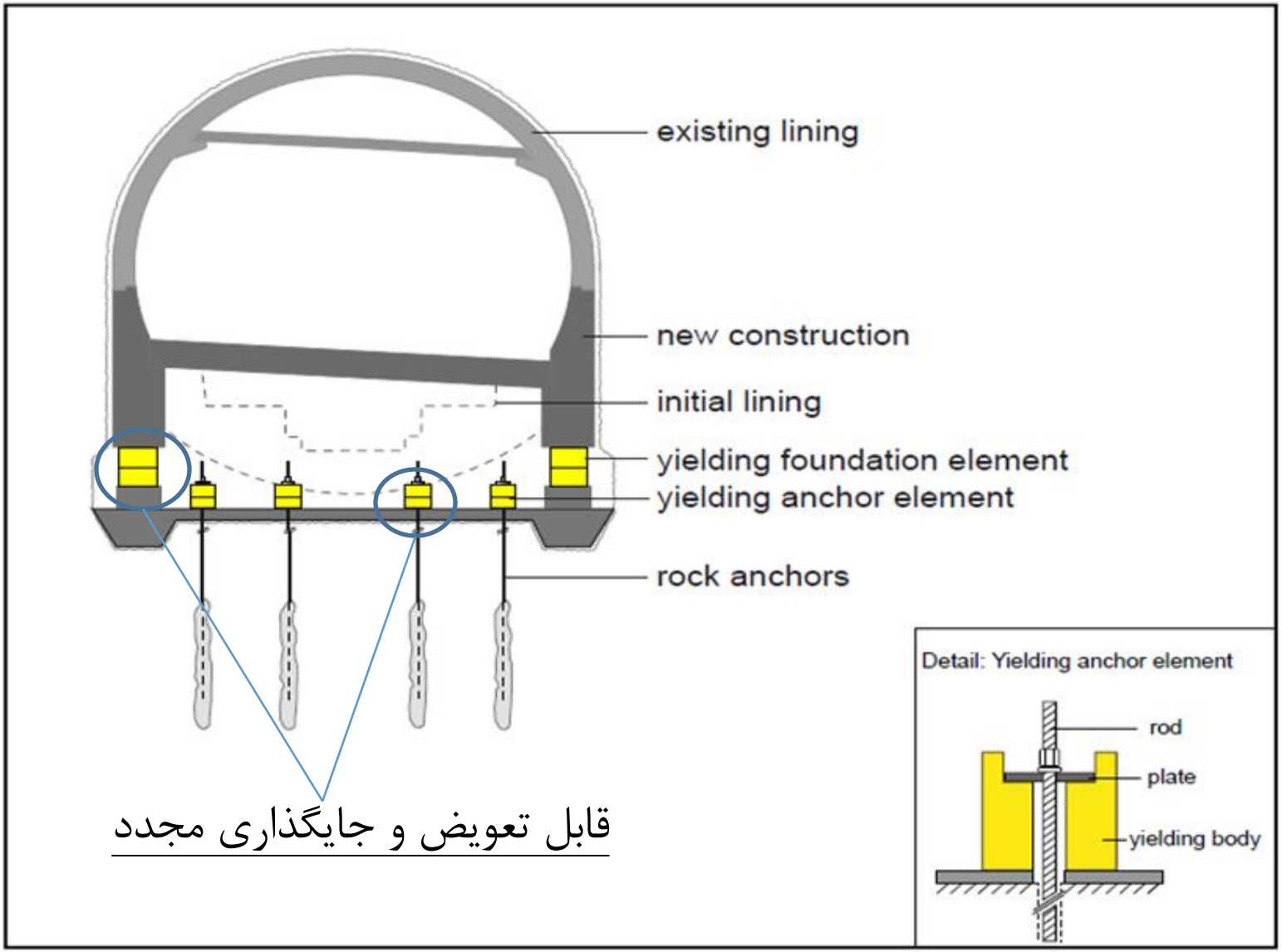
The first time HDC (High Deformable Concrete) pose and use in tunnel construction.



Deformed element

St. Martin la Porte (Source: Razel, Bilfinger Berger, Pizarotti)

تونل راه چینبرگ تحت متورم شدگی شدید



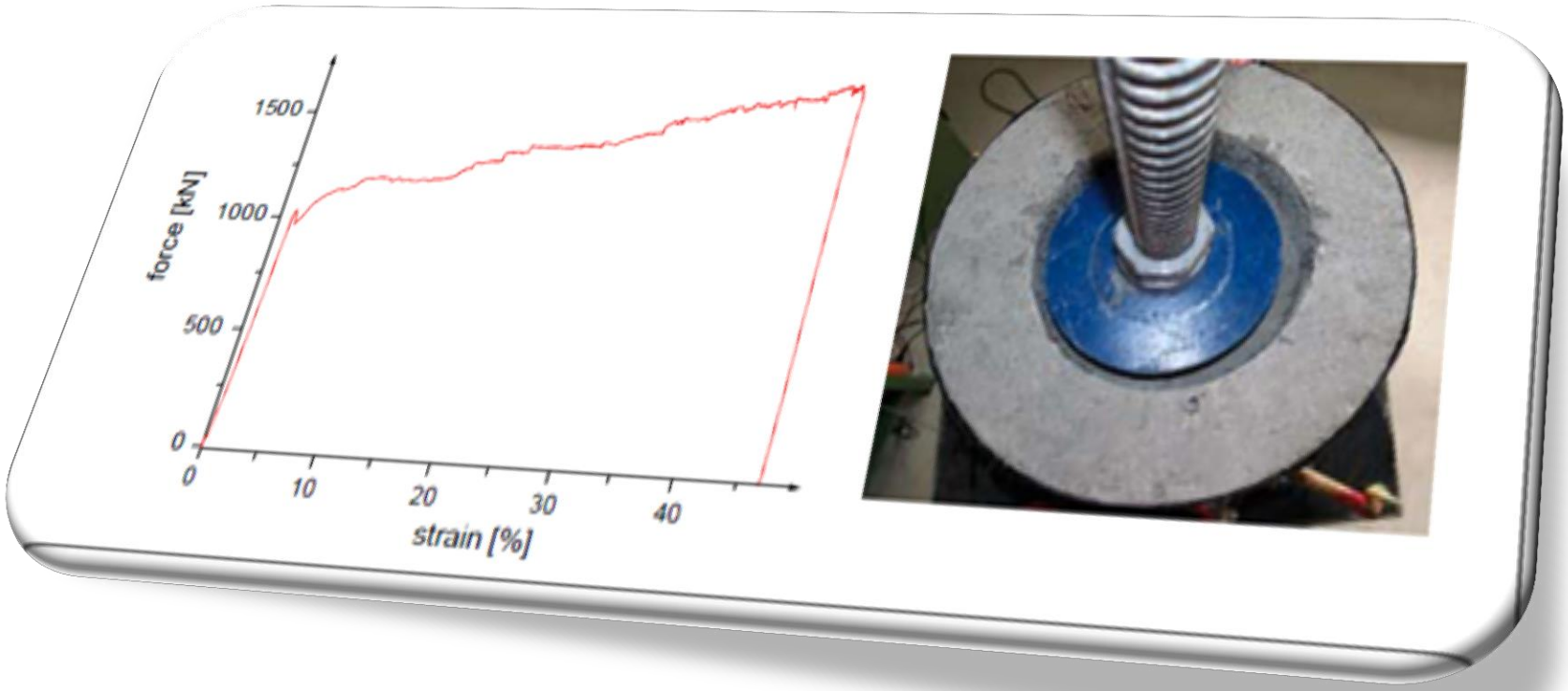
سایر کاربرد های المان بتنی شکل پذیر به عنوان المان مهاری و پداستال(ستونک)

