



مصالح و فناوری های نوین ساخت

❖ مدرس: خانم دکتر سیده مهدیه میراعلمی / عضو هیئت علمی دانشگاه

❖ www.optco.net

❖ Shokufeh.Miralami@gmail.com

❖ **سرفصل ها:**

- ۱- کاربرد مواد کامپوزیت به منظور استفاده در اسکلت ساختمان های متعارف و آثار آن در اسکلت سازی ساختمان ها
- ۲- سیستم تمیز کاری نمای ساختمان ها (با توجه به نوع نماهای آجری، سیمانی، سنگی و ارتفاع ساختمان ها و ...)
- ۳- آشنایی با انواع فناوری های نوین (مصالح و ساخت)
- ۴- کاربرد پلیمرها و مصالح سبک جهت دیوارهای تیغه ای
- ۵- بررسی مصالح و تکنولوژی جدید اجرای سقف ها با در نظر گرفتن عملکرد دیافراگمی
- ۶- معرفی سازه های کابلی، پارچه ای و شیشه ای
- ۷- سیستم سبک فلزی (LSF)
- ۸- نظام صفحات ساندویچی (3D)

مراحل اخذ نظریه فنی:

- ثبت نام در سامانه «مدیریت خدمات الکترونیک» مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی
- ثبت درخواست نظریه فنی و بارگذاری اطلاعات اولیه در سامانه
- بررسی اطلاعات اولیه توسط کارشناسان مرکز تحقیقات و اعلام مدارک مورد نیاز احتمالی و یا تشکیل جلسه با متقاضی
- بررسی نهایی درخواست شرکت و اعلام نظر مرکز
- در صورتی که به مواد، سیستمها و یا زیرسیستمهای ساختمانی توسط این مرکز نظریه فنی اعطا شود، به این معنی است که محصول یاد شده، طی مدت ۱۸ ماه از تاریخ صدور نظریه فنی به شرط رعایت الزامات پیوست آن، در کشور قابل استفاده است.

لیست فناوری های نوین ساختمانی دارای گواهینامه فنی از مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن:

1. المانهای فلزی گرم نورد و سردنورد (ورق نوزنقه‌ای، پروفیل، مفتول، میلگرد و شبکه‌های میلگرد)
2. الیاف پلیمری با کاربری غیرسازه‌ای
3. انواع الیاف طبیعی و مصنوعی
4. آتش بند و دود بند
5. بتن و اجزای آن (بتن آماده، سنگدانه، بوزولان‌ها، الیاف فولادی، الیاف پلیمری با کاربری غیرسازه‌ای، انواع افزودنی‌های بتن)
6. پنجره و پروفیل
7. پوشش‌های بک کننده مقاوم در برابر آتش
8. پوشش‌های معدنی مقاوم در برابر آتش
9. تولید سازه‌های فولادی (قطععات سازه‌ای فولادی تیر، ستون، مهار بند، اتصالات و مجموعه‌های متشکل از این قطععات)
10. تیرچه فلزی و خریک تیرچه سقف
11. چسب‌های ساختمانی
12. چوب و فرآورده‌های چوبی
13. درهای مقاوم در برابر آتش
14. دستگاه قطع‌کن گاز در برابر زلزله
15. دیوارهای غیرباربر پیش‌ساخته و نیمه‌پیش ساخته (3D Panel، ساندویچ پانل، پارتیشن غیر باربر، ...)
16. دیوارهای مقاوم در برابر آتش
17. رنگ ساختمانی (رنگ آکریلیک، رنگ پلاستیک، ...)
18. سنگ و موزائیک
19. سیستم گرمایش، تعویض هوا و تهویه مطبوع (بکیج شوفاژ فن‌دار و بدون فن، فن محوری)
20. سیستم‌های سازه‌ای سبک (قاب سبک فولادی LSF)
21. سیستم‌های سقف (سقف مرکب با عرشه فولادی)
22. سیمان، گچ، اندودها و ملات‌های پایه سیمانی و پایه گچی
23. شیرآلات ساختمانی
24. شیشه
25. طبقه بندی واکنش در برابر آتش
26. عایق (حرارتی، رطوبتی)
27. عایق بازتابنده (ورق‌های حباب دار با روکش، ...)
28. قالب‌های ماندگار دیواری و سقفی (بلوک سقفی پلی‌استایرن، قالب ماندگار دیواری پلی‌استایرن ICF)
29. قطععات باربر بتن مسلح
30. قطععات بتنی پیش ساخته (لوله‌ها، جداول و ...)
31. قطععات بتنی و سیمانی پوشش سقف
32. قطععات بنایی دیوار و سقف (بلوک‌های بتنی، بلوک‌های سفالی، بلوک سیمانی، بلوک‌های گچی، پانل‌های دیواری بتنی، آجر)
33. قیر و آسفالت
34. کاشی و سرامیک
35. کاغذ دیواری
36. کف‌های بتنی (اجرای بتن کفی، انواع روکش‌ها، پوشش‌ها، کف پوش‌ها بتنی و غیره، ...)
37. کفپوش‌های لمینیتی
38. لوله و اتصالات پلیمری مورد مصرف در آب آشامیدنی
39. لوله و اتصالات پلیمری مورد مصرف در سیستم‌های آب آشامیدنی، گرمایش و سرمایش
40. لوله‌های پلیمری آبرسانی و فاضلابی
41. محصولات آکوستیکی
42. مخازن نگهداری مایعات
43. مواد اولیه پلیمری
44. نما (سامانه مرکب عایق حرارتی، ساندویچ پانل دکوراتیو، کامپوزیت پانل)
45. ورق‌های سیمانی، گچی، منزیمی و ...



**کاربرد مواد کامپوزیت به منظور استفاده در اسکلت ساختمان
های متعارف و آثار آن در اسکلت سازی ساختمان ها**

تعریف:

- ✓ کامپوزیت ها موادی چند جزئی هستند که هر کدام به تنهایی کاربرد مورد نظر را ندارند ولی پس از ترکیب کارایی یکدیگر را بهبود می بخشد.
- ✓ در واقع کامپوزیت به ماده ای اطلاق می شود که از دو یا چند ماده مجزا با نواحی قابل تشخیص و تفکیک از یکدیگر و یک سطح مشترک و در پاره ای موارد یک ناحیه واسط تشکیل می شود.
- ✓ FRP در واقع ترکیبی از مواد کامپوزیت با ورق های تقویتی پلیمری می باشد.

تعریف FRP:

✓ این کلمه، اختصاری از کلمات **Fiber Reinforced Polymer** به معنای پلیمر مسلح شده با الیاف می باشد.

✓ به یک ماده مرکب و کامپوزیتی اطلاق می شود که از یک ماتریس و یک ماده تقویت کننده بصورت الیاف تشکیل شده است. ماتریس خود نیز

ترکیبی از یک رزین (پلی استر، اپوکسی ، ...) و مواد افزودنی مناسبی است که برای کاهش قیمت ماتریس و بهبود بخشیدن به ویژگی های

رزین از آنها استفاده می شود.

✓ در کامپوزیت ها ماده تقویت کننده باعث ایجاد کیفیت مکانیکی بالا می گردد، در حالی که ماتریس نقش انتقال بار خارجی به الیاف و

محافظت آنها را در مقابل تهاجم محیط خارجی دارد.

✓ الیاف در کامپوزیت ها حجم قابل توجهی را بخود اختصاص داده و وظیفه اصلی تحمل بار برعهده آنها می باشد. نوع الیاف ، مقدار مناسب

آنها جهت مصرف و نحوه قرار گیری آنها می تواند بر مقاومت کششی، فشاری، خمشی، خستگی، ضرایب انتقال حرارت و الکتریسیته و مهم تر

از همه، قیمت، تاثیر گذار باشد که هر یک از فاکتورهای ذکر شده می تواند عامل تعیین کننده ای جهت رد یا قبول انواع الیاف مختلف باشد.

✓ FRP را می توان برای ترمیم یا تقویت و بهسازی انواع سازه های بتنی با نصب بر روی سطح (دالها و تیرها، ستونها، دیوارهای حمال، شناژها و فونداسیون) و در ساختمانهای مسکونی، اداری و تجاری، ساختمانهای صنعتی، تکیه گاه های ماشین آلات و تاسیسات سنگین، سازه های آبی از قبیل سد، کانال، و غیره، پل های جاده ای و ریلی، مخازن و منابع آب و مایعات، سیلوها و برج های خنک کننده بکار برد.

✓ خواص مکانیکی الیاف، آرایش الیاف (جهت بافته شدن الیاف دوجهته) و چسب مورد استفاده فاکتورهای اصلی در کارآیی فیزیکی کامپوزیتهای FRP هستند.

✓ به همین دلیل کامپوزیت ها با توجه به نوع الیاف بکار رفته در آنها نام گذاری می شوند.



FRP های ورق

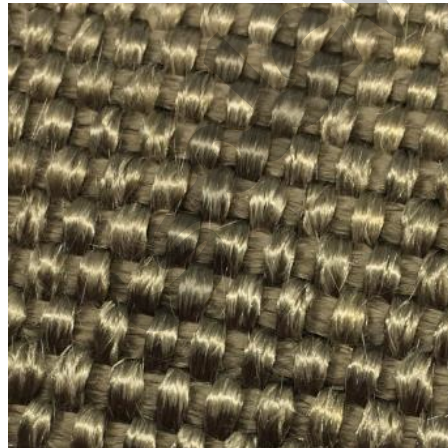
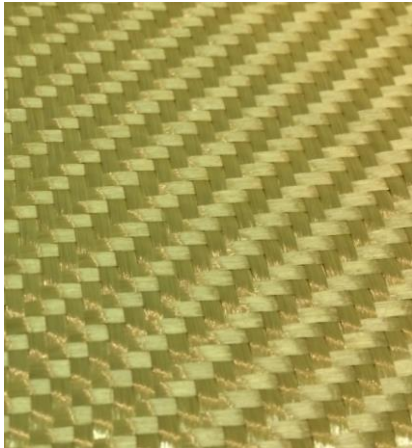
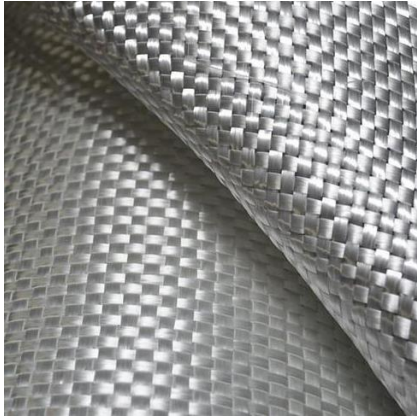
الیاف FRP

اشکال مختلف کاربرد FRP در مهندسی عمران

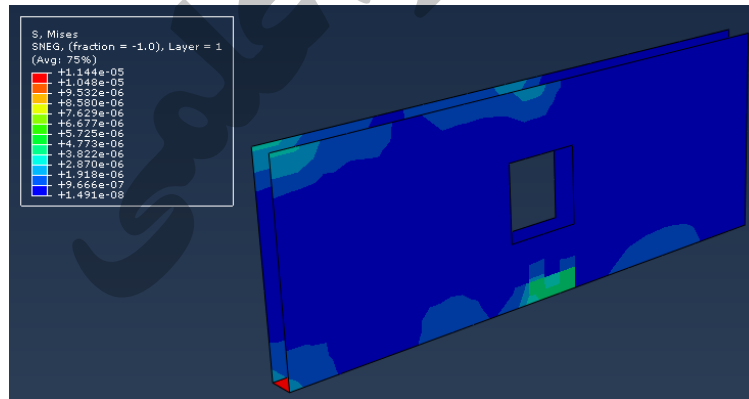
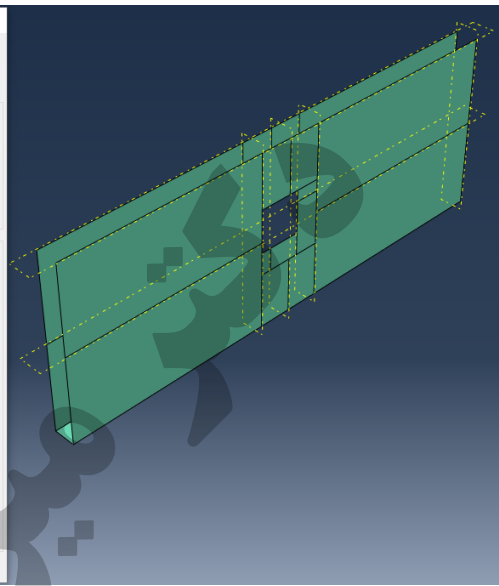
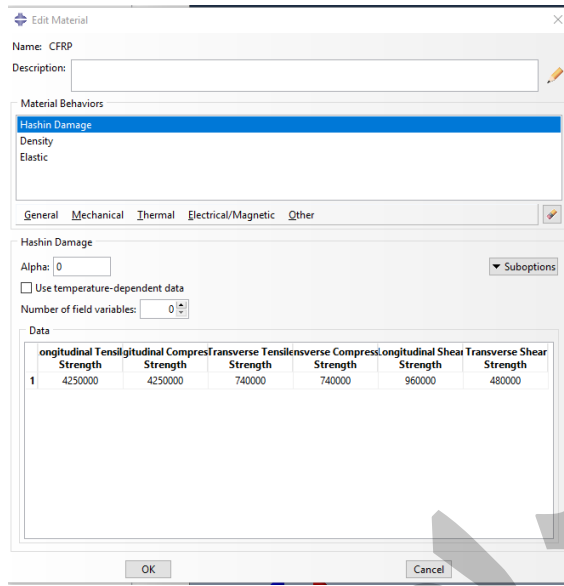
نوارهای FRP