Fig. 20: Chienberg Road Tunnel after completion: "Modular Yielding Support"

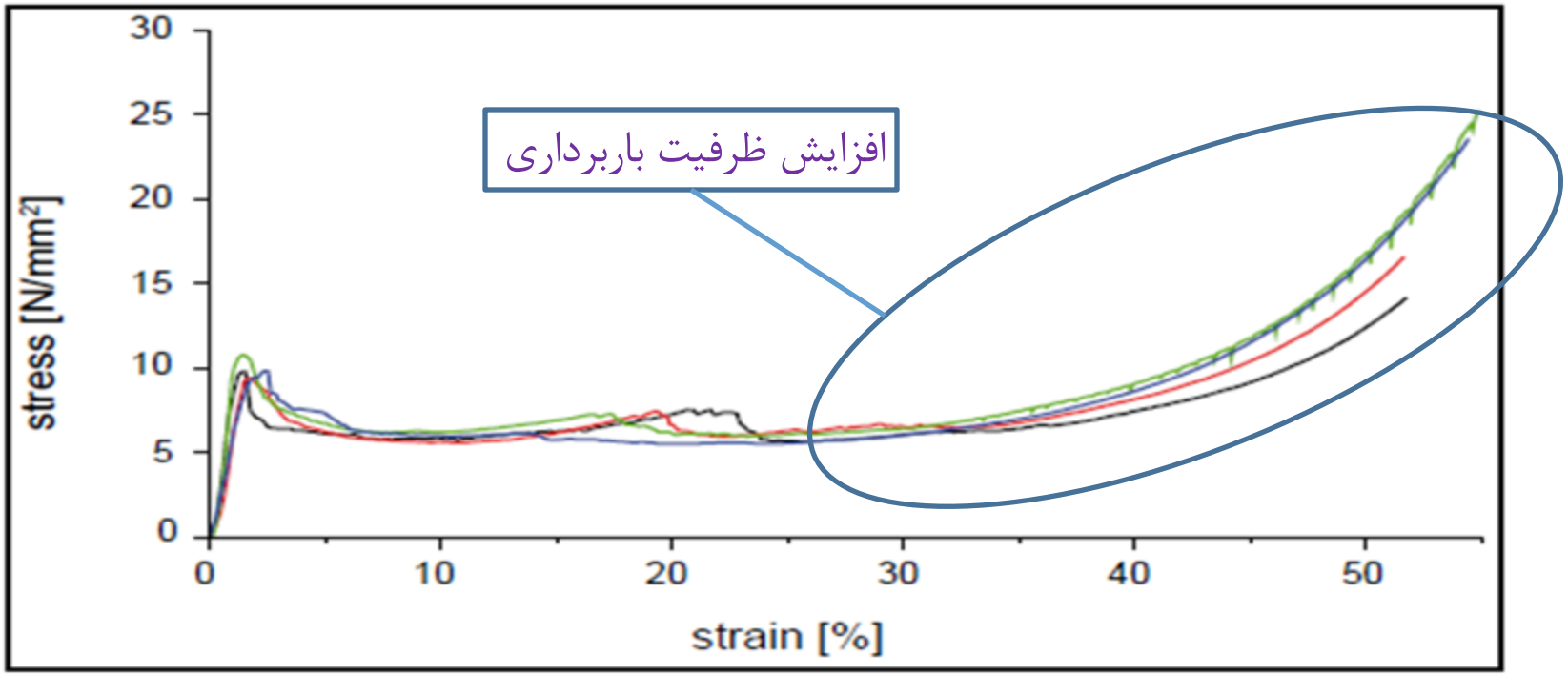
© DASSAULT SYSTEMES INTERNATIONAL DSI

© DYWIDAG-SYSTEMS
INTERNATIONAL
DSI

تست آزمایشگاهی المان مهاری (ارتفاع ۶۰۰ میلیمتری، قطر ۶۰۰ میلیمتر، قطر صفحه بارگذاری ۳۵۰ میلیمتری) نمودار نیرو – کرنش یک المان مهاری ، تا کرنش ٪۴۰



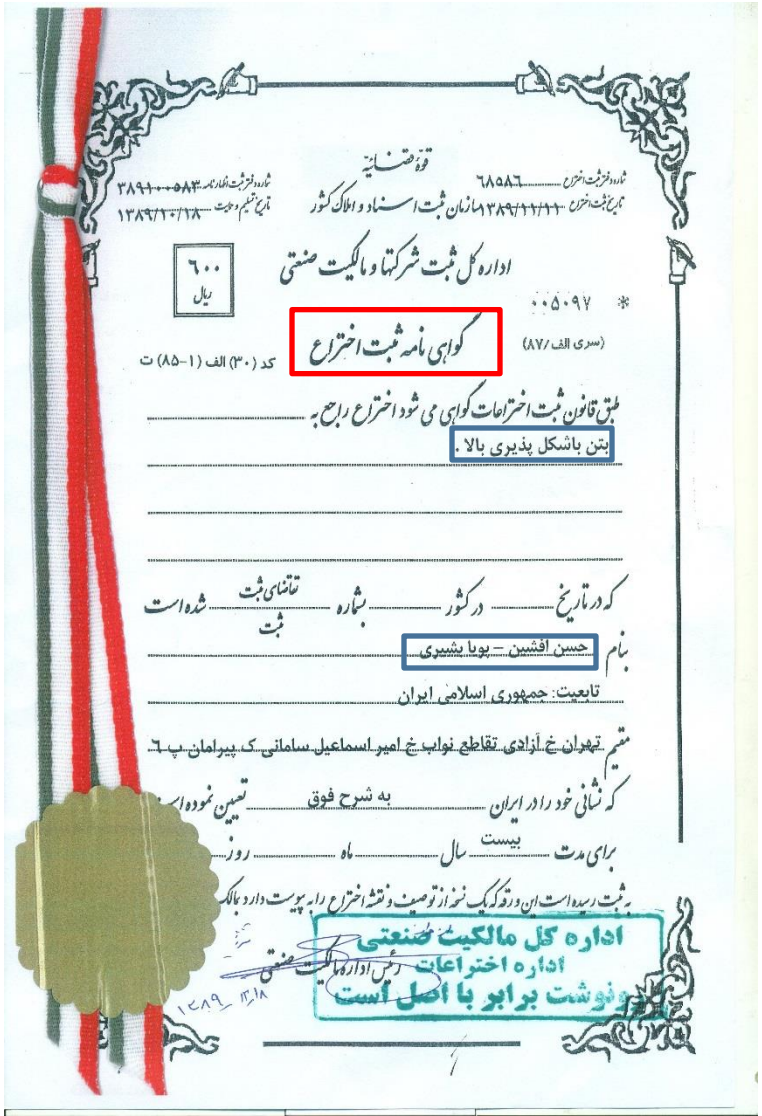
قابل ذکر است عناصر بتنی شکل باید دارای مقاومت کافی نسبتا بالایی باشند وگرنه درهمان ابتدای کار زیر بار صخره شروع به تسلیم می کنند.