میلگردهای FRP

❖ الیاف متداولی که در ساخت مواد کامپوزیت مطرح هستند عبارتند از :



- ✓ الیاف شیشه (GFRP)
- ✓ الیاف کربن (CFRP)
- ✓ الیاف آرامید (AFRP)
- ✓ الیاف بازالت (BFRP)



ACI 440.2R-17

Guide for the Design and Construction of Externally Bonded FRP Systems for Strengthening Concrete Structures

Reported by ACI Committee 440

نکته ای مهم در انتخاب نوع FRP مناسب برای پروژه های مقاوم سازی:

در سال های اخیر افراد مختلف برای مقاوم سازی سازه های بتنی از نوعی الیاف شیشه استفاده می کنند که دارای الیاف در دو جهت می باشد. قابل تذکر است که این نوع ویژه الیاف جهت کاربردهای صنعتی ساخته شده و مشخصات فنی آنها خصوصا مدول الاستیسیته آن بسیار پایین بوده و به هیچ وجه مناسب برای کاربردهای سازه ای نمی باشند. الیاف شیشه مخصوص مقاوم سازی ساختمان فقط در یک جهت قرار دارند و در جهت عمود بر الیاف فقط نخ های نگهدارنده وجود دارد. دلیل گرایش این افراد به این نوع الیاف شیشه فقط قیمت ارزان آن بوده و نتیجه کار به هیچ وجه مورد تایید نمی باشد.

توصیه مهم : برای اطمینان از کیفیت سیستم FRP در پروژه های مقاوم سازی فقط و فقط از الیاف کربن به همراه رزین اپوکسی استفاده کنید. باید توجه داشت که با استفاده از الیاف کربن به جای الیاف شیشه، با احتساب هزینه رزین و دستمزد زیر سازی قیمت تمام شده پروژه در مقایسه با افزایش چشمگیر کیفیت مقاوم سازی تفاوت چندانی نخواهد داشت.

مزایای کاربرد FRP:

۱. وزن کم FRP (چگالی آن در حدود ۲۰٪ فولاد است).
۲. مقاومت کششی زیاد FRP
۳. مقاومت زیاد FRP در برابر خوردگی
۴. نفوذناپذیری مغناطیسی FRP
۵. امکان مقاوم سازی با FRP به صورت خارجی
۶. حمل و نقل آسان و سرعت اجرای بالا به دلیل وزن کم FRP
۷. روش های تولید حجیم و وسیع FRP

✓ فولادهای ساختمانی به طور مختصر در مقابل خوردگی به وسیله محیط قلیایی بتن محافظت می‌شوند و معمولاً سبب دوام خدمت‌پذیری سازه می‌گردند. برای خیلی از سازه‌هایی که در محیط‌های مهاجم از قبیل سازه‌های دریایی، پل‌ها، پارکینگ که در معرض نمک‌های یخ‌زا قرار می‌گیرند، ترکیب رطوبت، افزایش دما و محیط کلریدی، قلیایی بتن را کاهش می‌دهد و سبب خوردگی فولادها می‌شود که در نهایت موجب تخریب سازه بتنی می‌شود.

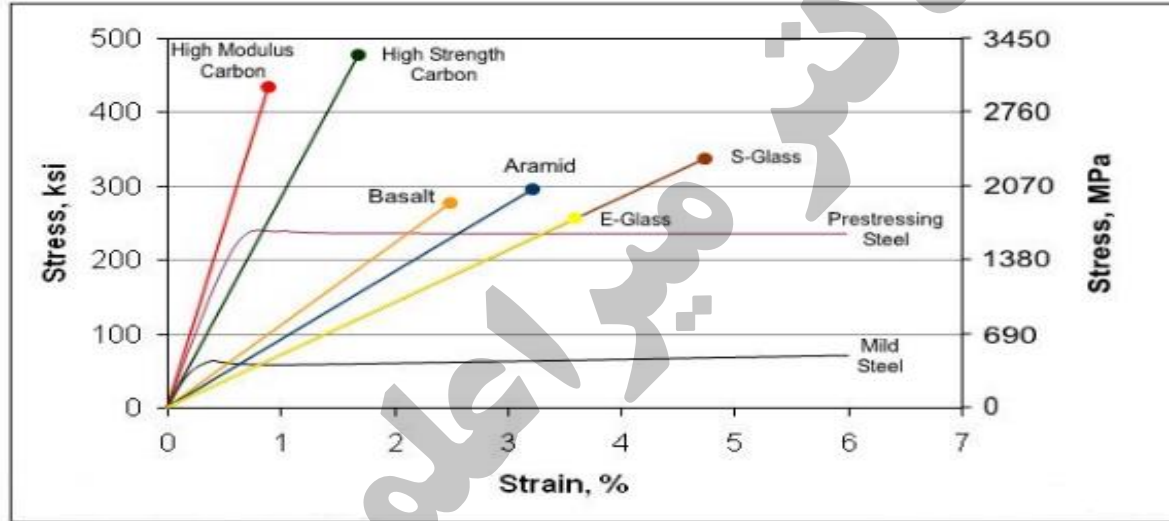
✓ به همین خاطر امروزه از میلگردهای ساخته شده با مواد پلیمری FRP در این سازه‌ها استفاده می‌کنند. با توجه به اینکه میلگردهای FRP دارای رفتار الاستیک می‌باشند، لذا موارد استفاده از این میلگردها به سازه‌هایی محدود می‌شود که مهمترین مشکل آنها خوردگی یا خاصیت الکترومغناطیسی فولاد می‌باشد.

✓ رفتار مکانیکی میلگردهای FRP با میلگردهای فولادی تفاوت دارد؛ لذا نحوه طراحی سازه های بتنی با استفاده از میلگرد های FRP دارای تغییراتی نسبت به میلگردهای فولادی می باشد. میلگردهای فولادی دارای رفتار تقریباً همسانگرد می باشند ولی میلگردهای FRP دارای رفتار ناهمسانگرد هستند.

✓ این رفتار ناهمسانگرد در مقاومت برشی و رفتار چسبندگی میلگردهای FRP به بتن تأثیر می گذارد. مصالح FRP بر خلاف مصالح فولادی، رفتار الاستیک خطی از خود نشان می دهند.



نمودار تنش - کرنش مصالح FRP:



نمونه ای از کاربرد میلگردهای FRP:



نمونه ای از کاربرد ورق های FRP:





کاربرد الیاف در قالب بتن الیافی



- ❖ **بتن الیافی در حقیقت نوعی کامپوزیت است که با به کارگیری الیاف تقویت کننده داخل مخلوط بتن، مقاومت کششی و فشاری آن، بطور قابل توجهی افزایش می یابد.**
- ❖ **این ترکیب کامپوزیتی، یکپارچگی و پیوستگی مناسبی داشته و امکان استفاده از بتن به عنوان یک ماده شکل پذیر جهت تولید سطوح مقاوم پرانحنا را فراهم می آورد.**
- ❖ **بتن الیافی از قابلیت جذب انرژی بالایی نیز برخوردار است و تحت اثر بارهای ضربه ای به راحتی از هم پاشیده نمی شود.**
- ❖ **شاهد تاریخی این فناوری، کاربرد کاهگل در بنای ساختمان است. در واقع بتن الیافی نوع پیشرفته این تکنولوژی است که الیاف طبیعی و مصنوعی جدید، جانشین گاه و سیمان جانشین گل به کار رفته در ترکیب کاهگل شده اند.**
- ❖ **این نوع بتن از بهترین مصالح مورد استفاده در ساخت بناهای مقاوم به ضربه، همچون سازه پناهگاهها و انبارهای نگهداری مواد منفجره به شمار می رود و بنای شکل گرفته از بتن، قابلیت فوق العاده ای در جذب انرژی ضربه دارد.**

از نقطه نظر مواد و سازه‌ای، نقطه تعادل ظریفی در بهینه‌سازی پیوستگی بین الیاف و خمیر سیمان وجود دارد:

- ✓ در صورتی که پیوستگی بین الیاف و خمیر سیمان ضعیف باشد، الیاف در نیروهای پایین بیرون کشیده شده و تاثیر چندانی در پر کردن فاصله بین ترک‌ها نخواهند داشت لذا سختی سیستم افزایش پیدا نخواهد کرد.
- ✓ اگر پیوستگی بین الیاف و خمیر سیمان بیش از حد قوی باشد، ممکن است عمده الیاف قبل از آنکه انرژی زیادی را مستهلک کنند، بشکنند.
- ❖ در حالت دوم الیاف مانند مواد اضافی غیر فعالی عمل می‌کنند که تاثیر قابل ملاحظه‌ای در بهبود خواص مکانیکی ندارند.
- ✓ برای پر کردن فضای بین ریز ترک‌ها در مجموعه تحت بار و برای جلوگیری از تمرکز تنش بالا، لازم است تعداد زیادی الیاف کوتاه داشته باشیم.
- ✓ توزیع یکنواخت الیاف کوتاه می‌تواند مقاومت و شکل‌پذیری مجموعه را افزایش دهد.
- ✓ اما الیاف بلند برای پر کردن فضای بین ترک‌های بزرگ منفصل در نیروهای بالا لازم هستند.

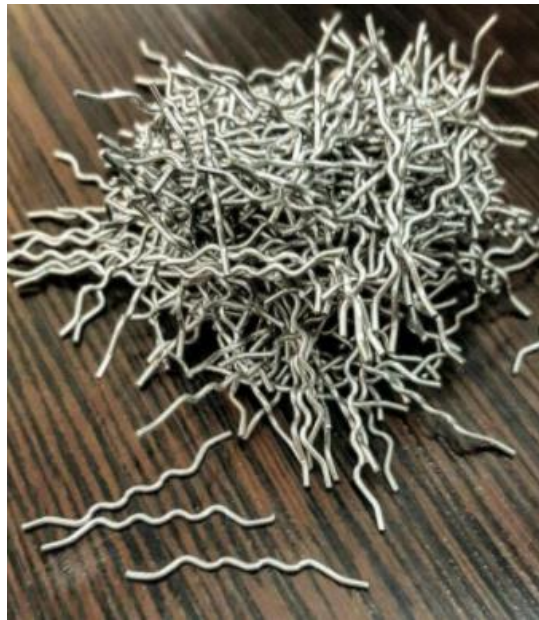
❖ انواع متداول الیاف بکار رفته در بتن الیافی عبارتند از :

❖ الیاف فولادی

❖ الیاف کربنی

❖ الیاف شیشه

❖ الیاف پلی پروپیلن



سیستم تمیز کاری نمای ساختمان ها (با توجه به نوع نماهای آجری، سیمانی، سنگی و ارتفاع ساختمان ها و ...):

به هیچ عنوان نباید از اسید برای نماشویی استفاده شود زیرا عامل مخرب نمای ساختمان شماست که تخریب جدی به سطح نما وارد می کند و ظاهر ساختمان را تمیز می کند اما بعد از مدتی نمای شما دچار پوسیدگی می شود و در اصطلاح به شما می گویند نماشویی با اسید انجام می دهیم.

راپل چطور کار نماشویی را انجام می دهد؟

- ✓ راپل کار توسط ۲ طناب که یکی طناب اصلی و دیگری طناب محافظ و پشتیبان است، در ارتفاع نمای ساختمان جا به جا می شود و با استفاده از ابزار هایی مثل واتر جت که اصلی ترین شوینده است اقدام به شستشوی نمای ساختمان می کند.
- ✓ مواد نانو، دستمال و طی، رزین سنگ نما برای زیبایی و اسید های شوینده معروف، دیگر ابزار هایی هستند که در نماشویی ساختمان کاربرد دارند.

آلیاژهای حافظه دار شکلی (SMA):



یک سوال:

آیا یک فلز می‌تواند دارای حافظه باشد؟!

پاسخ این سوال «بله» است زمانی که که جنس فلز، آلیاژی از **نیکل** و **تیتانیوم** باشد.

دانشگاه علم و فناوری



✓ آلیاژهای حافظه دار شکلی نوعی مواد هوشمند فلزی هستند که امروزه در صنایع زیادی کاربرد دارند.

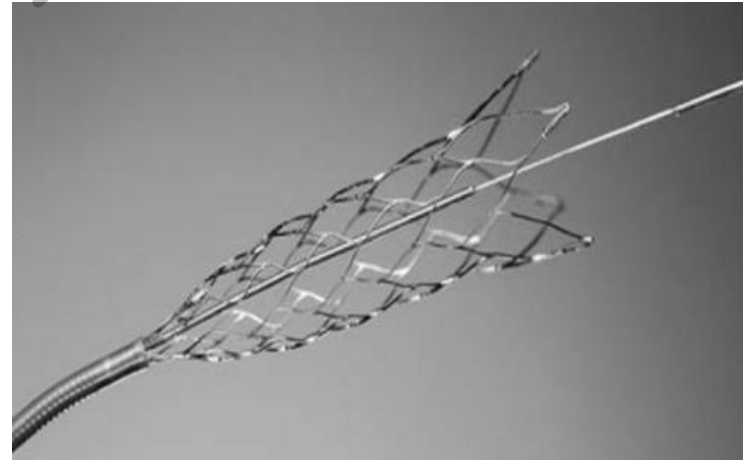
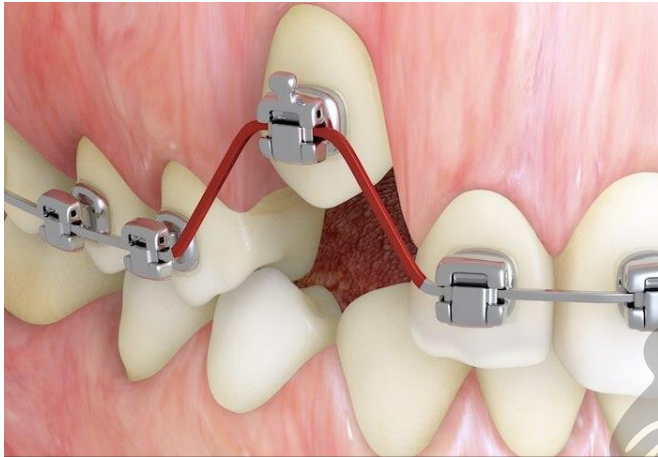
✓ پرکاربردترین نوع SMA تاکنون آلیاژ نیکل و تیتانیوم (NiTi) بوده است که در صنعت ساختمان برای کنترل غیرفعال ارتعاشات و استهلاک انرژی استفاده شده است.

✓ پیشرفت قابل توجه در بررسی خواص Ni-Ti به وسیلهی Buehler و Wiley در آزمایشگاه مهمات نیروی دریایی Naval Ordnance Laboratory (NOL) انجام شد. به افتخار این کشف در آزمایشگاه مهمات نیروی دریایی، این آلیاژ نایتینول نام گرفت.

✓ با این حال هزینه های زیاد تولید و عمل آوری این مواد مانع کاربرد آنها در صنعت ساخت و ساز در مقیاس های گسترده شده است.

کاربرد آلیاژهای حافظه دار شکلی در صنایع پزشکی:

- ✓ کاربرد به جای مفصل ران با استفاده از قابلیت بسیار بالای سوپرلاستیسیتته
- ✓ استفاده به عنوان فضا گیر یا spacer بین مهره های ستون فقرات در حین عمل جراحی، که موجب استحکام ما بین دو مهره در حین بهبودی بعد از تغییر شکل ایجاد شده در جراحی می شود.
- ✓ ترمیم و بهبود شکستگی استخوان از دیگر کاربردهای ارتوپدی آلیاژهای حافظه



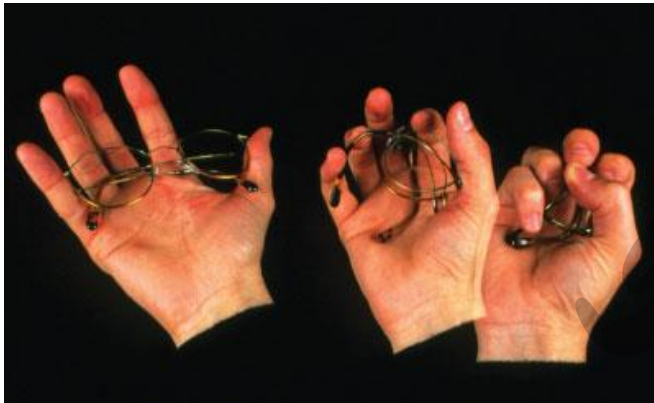
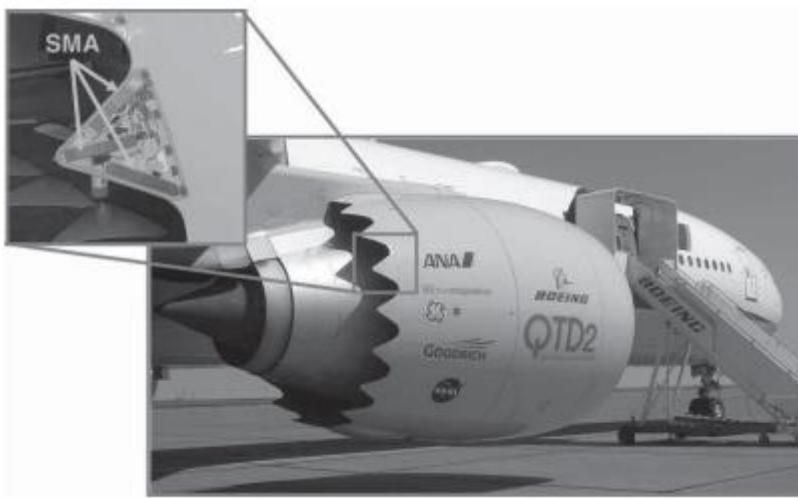
کاربردهای آلیاژهای حافظه دار در صنایع هوافضا:

✓ استفاده در اتصالات لوله‌های هیدرولیک هواپیمای بوئینگ.

✓ لباس سبک و راحت برای فضانوردان

✓ صنایع خودروسازی

✓ صنایع رباتیک



خطوط و لوله‌های حامل گاز و یا سیالات سمی یا اشتعال پذیر بایستی به دلیل جلوگیری از حوادث فاجعه آفرین، به شدت کنترل شوند.

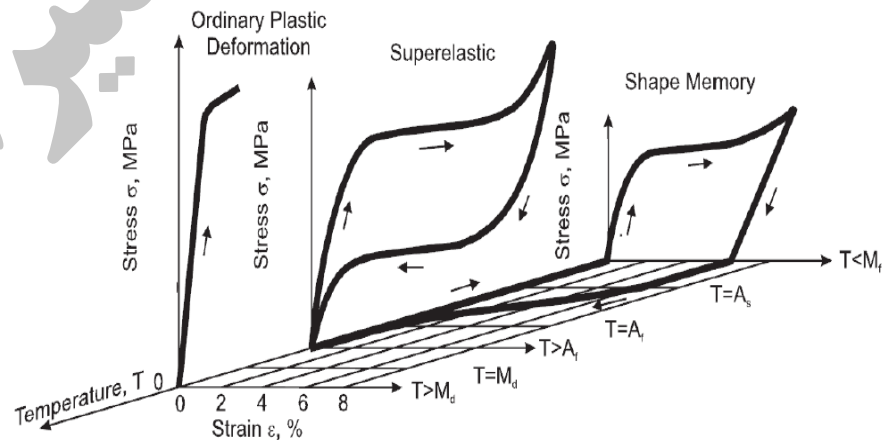
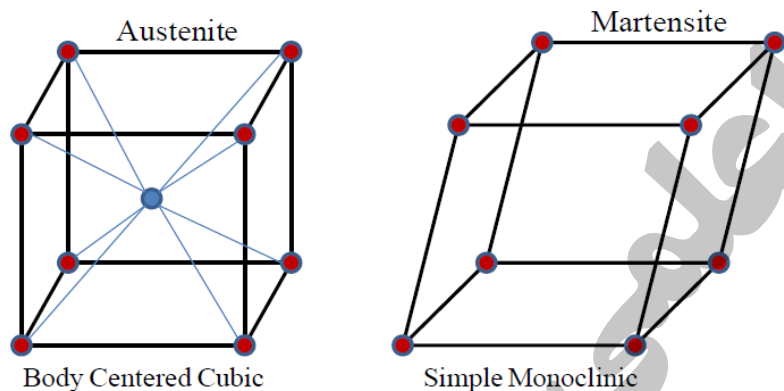
بنابراین سیستم‌های کنترلی می‌توانند توسط آلیاژهای حافظه‌دار برنامه‌دار شوند تا به محض افزایش دما خاموش شوند. که این امر تا حدود زیادی می‌تواند از مشکلات احتمالی در صنایعی نظیر پتروشیمی، گاز، داروسازی و ... بکاهد.

❖ آلیاژهای حافظه‌دار دو رفتار منحصر به فرد اثر حافظه‌ی شکلی و خاصیت فوق ارتجاعی از خود نشان می‌دهند.

❖ این ماده در دماهای نسبتاً زیاد در فاز آستنیت و در دماهای پایین‌تر در فاز مارتنزیت قرار دارد. در حالت بدون تنش، یک آلیاژ

حافظه‌دار دارای چهار دمای مشخصه می‌باشد. که A_s ، دمای آغاز حالت آستنیت، A_f ، دمای پایان حالت آستنیت، M_s ، دمای آغاز

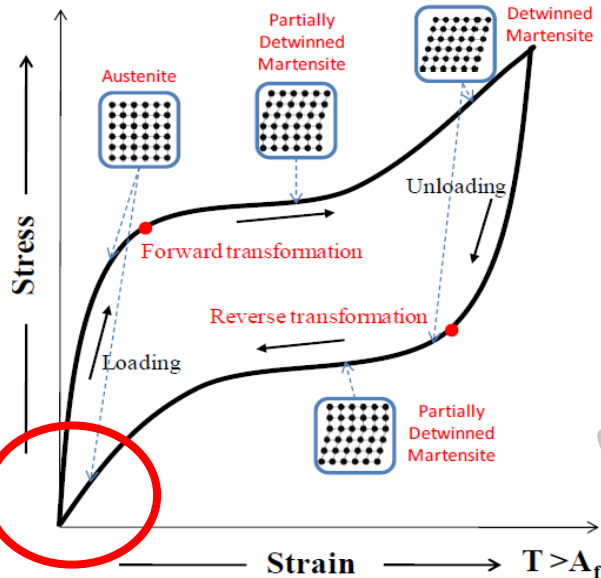
حالت مارتنزیت و M_f ، دمای پایان حالت مارتنزیت می‌باشد.



رفتار فوق الاستیک آلیاژهای حافظه دار شکلی (SMA):

✓ اثر فوق الاستیک وقتی اتفاق می افتد که SMA در فاز آستنیت تغییر شکل داده باشد. در حین بارگذاری، آستنیت تغییر شکلی الاستیک را تجربه می کند تا به تنش تبدیل فاز برسد.