منحنی رفتار تنش کرنش المان بتنی شکل پذیر

پروفسور KOVARI در دانشگاه صنعتی زوریخ سوئیس برای اولین با به این رفتار دست یافت. به دلیل تجاری بودن نتایج تحقیقات بصورت محرمانه باقی مانده است.

بتن با شکل پذیری بالا برای اولین بار در ایران توسط دکتر حسن افشین و مهندس پویا بشیری در ایران مطرح گردید و پس از مطالعات و آزمایش های گسترده در دانشگاه صنعتی سهند به انجام رسید.


قوه قضائیه

اداره کل ثبت شرکتها و مالکیت صنعتی

۶۰۰ ریال

گواهی نامه ثبت اختراع

طبق قانون ثبت اختراعات گواهی می شود اختراع راجع به

بتن باشکل پذیری بالا.

که در تاریخ ... در کشور ... بشماره ثبت ... تقاضای ثبت شده است

بنام جسن افشین - پویا بشیری

تابعیت: جمهوری اسلامی ایران

مقیم تهران خ آزادی تقاطع نواب خ امیر اسماعیل سامانی ک پیرامان پ ۶

که نشانی خود را در ایران ... به شرح فوق ... تعیین نموده است

برای مدت بیست سال ... ماه ... روز

به ثبت رسیده است این ورقه که یک نسخه از توصیف و نقشه اختراع را به پیوست دارد به مالک

اداره کل مالکیت صنعتی
اداره اختراعات
رونوشت برابر با اصل است

&

بسمه تعالی

جمهوری اسلامی ایران
وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
سازمان پژوهشهای علمی و صنعتی ایران

علم میراثی گرانبهاست ادب لباسی فاخر و فکر آئینه ای صاف است. امام علی (ع)

شماره: ۴۱۵/۰۰۳۸۰۸
تاریخ: ۱۳۹۰/۰۹/۱۳

تأییدیه اختراع

تقاضای ارزیابی اختراع آقایان حسن افشین و پویا بشیری با عنوان «بتن با شکل پذیری بالا» به شماره و تاریخ ثبت ۱۳۸۹/۱۱/۱۱ - ۶۸۵۸۶ در این سازمان بررسی گردید، و براساس مصوبه ۹۰۰۹۰۲۰۷ مورخه ۹۰/۹/۱۲ شورای تخصصی ارزیابی اختراع مورد تأیید قرار گرفت.

ضمناً هرگونه پیاده سازی یا تولید مورد اختراع نیازمند کسب مجوزهای لازم از مراجع ذیصلاح است.

با آرزوی توفیق الهی

دکتر محمدرضا بختیاری

مدیر کل دانش و مالکیت فکری

سوابق این تأییدیه و امتیاز تعلق گرفته برای اختراع فوق الذکر از دفتر مالکیت فکری سازمان پژوهشهای علمی و صنعتی ایران قابل استعلام است.

مصالح تشکیل دهنده بتن شکل پذیر (HDC)

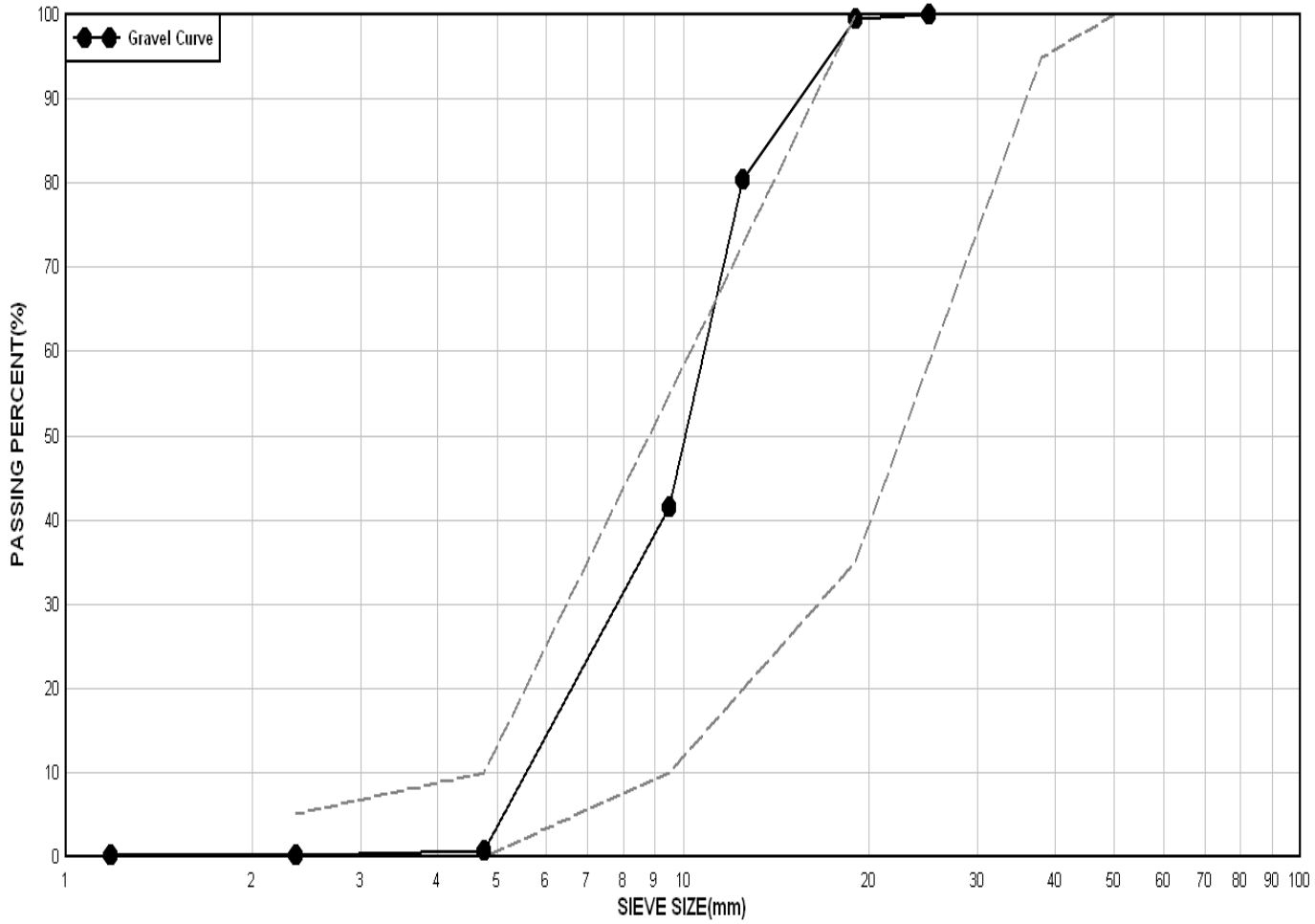
- سنگدانه شامل شن و ماسه
- سیمان
- الیاف
- فوق روان کننده
- Hollow glass
- غلاف پلی اتیلن