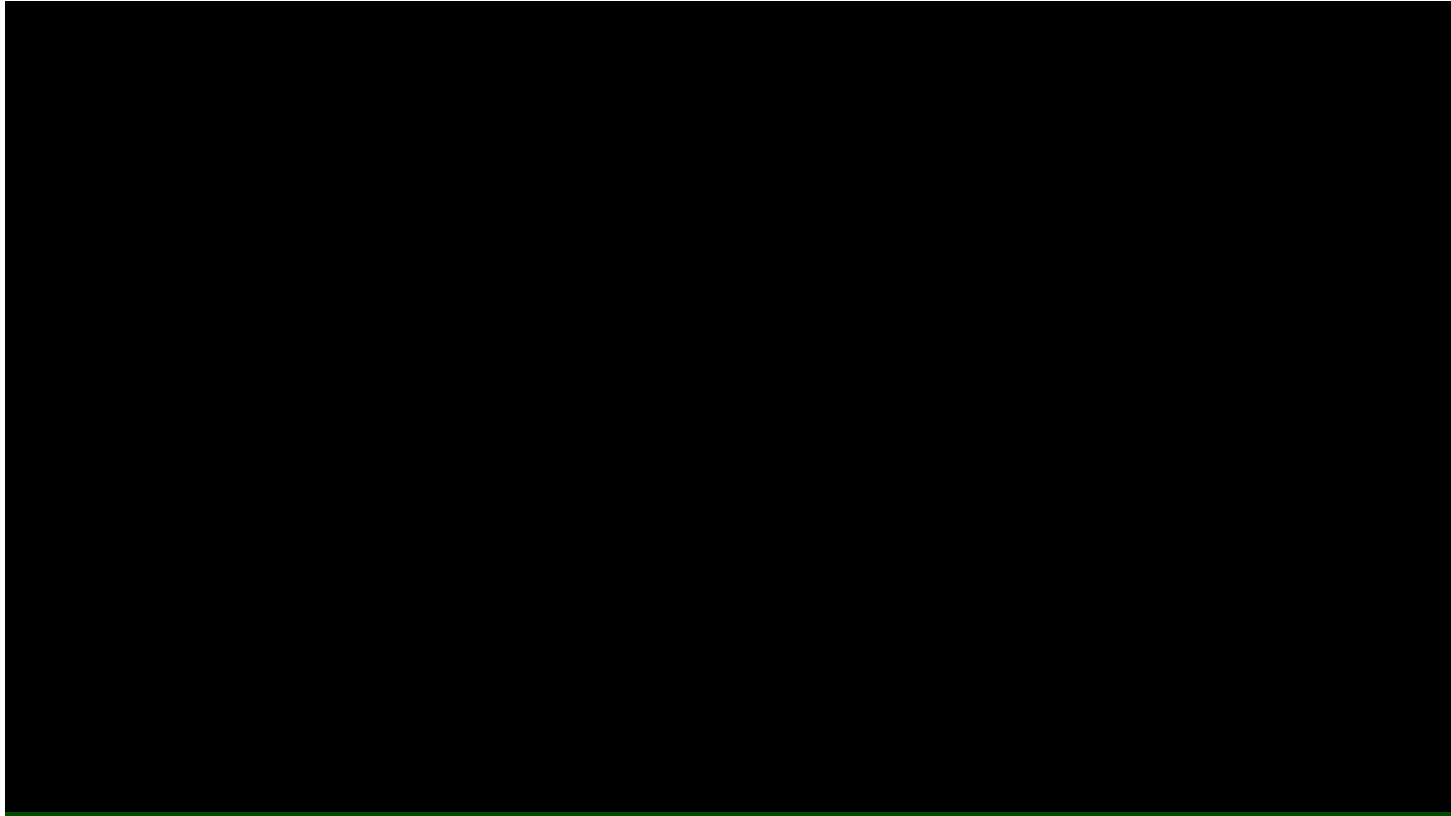
✓ در این نقطه، تبدیل فاز مارتنزیتی آغاز می شود. سپس تغییر شکل ادامه می یابد تا زمانی که SMA کاملاً در فاز مارتنزیت تغییر شکل یافته باشد.



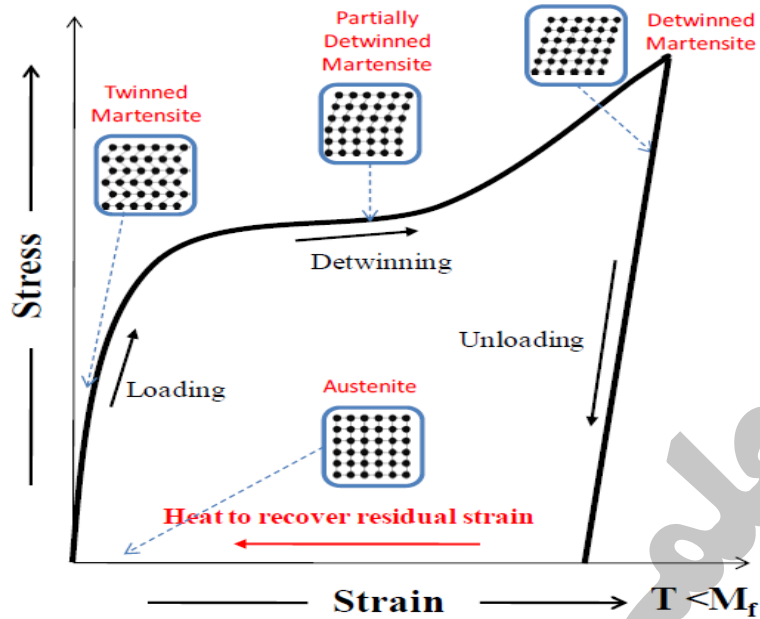
✓ حین بارگذاری، مارتنزیت تغییر شکل یافته دیگر پایدار نیست و به فاز آستنیت برمی گردد.

✓ دمای آلیاژ در محیط باید از دمای A_f بیشتر باشد تا این اثر اتفاق بیفتد.

رفتار فوق الاستیک آلیاژهای حافظه دار شکلی (SMA):



اثر حافظه شکلی آلیاژهای حافظه دار (SMA):



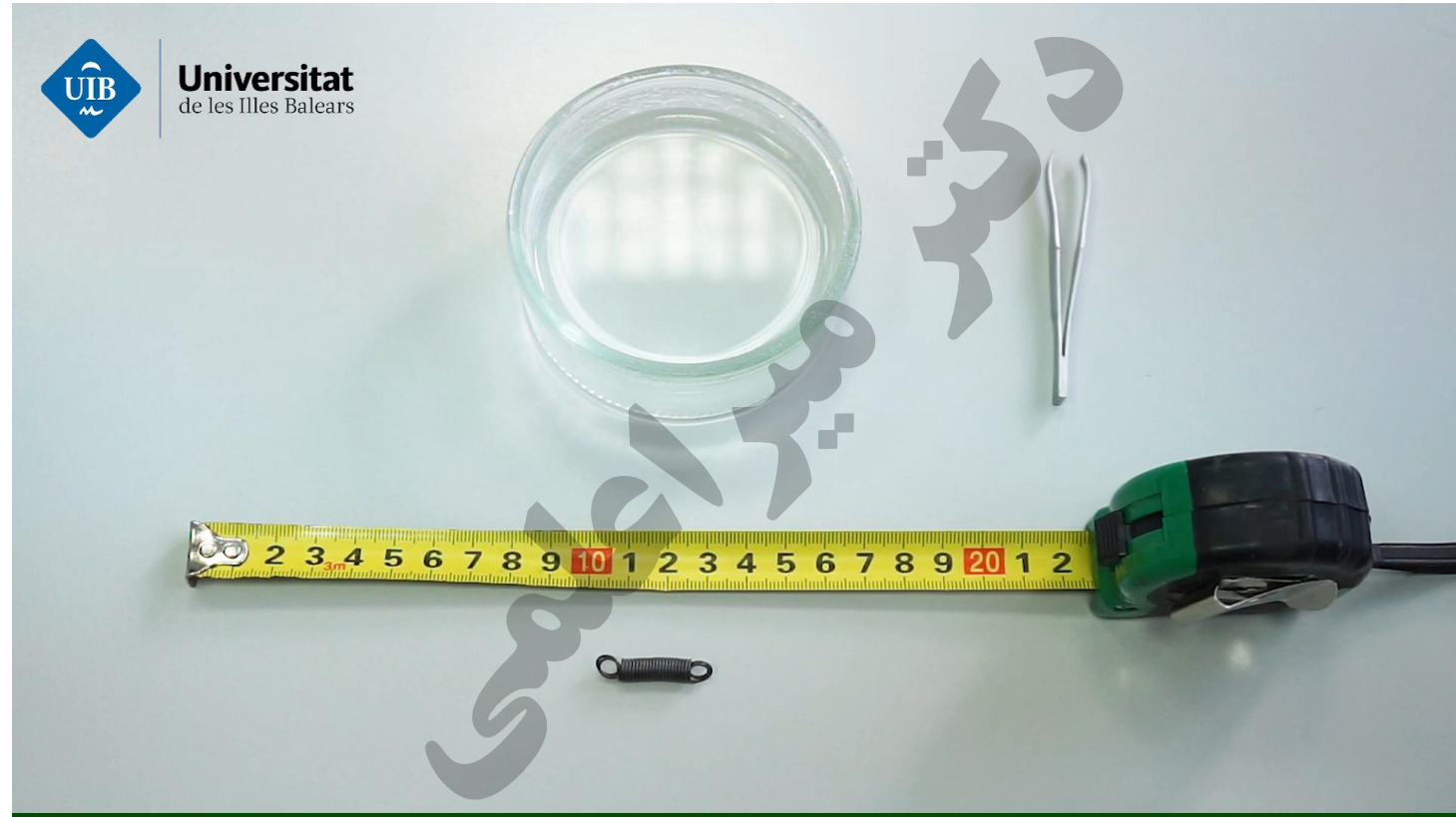
✓ اثر حافظه شکلی زمانی رخ می‌دهد که آلیاژ در فاز مارتنزیت باشد.

✓ در حین بارگذاری، فاز مارتنزیت تغییر شکل الاستیک را تجربه می‌کند تا به تنش تسلیم یا تنش انتقال به جلو برسد.

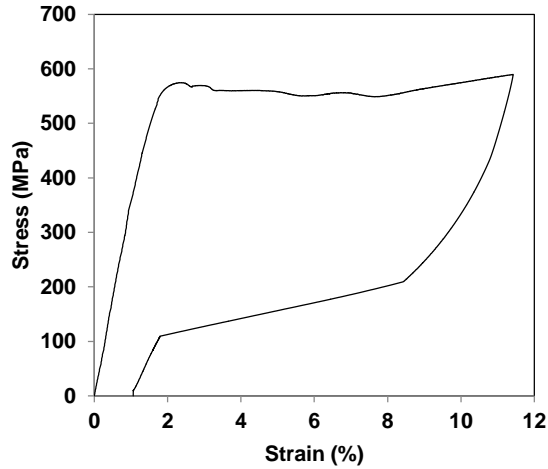
✓ پس از کامل شدن فرآیند انتقال فاز، تغییر شکل‌های الاستیک اضافی ناشی از مارتنزیت تغییر شکل یافته انجام می‌شود.

✓ در زمان باربرداری، کرنش پسماند با گرما دادن ماده و رسیدن دمای آن به بالاتر از A_f بازیابی می‌شود.

اثر حافظه شکلی آلیاژهای حافظه دار (SMA):

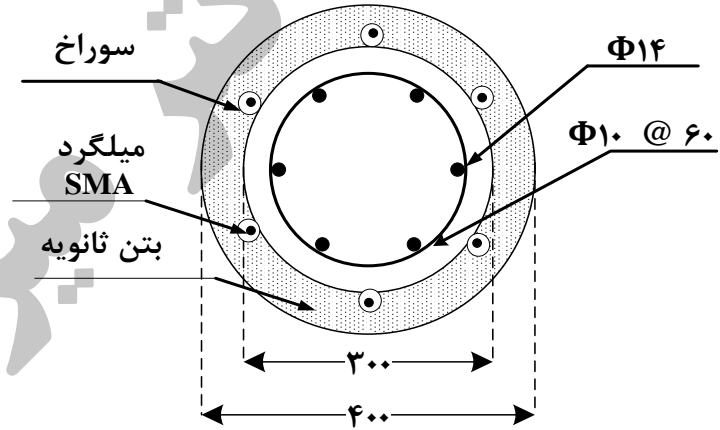
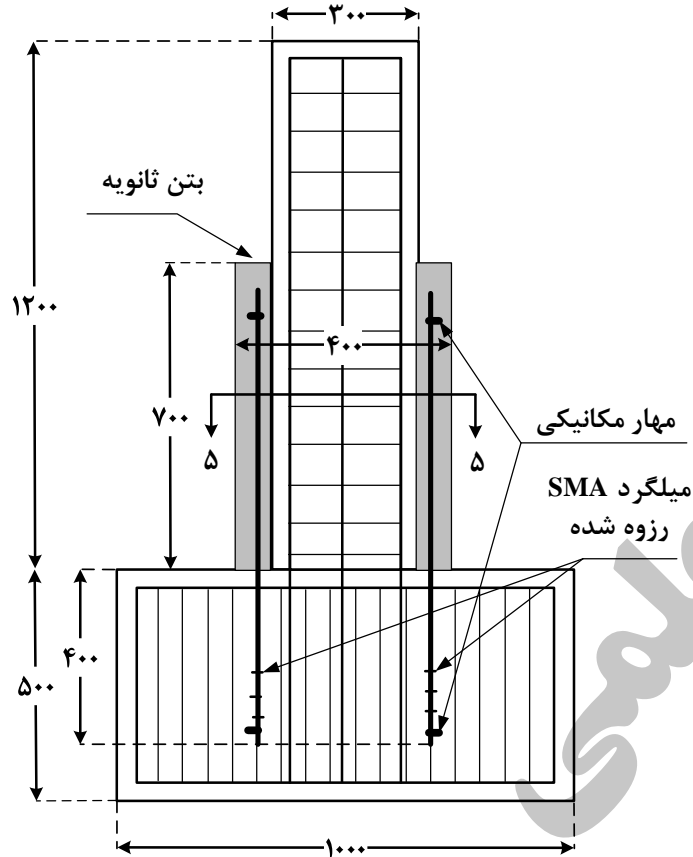


Universitat
de les Illes Balears



قطر (میلی متر)	کشسانی	مدول (گیگاپاسکال)	گرش نهایی (%)	تنش آغاز انتقال فاز آستونیت به مارتنزیت (مگاپاسکال)	تنش پایان انتقال فاز آستونیت به مارتنزیت (مگاپاسکال)	تنش آغاز انتقال فاز مارتنزیت به آستونیت (مگاپاسکال)	تنش پایان انتقال فاز مارتنزیت به آستونیت (مگاپاسکال)
8		53/9	11/5	549	652	408	140

روش مقاوم سازی با میلگرد SMA:



استفاده از آلیاژهای هوشمند SMA در مقاوم سازی پایه پل:



Composites Part B: Engineering
Volume 172, 1 September 2019, Pages 161-172



Strengthening of circular RC column-foundation connections with GFRP/SMA bars and CFRP wraps

Mahdieh Miralami , M. Reza Esfahani , Mohammadreza Tavakkolizadeh 

The cyclic response of circular reinforced concrete column to foundation connections strengthened with shape memory alloy bars

Mahdieh Miralami, M Reza Esfahani , Mohammadreza Tavakkolizadeh, more...

[Show all authors](#) 

First Published September 30, 2020 | Research Article |  Check for updates
<https://doi.org/10.1177/0021998320961440>

[Article information](#) 



Article Information

Article first published online: September 30, 2020

Mahdieh Miralami¹,  M Reza Esfahani¹, Mohammadreza Tavakkolizadeh¹, Reza Khorramabadi², Jalil Rezaeepazhand²

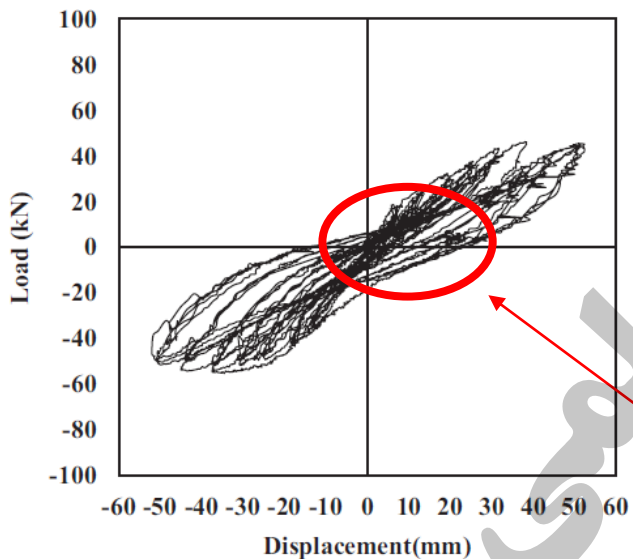
¹Department of Civil Engineering, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

²Department of Mechanical Engineering, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

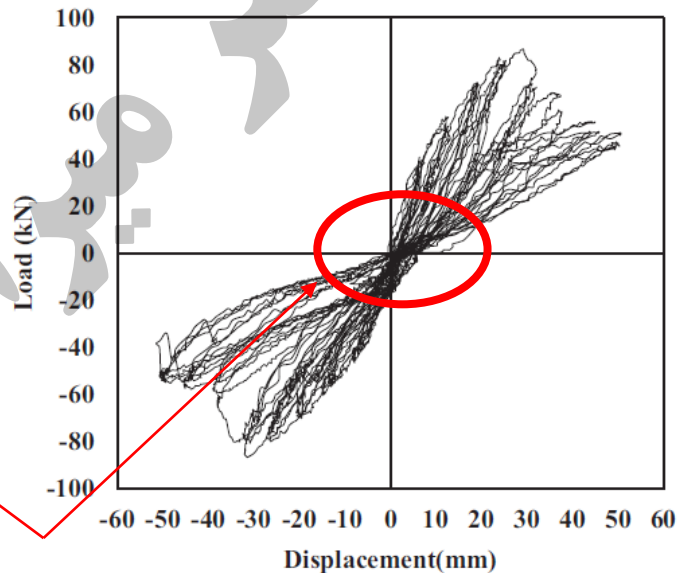
Corresponding Author:

M Reza Esfahani, Department of Civil Engineering, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran. Email: esfahani@um.ac.ir

از بحرانی‌ترین نقاط ضعف میلگردهای فولادی مورد استفاده در سازه‌های بتنی، **انباشت تغییر شکل‌های باقیمانده تحت بارهای اضافی است.**



نمونه با میلگرد فولادی



نمونه تقویت شده با میلگرد SMA

روش مقاوم سازی NSM:

✓ در روش NSM، تقویت کننده‌ها در داخل شیارهای از قبل ایجاد شده در پوشش عضو بتنی قرار می‌گیرند. سپس این تقویت کننده‌ها به وسیله چسب در بتن محکم می‌شوند.

✓ در روش NSM، نیازی به برداشتن سطح متخلخل بتن برای چسباندن مسلح کننده‌ها به سطح حاوی سنگدانه نمی‌باشد. از آنجاییکه تقویت کننده‌ها به وسیله پوشش بتنی محافظت می‌شوند، کمتر تحت آسیب‌های مکانیکی، بار ضربه‌ای، آتش و عوامل مخرب قرار می‌گیرند.



در سال‌های اخیر پیش‌تنیده کردن نوارها و تسمه‌های FRP نیز مورد توجه پروژه‌های عمرانی قرار گرفته است. پیش‌تنیده کردن یک عضو باعث بهبود در عملکرد خمشی عضو در محدوده خدمت رسانی می‌شود. ایجاد پیش‌تنیدگی باعث کاهش خیز عضو، کاهش ترک‌ها، افزایش بار ترک خوردگی و افزایش بار تسلیم آرماتورهای کششی می‌شود. این عمل زمانیکه در پل‌ها با دهانه بلند بکار گرفته می‌شود نقش اصلی خود را نشان می‌دهد. زیرا در این پل‌ها به علت دهانه بزرگ معمولاً شاه تیرها دچار تغییر شکل زیادی می‌شوند اما پیش‌تنیدگی باعث اعمال خیز منفی اولیه به تیر شده و خیز حداکثر آن را کاهش می‌دهد. مزیت بزرگ دیگر اعمال پیش‌تنیدگی در پل‌ها افزایش مقاومت خستگی المان‌ها می‌باشد. شاه تیرها و پایه‌ی پل‌ها تحت بار متناوب ناشی از عبور و مرور وسایل نقلیه می‌باشند که همین امر باعث وقوع خستگی در این اعضا می‌شود. پیش‌تنیده کردن این اعضا باعث باربرداری آرماتورهای کششی این اعضا شده و مقاومت خستگی عضو را بطرز چشمگیری بهبود می‌بخشد.

❖ در مواقعیکه امکان ایجاد یک شکاف سطحی بر روی سطح بتن وجود داشته باشد، روش مقاوم سازی به روش NSM انتخاب بسیار عاقلانه ای می باشد. این روش نیاز به آماده سازی سطح را به میزان بالایی کاهش می دهد و همچنین ریسک ایجاد شرایط بحرانی در اجرای موفق و موثر سیستم مقاوم سازی و نیاز به اجرای سیستم های Lay-Up در کارگاه را از بین می برد.

❖ به دلیل اینکه میلگرد و یا لمینیت در سطح بیشتری به بتن چسبیده، لذا در این سیستم هنگام انتقال یک نیروی مشابه در روش EBR میزان کمتری تنش برشی در بتن ایجاد می شود. از این رو طول توسعه در روش NSM بسیار کمتر بوده و می توان تقریبا از کل ظرفیت مقاومت FRP استفاده کرد پیش از آن که گسیختگی ناشی از چسبندگی حاصل شود. اجرای این سیستم نیاز به نیروی آموزش دیده خاصی ندارد و طراحی آن با در نظر گرفتن راهنمایی های ACI 440-2 انجام می شود.

❖ به عبارت دیگر در روش NSM نوارها یا میلگردهای مصالح مقاوم کننده در شیارهایی که در وجه کششی بتن ایجاد شده اند، چسبانده می شوند و پوشش سیمانی و یا چسب اپوکسی روی آن ها قرار می گیرد. به طور کلی برخی از مزایای روش های NSM نسبت به روش EBR عبارتند از: بهبود پیوستگی و انتقال نیرو به بتن اطراف به دلیل محصور شدن نوار داخل شیار، محافظت از نوار در برابر عوامل محیطی خارجی و عدم نیاز به آماده سازی سطحی بتن بعد از ایجاد شیارها.

چرا از روش NSM استفاده کنیم؟

مزایا:

– موثر بودن این روش نسبت به روش EBR

– عدم نیاز به فراگیری روش اجرا

– حل مشکل نیاز به آماده سازی سطح کار

– کاهش در معرض قرارگیری FRP (قرار گرفتن در شکاف)

– بهبود عملکرد در حین قرار گرفتن در معرض آتش سوزی

– قابل بازبینی بودن مشخصات FRP قبل از نصب

معایب:

– حفر شکاف در سطوح سقف (رو به بالا) ممکن است بسیار دشوار باشد.

– کنترل کیفیت در کارگاه به آسانی روش EBR (روش نصب در نزدیک

سطح) نیست.

– نیاز به مقدار پوشش بتن کافی دارد.