بتن شکل پذیر

- بدون غلاف
- با غلاف

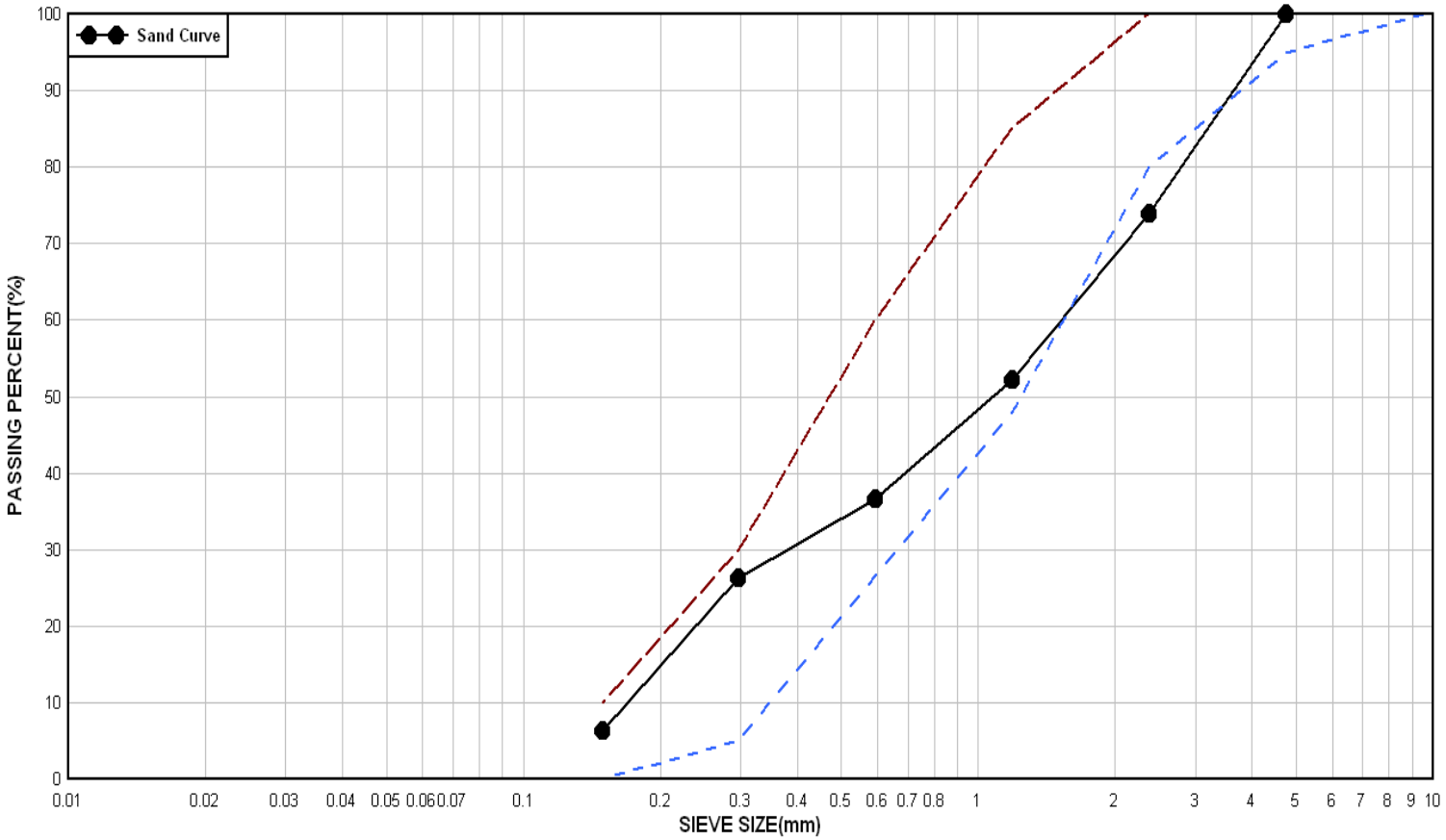
Load test of HDC foundation element in protection sleeve

شن:



منحنی دانه بندی شن با ۱۲/۵mm =D_{max} طبق استاندارد ASTM C33

ماسه:



شکل(۴-۲) منحنی دانه بندی ماسه با D_{max}= ۴/۷۵mm طبق استاندارد ASTM C33

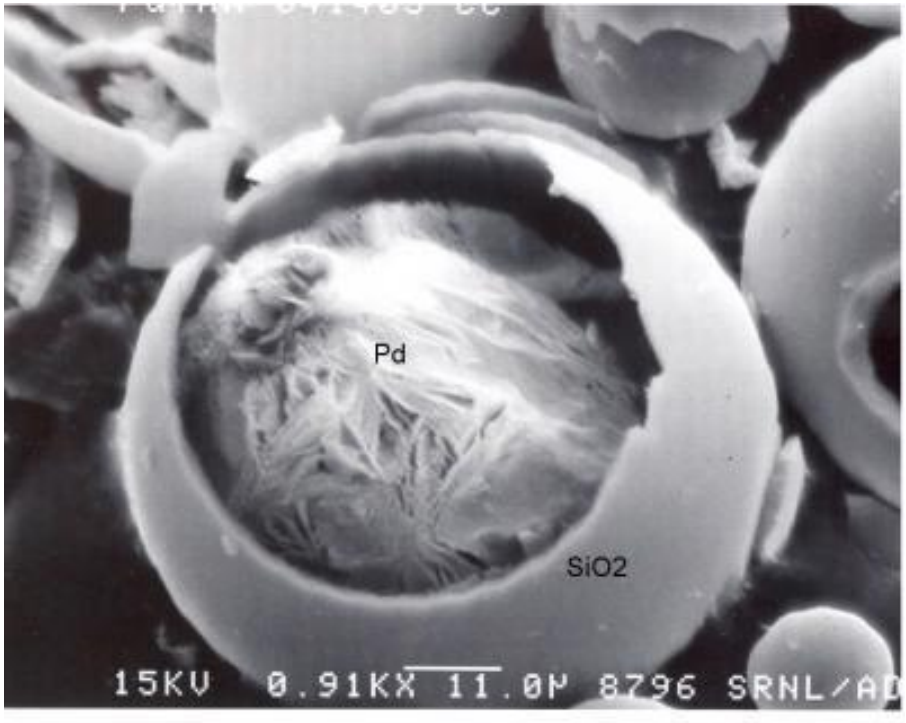
الیاف:

الیاف مورد استفاده الیاف نایلون BTY N66

نوع الیاف	مقاومت کششی(MPa)	مدول الاستیسیته (GPa)	تغییر طول نهایی الیاف (٪)	چگالی (gr/cm^3)
N66(Nylon)	۹۰۰-۷۵۰	۹/۴-۴/۳	۲۵-۱۳	۱/۱

Hollow Glass:

Hollow Glass یا شیشه توخالی از جداره sio_2 و هسته Pd(پالادیم) به تشکیل شده است.



عکس SEM ذره Hollow Glass

مقالاتی راجع به آزمایش Hollow Glass در بتن یا نحوه استفاده آن در بتن موجود نمی باشد(به دلیل استفاده تجاری) و تنها در مقاله آقای کواری ۲۰۰۵ به عنوان مواد افزودنی در بتن بهمراه الیاف فولادی اشاره شده است.

ویژگی های Hollow Glass:

- تخلخل بالا
- سبک بودن

کاربرد عمده: صنایع شیمیایی وسرامیک ها

Hollow Glass

به دلیل

تخلخل بالا، نحوه ترک خوردن و نحوه واکنش با خمیر سیمان

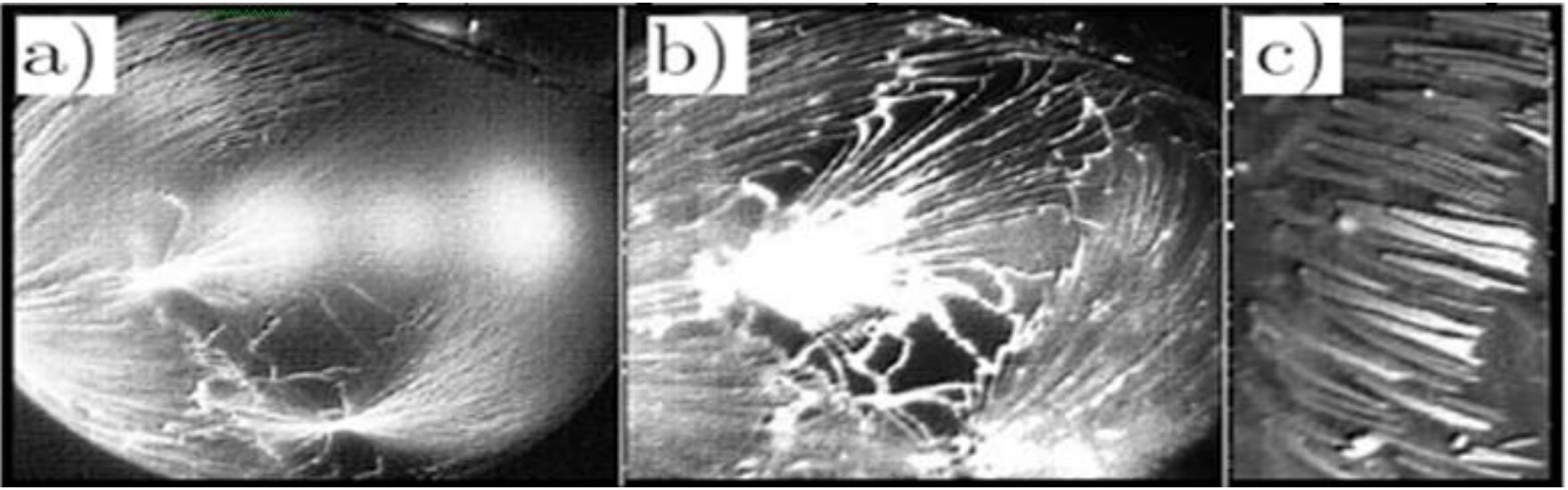
باعث

بالا رفتن حفره و نیز اصطکاک ذرات و مواد تشکیل دهنده در بتن

در نتیجه

بتن با حفظ باربری به تغییر شکل خود ادامه داده و انرژی شکست را با ترک خوردن خاص خود جذب می کند که این ترک خوردن به صورت خطهای مستقیم سوزنی است که انرژی زیادی را در هنگام ترک خوردن جذب می کند.

الگوی ترک خوردن شیشه توخالی:



عکس سریع از انفجار گوی Hollow Glass با سرعت ۱۵۰۰۰ فریم بر ثانیه.نقاط داغ (محل شروع ترک ها) در شکل (a) تابش تعداد زیادی از ترک های مستقیم (خطوط سفید).(b)بزرگنمایی قطعات سوزنی شکل که در (c) نشان داده شده است.

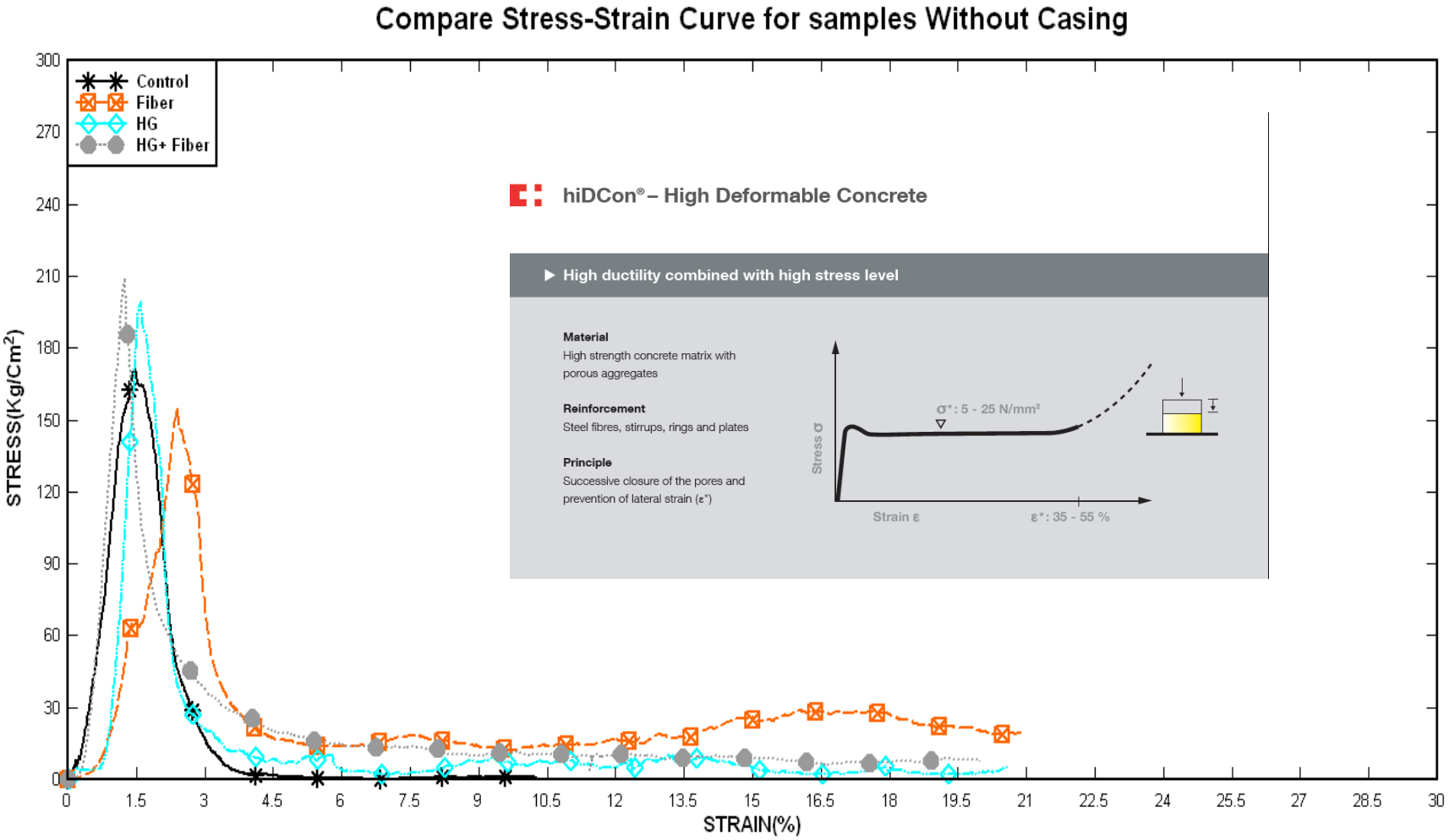
طرح اختلاط های نهایی:

شماره ونام طرح اختلاط		w/c	میزان آب (Kg/m^3)	سیمان (Kg/m^3)	شن نخودی SSD (Kg/m^3)	ماسه SSD (Kg/m^3)	اسلامپ Cm	الیاف (Kg/m^3)	Hollow Glass (Kg/m^3)
نمونه(۱)(NCJ) بتن معمولی	باغلاف	۴۳/۰	۱۳۰	۳۰۴	۱۱۳۲	۷۴۵	۹	–	–
نمونه(۲)(NC) بتن معمولی	بی غلاف	۴۳/۰	۱۳۰	۳۰۴	۱۱۳۲	۷۴۵	۹	–	–
نمونه(۳)(FRCJ) حاوی الیاف	باغلاف	۴۳/۰	۱۳۰	۳۰۴	۱۱۳۲	۷۴۵	۵	۱۷	–
نمونه(۴)(FRC) حاوی الیاف	بی غلاف	۴۳/۰	۱۳۰	۳۰۴	۱۱۳۲	۷۴۵	۵	۱۷	–
نمونه(۵)حاوی HGJ	باغلاف	۴۳/۰	۱۳۰	۳۰۴	۱۱۳۲	۷۴۵	۱۰	–	۲۳
نمونه(۶)حاوی HG	بی غلاف	۴۳/۰	۱۳۰	۳۰۴	۱۱۳۲	۷۴۵	۱۰	–	۲۳
نمونه(۷)(FRCHGJ) حاوی الیاف وHG	باغلاف	۴۳/۰	۱۳۰	۳۰۴	۱۱۳۲	۷۴۵	۷	۱۷	۲۳
نمونه(۸)(FRCHG) حاوی الیاف وHG	بی غلاف	۴۳/۰	۱۳۰	۳۰۴	۱۱۳۲	۷۴۵	۷	۱۷	۲۳

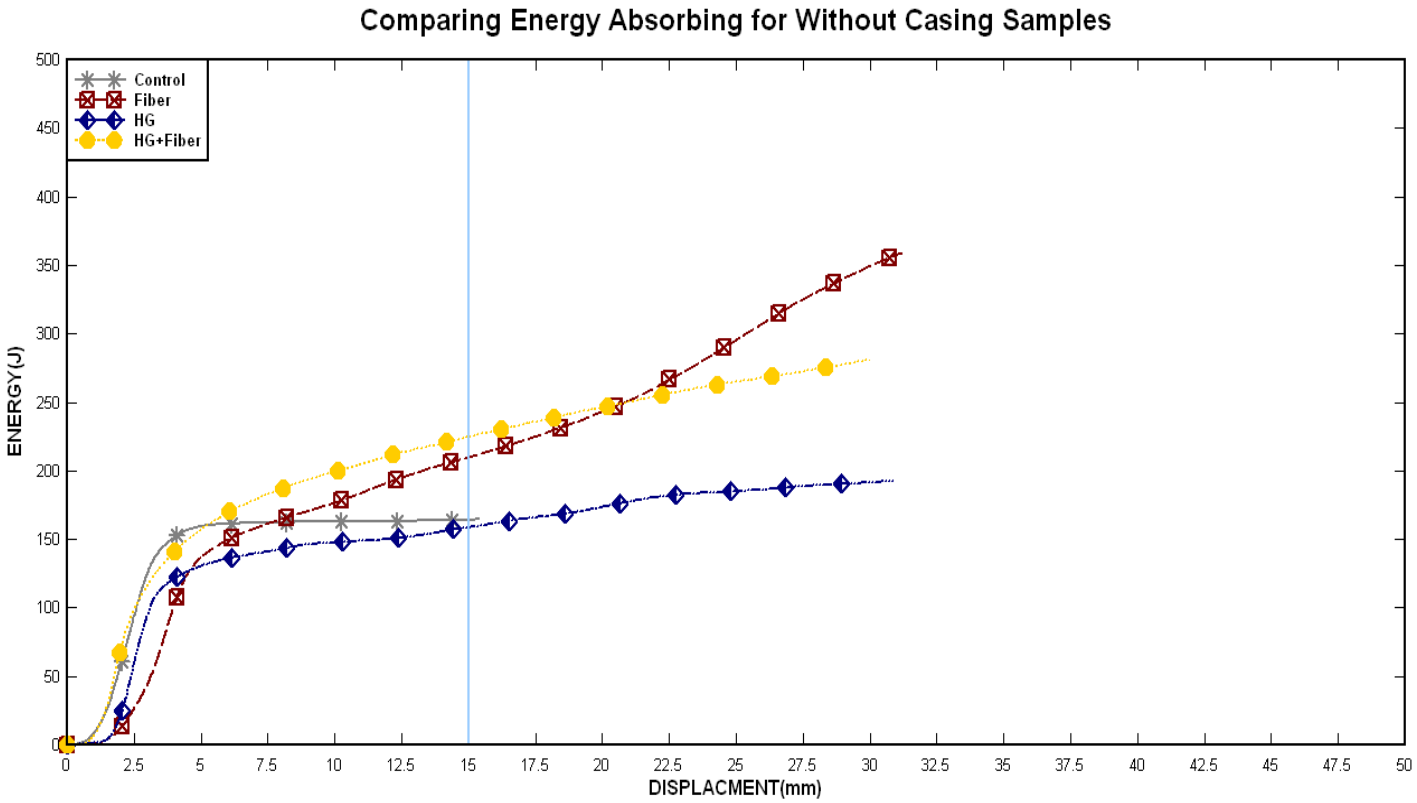
نمونه بتنی بدون غلاف قبل از بارگذاری

نمونه بتنی بدون غلاف پس بارگذاری

مقایسه تنش – کرنش نمونه های بدون غلاف:



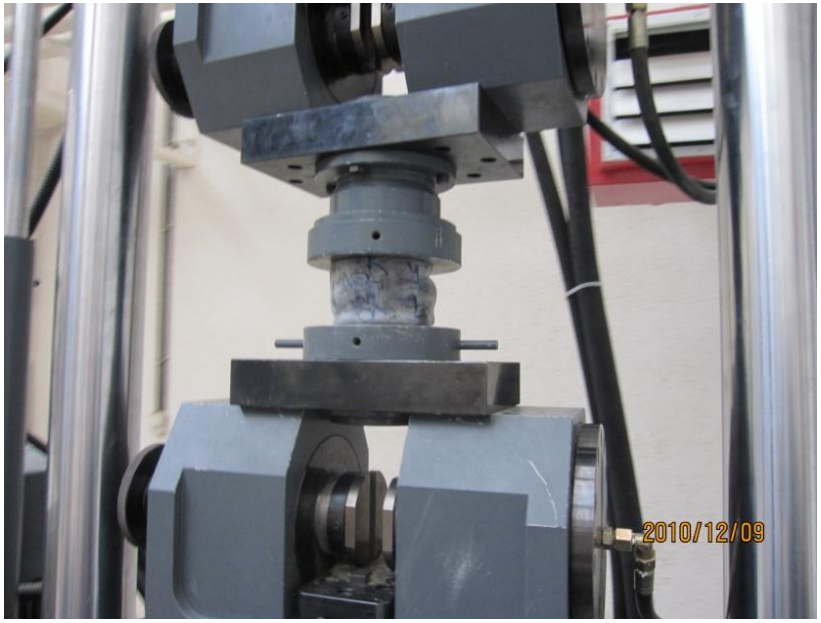
مقایسه جذب انرژی نمونه های بدون غلاف:



مقادیر جذب انرژی برای نمونه های بدون غلاف تا تغییر مکان ۱۵ میلیمتر:

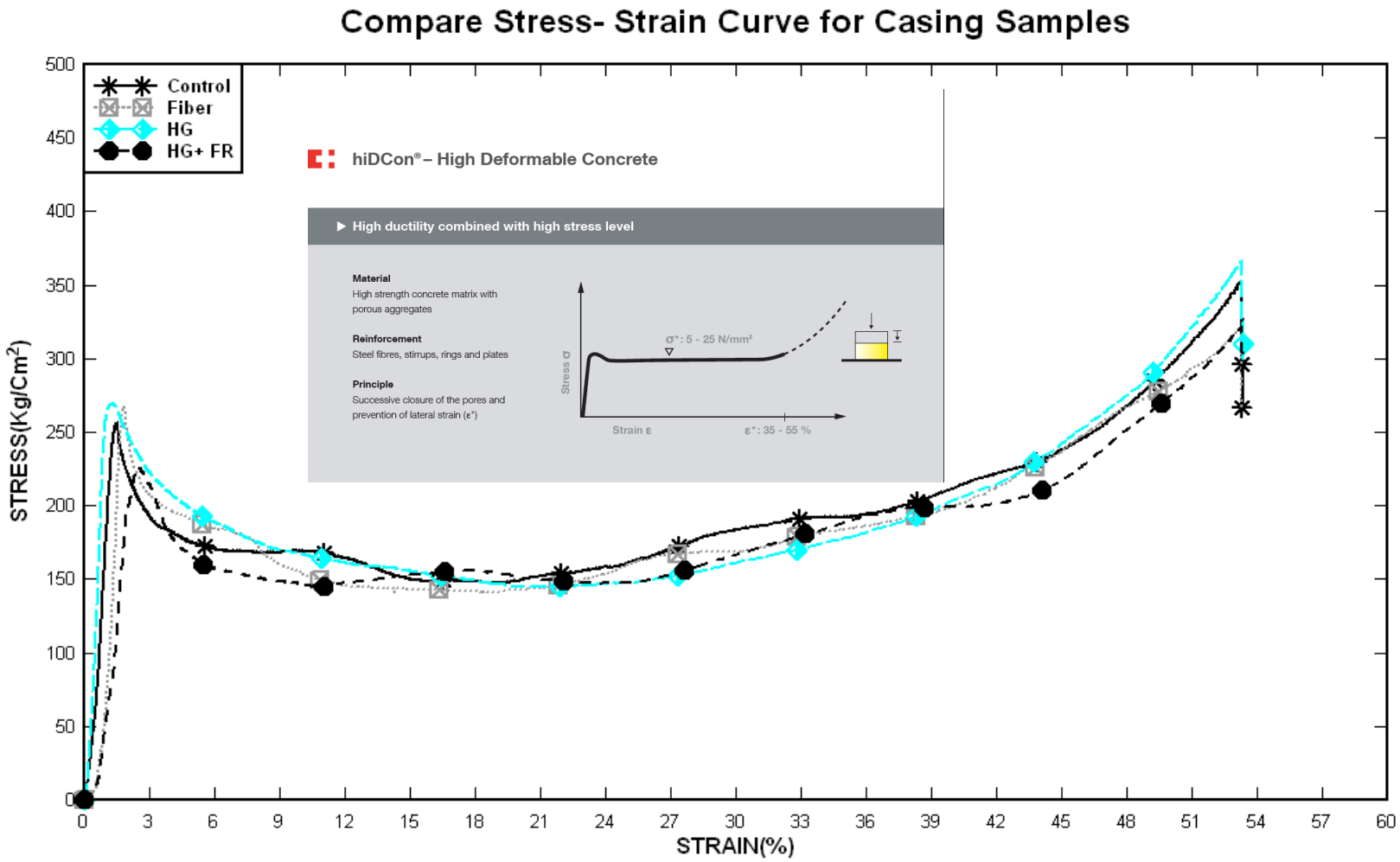
نام نمونه	نمونه کنترل	حاوی الیاف	حاویHG	حاوی HGو الیاف
انرژی جذب شده (J)	164.27	210.13	158.71	224.58

نمونه بتنی با غلاف قبل از بارگذاری

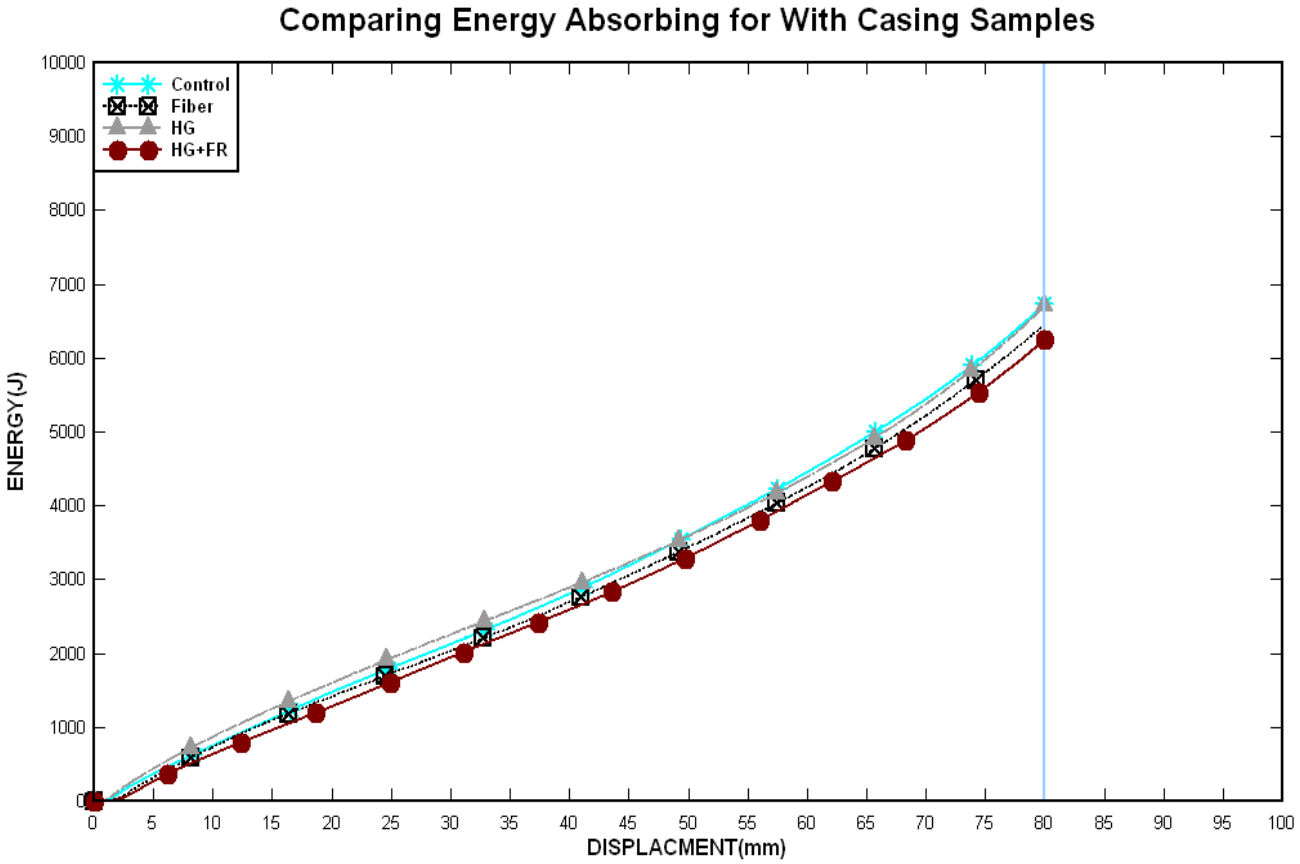


نمونه بتنی با غلاف پس بارگذاری

مقایسه تنش – کرنش نمونه های با غلاف:



مقایسه جذب انرژی نمونه های با غلاف پلی اتیلن:



انرژی جذب شده برای نمونه‌های دارای غلاف تا تغییر مکان ۸۰ میلیمتر

نام نمونه	نمونه کنترل	حاوی الیاف	حاویHG	حاوی HG و الیاف
انرژی جذب شده (J)	۶۷۳۳	۶۴۱۳	۶۶۸۷	۶۲۴۵

مراجع:

1) G. Anagnostou & L. Cantieni ,*ETH Zurich*, Switzerland-Design and analysis of yielding support in squeezing ground-11th ISRM Congress, The Second Half-Century of Rock Mechanics, July 9 – 13, 2007, Lisbon, Portugal

2) Prof. Dr. K. Kovari, Consulting Engineer, Fabrikstr. 4, 8102 Oberengstringen, Switzerland-DESIGN METHODS WITH YIELDING SUPPORT INSQUEEZING AND SWELLING ROCKS- World Tunnel Congress 2009, Budapest, Hungary, May 23-28

3) Thut, A., Nateropp, D., Steiner, P. & M. Stolz 2006a. Tunnelling in Squeezing Rock - Yielding Elements and Face Control. In: 8th Int. Conf. on Tunnel Constr. and Underground Structures, Ljubljana.

4) F. Kun1 , F. K. Wittel2, H. J. Herrmann3, B. H. Kr□oplin2, and K. J. M_al_y4 Department of Theoretical Physics, University of Debrecen, P. O. Box:5, H-4010 Debrecen, Hungary ISD, University of Stuttgart, Pfa_enwaldring 27, D-70569 Stuttgart, Germany ICP, University of Stuttgart, Pfa_enwaldring 27, D-70569 Stuttgart, Germany Department of Physics, University of Oslo, P.O.Box:1048 - Blindern, 0316 Oslo, Norway

5) Kovári, K., Amstad, Ch. & G. Anagnostou 1988. Design / Construction methods - Tunnelling in swelling rocks. In Cundall
et al. (eds), Proc. of the 29th U.S. Symp. "Key Questions in Rock Mechanics", Minnesota, 17-32.

6) De Souza, E., Mottahed, P. & M. Molavi 1998. Field Testing of a Yielding Support System. Int. J. of Rock Mech. & Min. Sci., Vol. 35, 4-5, Paper No. 087.

7) Thut, A., Piedevache & Prouvot 2006b. Projet Alptransit: Instrumentation et essais in-situ pour deux tunnels de base en contexte alpin. Tunnels et ouvrages souterrains, 198, pp. 331-36.

8) Keller, M. (2005) “Die Beherrschung der Hohlraumverformungen in der Karbonzone (Lötschberg Basistunnel)“, Swiss Tunnel Congress Luzern, Dokumentation D 0229, Vol. 4, Swiss Tunnelling Society

مراجع:

9) احمدی -رسول ، شریفی - مهدی ، معرفی ویژگیهای بتن الیافی توانمند، دانشگاه علم وصنعت، چهارمین کنگره ملی مهندسی عمران اردیبهشت ۸۷ تهران

10)شربتدار - محمدکاظم، کرمی- محمد ،مقاوم سازی المان های بتنی با استفاده از بتن انعطاف پذیر، دانشگاه سمنان اولین کنفرانس بین المللی زلزله تبریز مهر ۱۳۸۷

11)درب هنزی - عباس ، سلاجقه -هدیه ، سیستانی -اسما ،بررسی افزایش مقاومت سازهای بتن ارمه با ECC، دانشگاه شهید باهنر کرمان ودانشگاه ولی عصر رفسنجان

12)شربتدار- محمد کاظم ، کرمی - محمد ،جایگزینی درز های انبساط با دال های رابط انعطاف پذیر بتنی درپل ها، دانشگاه سمنان اردیبهشت ۸۸ کنگره ملی عمران شیراز

13) Victor C Li, Shuxin Wang and Chynthia Wu,2001, "Tensile Strain Hardening of PVA-ECC", ACI Material Journal

14) Victor C Li and et all,1998, "Feasibility study of Passive smart-smart healing of Cementitious Composite", Elsevier Science

15) Victor C Li, 2003, "On Engineered Cementitios Composite-",Journal of Advanced Concrete Technology,Vol1

16) Victor C. Li, and et all, 2002, "Constitutive Geological Control to Develop a Self Consolidation Engineered Cementitious Composite Reinforced With Hydrophilic Poly (Vinyl Alcohol) Fiber ", ACI Material Journal.

17) تکلو- محمد رضا ، مرشد -رضا ، دانشگاه یزد ، تاثیر الیاف پلی پروپیلن روی جذب انرژی بتن الیافی، چهارمین کنگره ملی مهندسی عمران ، دانشگاه تهران ، اردیبهشت ۱۳۸۷

18) M.Najimi,F.M. Farahani and A.R.Pourkhorshidi,EFFECTS OF POLYPROPYLENE FIBERS ON PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF CONCRETES ,Concrete Departent Building and Housing Research Centre , Tehran , IRAN,3rd International Confrence on Concrete & Development

19) مدندوست -رحمت ، متقی طلب- وحید ، موسوی- سید یاسین ، ابراهیم نژاد شلمانی -میلاد ،بررسی خواص مکانیکی بتن تقویت شده با الیاف نایلون(NFRC)، هشتمین کنگره بین المللی مهندسی عمران ،۲۱ تا ۲۳ اردیبهشت ۱۳۸۸، دانشگاه شیراز ، شیراز، ایران

مراجع:

20) Ozawa K، Sakata N، Okamura ،Junne 1995 ،“Evaluation of Self-Compactibility of fresh Concrete using the funnel test”، concrete library of JSCE، 59-57

21) Sahmaran M، Christianto H A، Yaman I O، 2006، “The effect of chemical admixtures and mineral additives on the properties of Self-Compacting Mortars”، Cement and Concrete Composites Vol 28،432-440

22) Shah S.P، 1983 ،“Fiber Reinforced Concrete”، Hand book of Structural Concrete، Hill book Company، New York- 1998

23) ،“Guide for specifying، proportioning، mixing، placing and finishing steel fiber reinforced concrete”، report No. ACI 544.3R-93، American Concrete Institute (ACI)

24) Beddar M، 2008، “Development of steel fiber reinforced concrete from antiquity until the present day”، Proceedings، Int'1 Conference Concrete: Construction's sustainable option، Dundee، UK، 35-44

25) Mehta P.K، 1986، “Concrete Structure، Properties and Materials” ،Prentice-Hall Inc، Englewood CliFFs، Newjersy

26) Antoine E.N، 1985 ،“Fiber reinforced for concrete”، Concrete International، 21-25

27)وظیفه خواه نیما، ۱۳۸۹، "تاثیرات اندازه نمونه آزمایش بر مقاومت کششی بتن الیافی" (پایان نامه کارشناسی ارشد)، دانشگاه ارومیه، ۱۶

28) رمضانیان پور علی اکبر، شاه نظری محمدرضا، ۱۳۷۶، "تکنولوژی بتن"، انتشارات دانشگاه علم و صنعت، چاپ پنجم

29) پایان نامه کارشناسی ارشد -گرایش عمران-سازه “بررسی روش های تولید بتن شکل پذیر(HDC)” پویا بشیری، حسن افشین، مهرداد امامی تبریزی

با تشکر از حسن توجه شما