چرا از روش EBR (نصب در خارج از سطح) استفاده کنیم؟

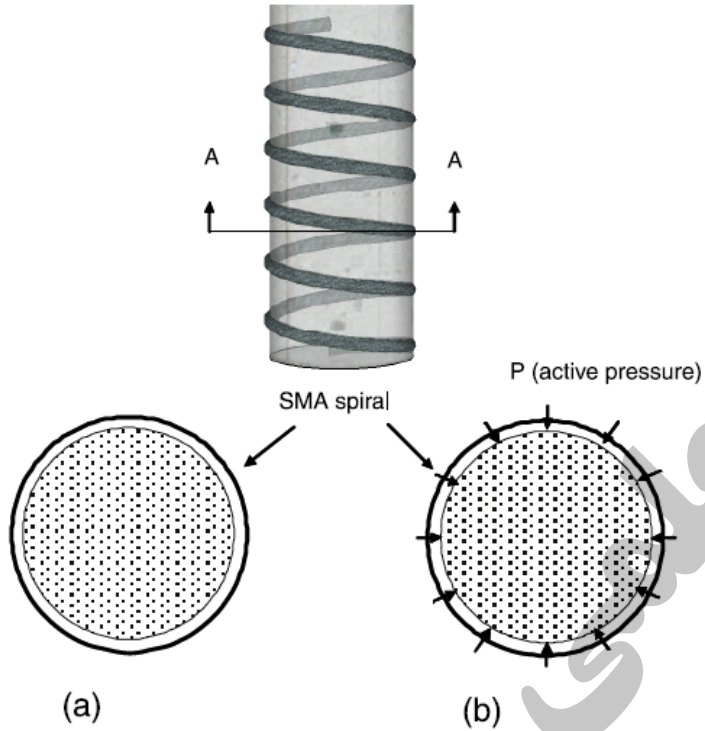
مزایا:

- آماده سازی سطح ممکن است از حفر شکاف در عضو آسان تر باشد.
- در سطوح سقف (رو به بالا) آماده سازی و نصب این روش بسیار آسان تر است.
- می توان با روش Wet Lay-up هندسه های مختلفی را ایجاد کرد.
- روش کنترل کیفیت با آزمایش Pull-off به راحتی ممکن است.

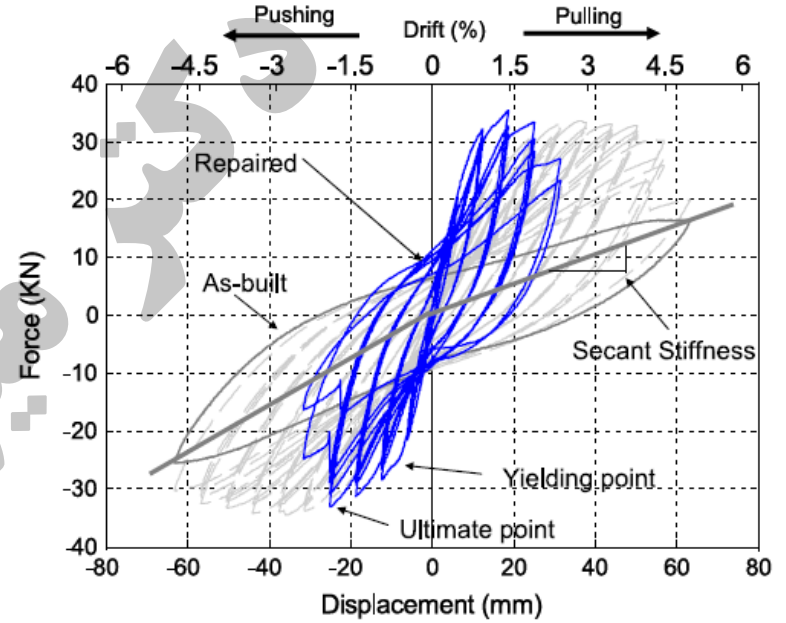
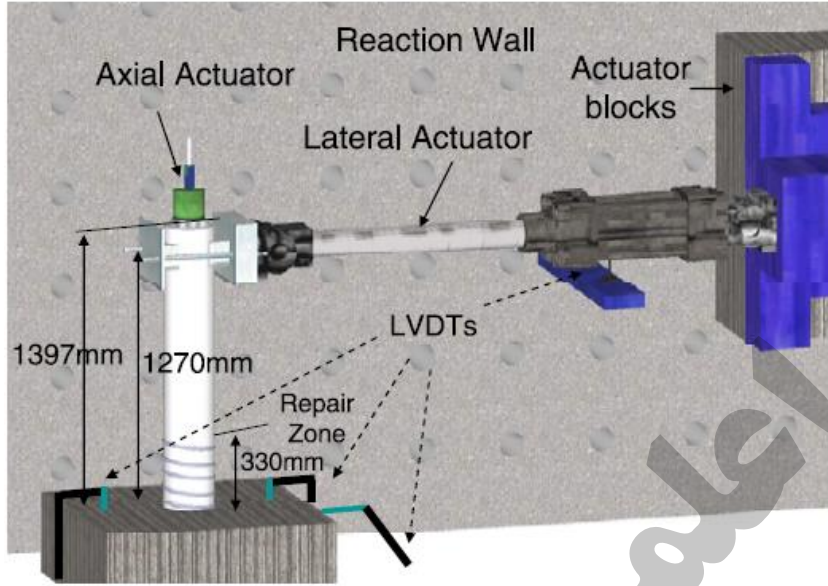
معایب:

- برای اجرای روش Wet Lay-up نیاز به آموزش های ویژه وجود دارد.
- میزان کیفیت نهایی کار به شدت به آماده سازی سطح وابسته است.
- در این روش از مقاوم سازی معمولاً عملکرد با از دست رفتن پیوستگی از دست می رود.
- در روش Wet Lay-up میزان مشخصات در مقایسه با صفحات پیش سخت شده بسیار متغیر است.
- بیشتر در معرض آتش سوزی و از محلال های فیزیکی قرار می گیرند.

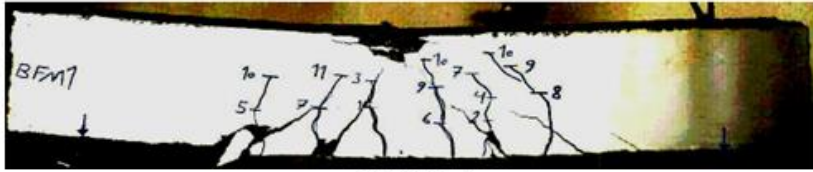
استفاده از دورپیچ SMA در مرمت اتصال تیر به ستون:



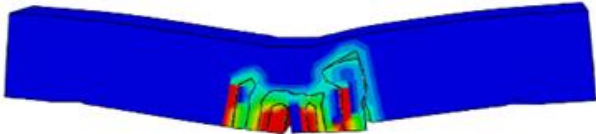
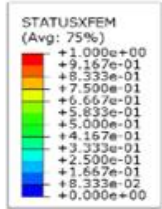
استفاده از دورپیچ SMA در مرمت اتصال تیر به ستون:



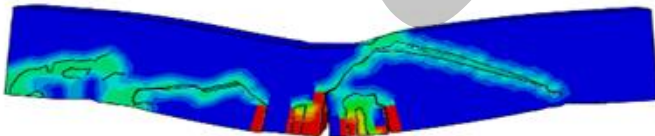
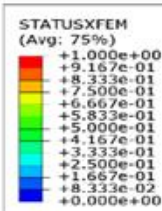
شبهه سازی مصالح SMA با سابروتین UMAT:



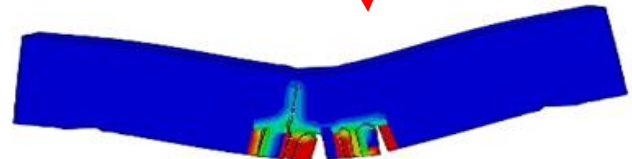
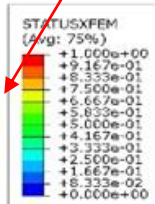
BFMI(ب)

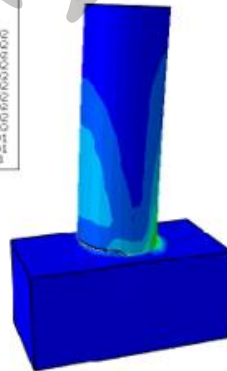
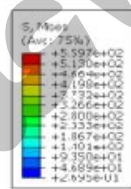
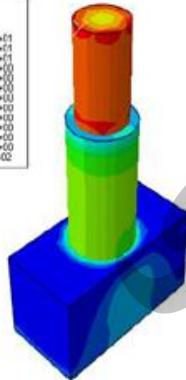
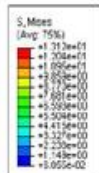
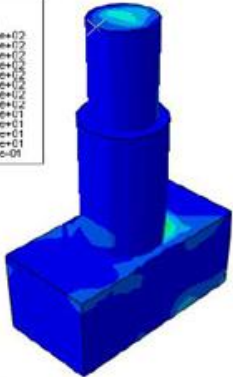
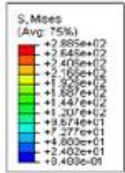
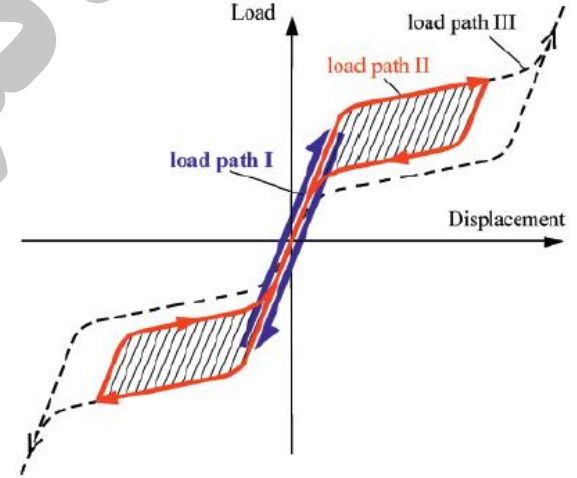


BSMI(ج)



BCMI(الف)





اجرای سازه به کمک روش نوین Top-Down:

- عملیات ساخت سازه‌های زیرزمینی به روش سنتی که با گودبرداری و اجرای فونداسیون سازه‌ی زیر زمینی آغاز، با ساخت سازه‌ی اصلی از کف به سمت بالا ادامه و با تکمیل سقف نهایی پایان می‌یابد، بنام Bottom-up method معروف است.
- برخلاف روش مذکور، روش پیشرفته‌ای بنام Top-down method وجود دارد که در سال‌های اخیر در پروژه‌های بزرگ عملاً جایگزین روش ساخت سنتی در کشورهای صنعتی گردیده است. این روش برخلاف روش سنتی، با ساخت دیوارهای دور، ستون‌ها و سقف نهایی آغاز و با تکمیل گودبرداری و ساخت فونداسیون سازه‌ی زیرزمینی به اتمام می‌رسد.
- روش اجرای Top-Down در آیین‌نامه BS:8002:1994 انگلستان برای سازه‌های نگهبان ارائه شده و یک روش اجرای ابتکاری است که از اوایل دهه ۹۰ میلادی به تصویب رسید و از سال ۲۰۰۱ میلادی تاکنون در کشورهای مختلفی چون انگلستان، امریکا، فنلاند، چین، روسیه، ویتنام، سنگاپور و ایران بر اساس نیاز ساخت گاه مورد استفاده قرار گرفته است.

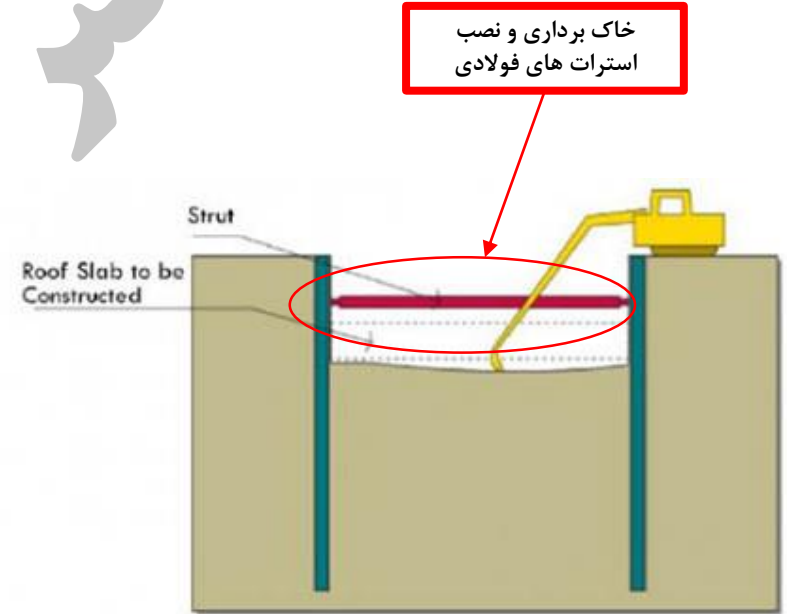
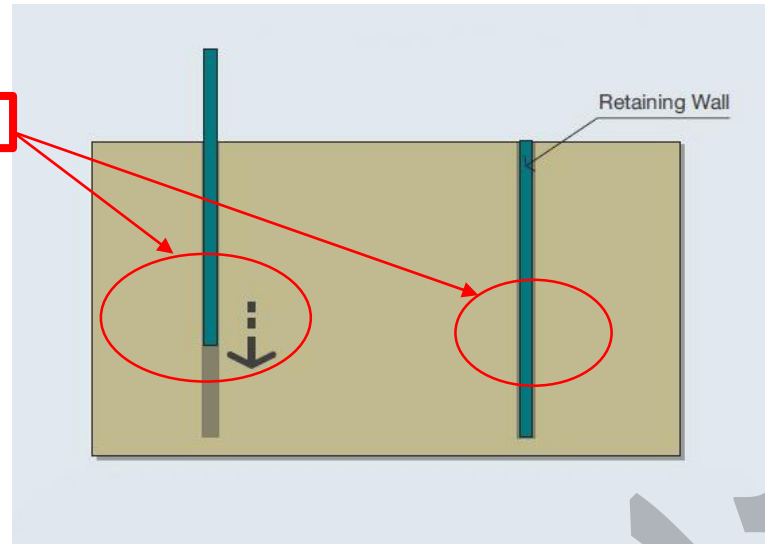
اجرای سازه به کمک روش نوین Top-Down:

- روش اجرای Top-Down با توجه به شرایط مختلف پروژه، اعم از خاک منطقه، محدودیت های زمانی، محدودیت های بودجه، امکانات اجرایی در منطقه و ... می تواند به روش های مختلفی اجرا گردد.
- در اجرای سازه به روش Top-Down ابتدا دیوارهای دیافراگمی که در نقش سازه نگهبان در پیرامون گود قرار می گیرند، اجرا می شود.
- اگر عرض سازه کم باشد، به کمک استرات های فولادی دو دیواره پیرامونی به یکدیگر متصل می شوند تا موجب پایداری یکدیگر شوند.
- اگر عرض سازه زیاد بود در بین دو دیواره شمع های بتنی عمیق اجرا می شود که در نقش ستون ظاهر می شوند. حال استرات ها را به دیوارهای دیافراگمی و شمع ها متصل می شوند.

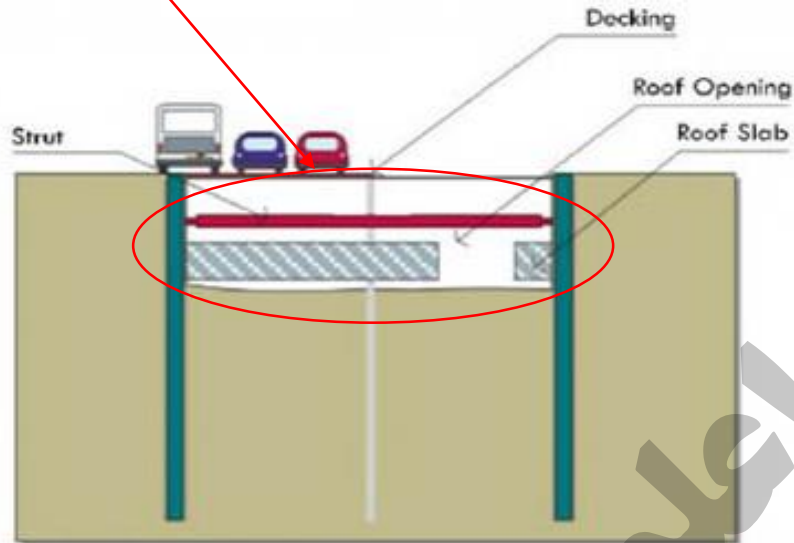
• اجرا به روش Top-Down

- حال با تامین پایداری خاک، به سراغ حفاری خاک رفته و تا تراز زیر طبقه منفی یک حفاری می شود.
- اکنون فضای ایجاد سقف اول تامین شده و می توان سقف و دیوارهای طبقه منفی یک را اجرا کرد.
- این کار تا رسیدن به تراز کف گود (پایین ترین طبقه) تکرار می شود.
- باید دقت داشت که در طراحی و اجرا به روش تاپ داون حتما باید بازشوهای مناسب برای تامین دسترسی مصالح و ماشین آلات به طبقات پایین تر در نظر گرفته شده باشد. این بازشوها تا رسیدن به تراز کف باقی می ماند و سپس از انتها شروع به بسته شدن می کنند.
- طبیعتا در نظر گرفتن آرماتورها و اتصالات مناسب برای این بازشوها از نکات حائز اهمیت در این روش اجرا می باشد.
- در انتهای اجرا به روش معکوس استرات هایی که برای حفظ پایداری خاک قرار گرفته بودند نیز برداشته می شوند.

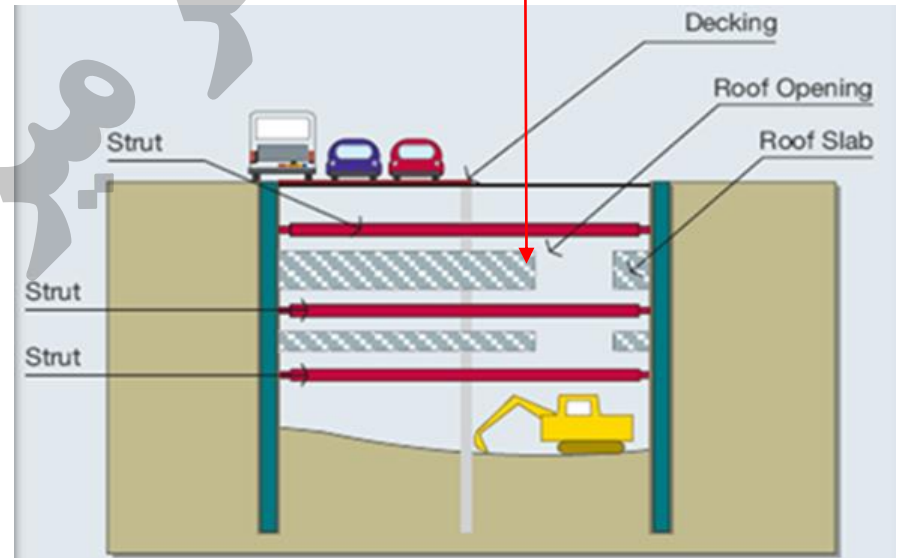
• اجرا به روش Top-Down



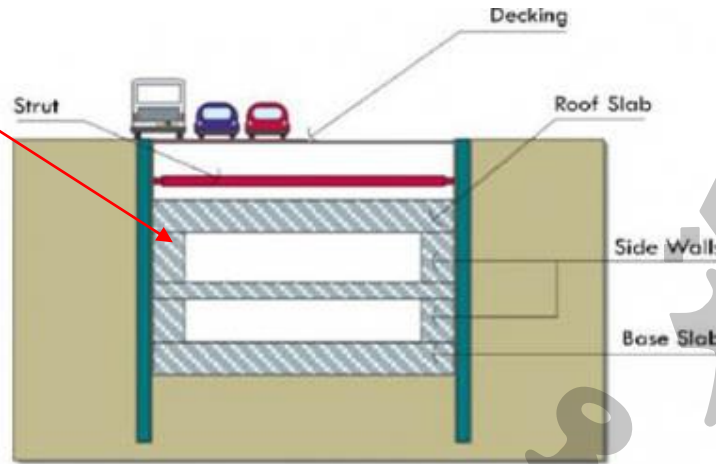
ساخت سازه زیرزمینی به روش Top-Down



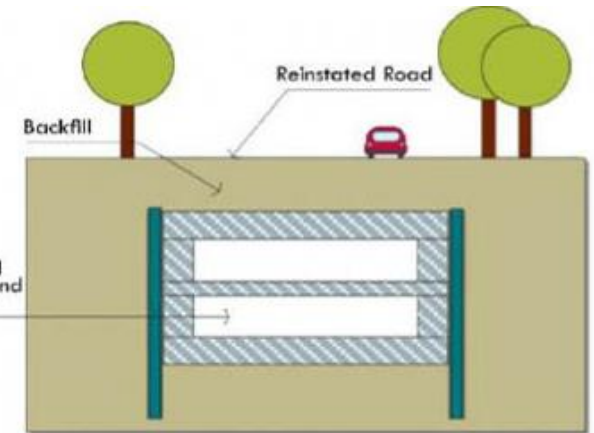
ساخت سازه زیرزمینی به روش Top-Down و ایجاد بازشوها



تکمیل سازه فونداسیون و بستن محل بازشوها



بستن محل بازشوها و انجام عملیات تکمیلی



• نمونه اجرای سازه به روش Top-Down



• نمونه اجرای سازه به روش Top-Down



• نمونه اجرای سازه به روش Top-Down

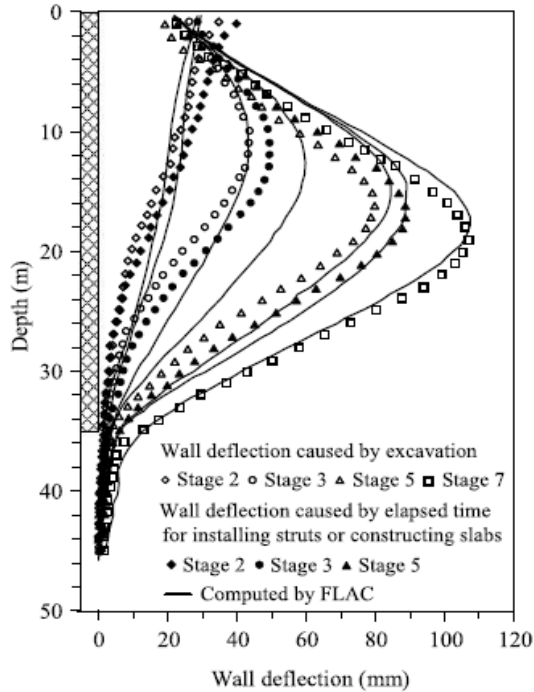


- افزایش سرعت ساخت و اتمام عملیات، به جهت پیشبرد همزمان پروژه به طرف بالا و پایین بعد از اجرای سقف تراز همکف.
- حذف هزینه‌های سازه نگهبان و مهار گودها به روش‌های نیلینگ و انکراژ موجب صرفه‌جویی در منابع مالی پروژه می‌گردد.
- کاهش زمان ساخت منجر به کاهش هزینه‌های ساخت و ساز خواهد شد.
- کاهش سطوح آلودگی در محیط پروژه.
- عدم نیاز به اخذ رضایت همسایگان هم‌جوار و هزینه‌های ناشی از آن.
- کاهش ریسک آسیب به ساختمان‌ها و سازه‌های مجاور به دلیل خود مهار بودن روش تاپ دان
- کارایی بسیار بالای روش تاپ دان برای سازه‌هایی با تعداد طبقات زیرزمین زیاد همانند پارکینگ‌های طبقاتی زیرزمینی.
- به دلیل استفاده از اتصال مکانیکی، امکان اجرای عملیات آرماتوربندی و قالب‌بندی در فضای محدود نیز فراهم است.

- کاهش نشست خاک زیر پی ناشی از بار مرده ساختمان به دلیل اجرا شدن فونداسیون در آخرین مرحله.
- اجرای همزمان عایق‌بندی پشت دیوارهای حائل که منجر به آب‌بند شدن کل قسمت مدفون سازه تا زیر فونداسیون می‌باشد.
- امکان اجرای عملیات در بدترین شرایط جوی به دلیل مدفون بودن سازه فراهم است.
- امکان عمل‌آوری بهتر بتن سقف و تیرها به جهت مدفون بودن سازه و دوری از شرایط نامساعد جوی مانند هوای گرم و سرد.
- با اجرای اولین سقف (همکف) می‌توان فضای مناسبی جهت تجهیز کارگاه فراهم نمود. بنابراین استفاده از معابر و فضای خیابان نیز به حداقل خواهد رسید.

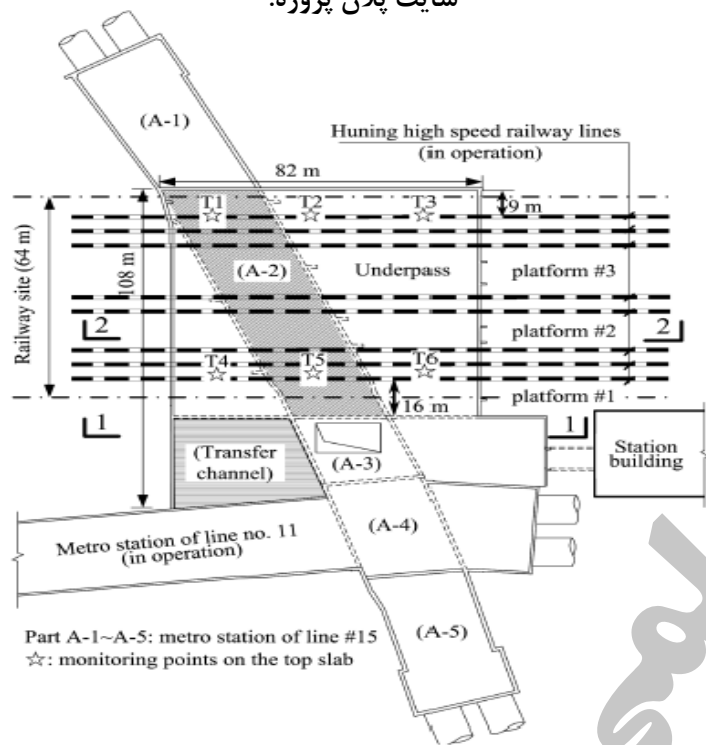
• پروژه Tung and Kung (2009):

در پژوهش حاضر اثر استفاده از روش‌های Bottom-up و Top-Down در ساخت سازه بررسی شد. پارامترهای موثر بر جابه جایی دیوار شناسایی شد. نتایج نشان داد که تغییر مکان جانبی دیوار در روش Top-Down بیشتر از روش Bottom-up بوده است.

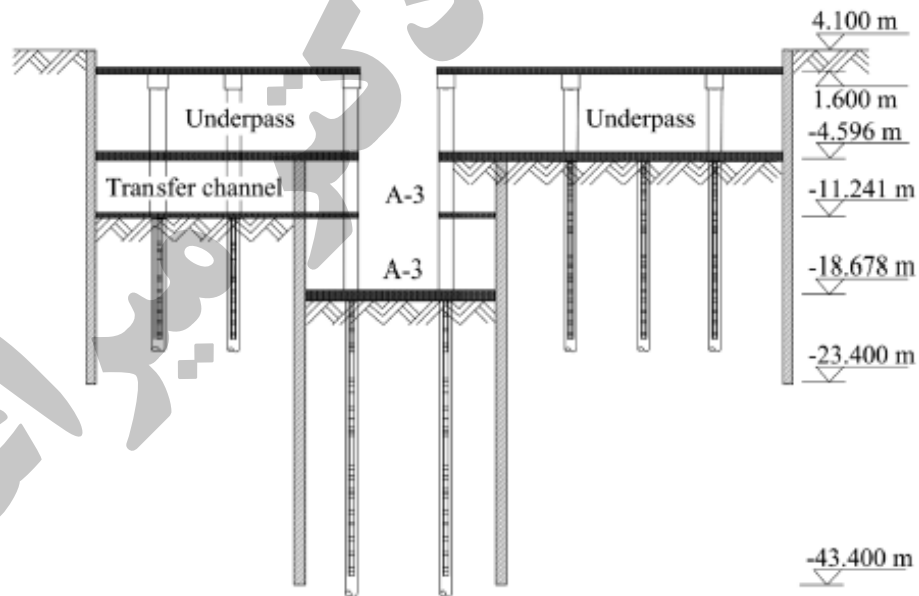


تغییرات تغییر مکان جانبی در اعماق مختلف دیوار

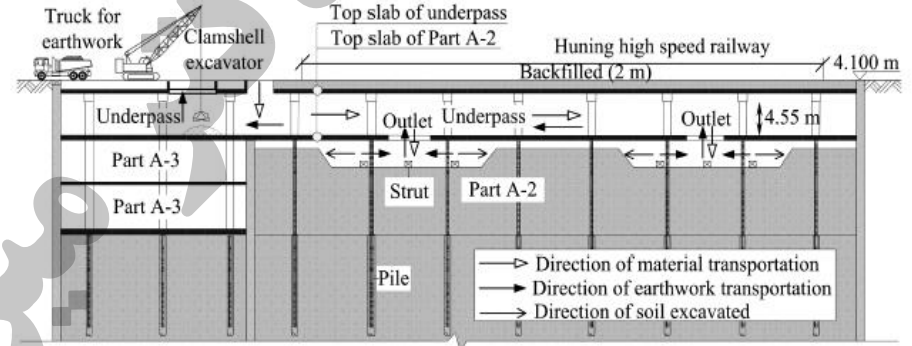
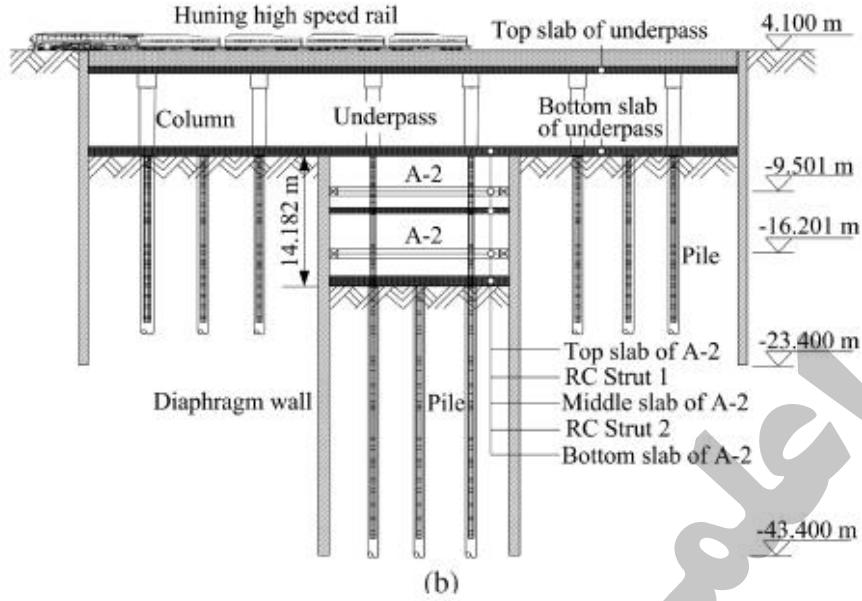
سایت پلان پروژه:

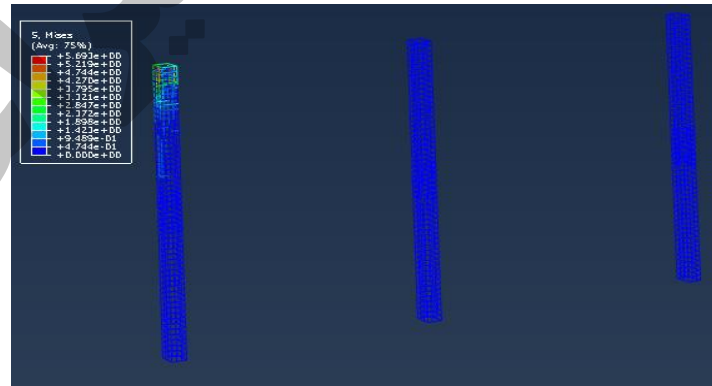
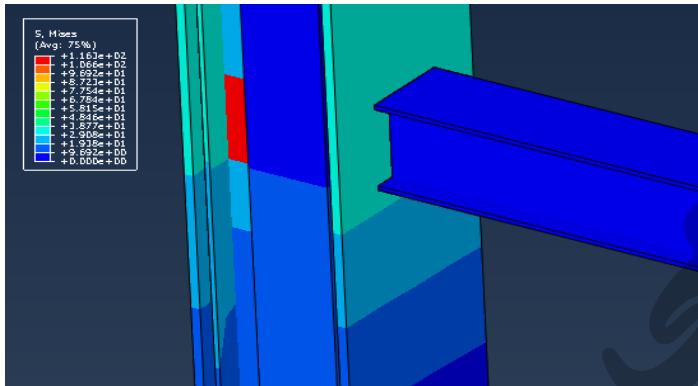
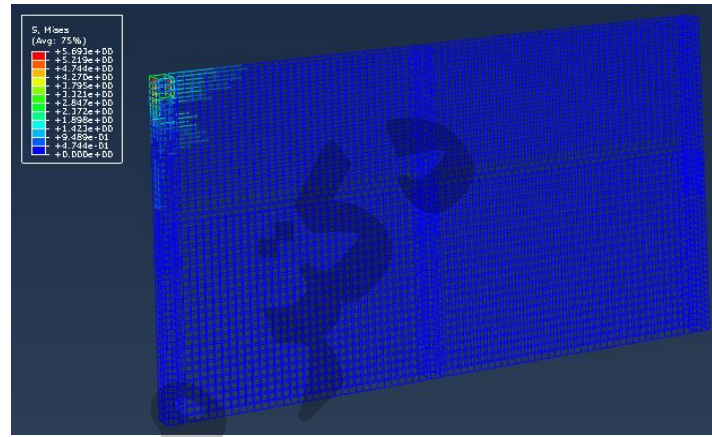
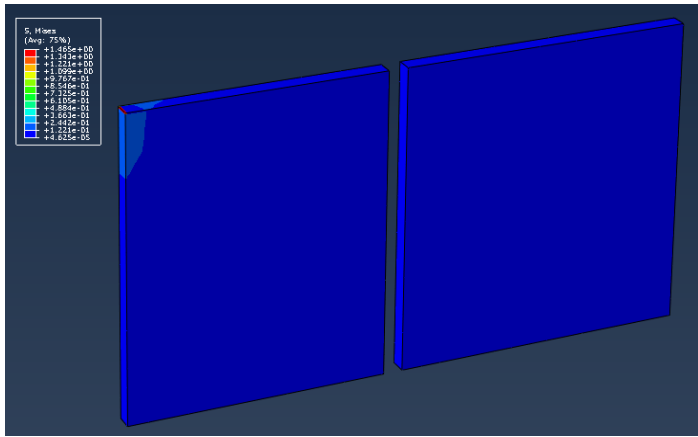


برش ۱-۱:



برش ۲-۲:





کاربرد پلیمرها و مصالح سبک جهت دیوارهای تیغه ای



تخته های منیزیمی (تخته های چندمنظوره):

استفاده از تخته های سبک به منظور کاهش وزن نماکاری در ساختمان و نیز سهولت و سرعت بخشیدن به اجرا یکی از راهکارهای مناسبی است که به تازگی وارد فرهنگ ساختمان سازی کشور شده است.

با توجه به تنوع این تخته ها و بهره گیری از انواع مصالح ساختمانی در آنها، استقبال زیادی از این محصول به عمل آمده است.

تخته های منیزیمی (تخته های چند منظوره) که به مستربرد نیز شهرت یافته اند، در زمره تخته های سبک با مصارف ساختمانی قرار می گیرند که در ساخت آنها بیشترین استفاده از الیاف معدنی به ویژه منیزیم شده است.

این تخته ها در گروه محصولات بدون آزبست قرار میگیرند و جایگزین مناسبی برای محصولات قدیمی مشابه محسوب می شوند.

با توجه به ماهیت این تخته ها، استفاده از آنها در ساختمانهای با اسکلت فلزی به ویژه سیستم LSF توجه پذیرتر خواهد بود، حال آنکه با در نظر گرفتن تمهیدات مناسب و تامین زیرقابهای اصولی و صحیح امکان بهره گیری از این تخته ها در ساختمانهای مختلف وجود خواهد داشت.

این محصول از آن جهت برای استفاده در دیوارهای داخلی و خارجی، پارتیشن های قسمتهای داخلی واحدهای مسکونی و نیز سقف کاذب توصیه می شود که ضمن سبک بودن و نیز کمک به دیوار اصلی در تامین عایق صوتی، سازگاری خوبی با محیط زیست داشته و در برابر حریق، صوت، محیط های مرطوب و حشرات موذی از جمله موریانه از مقاومت قابل قبولی برخوردار است.

این محصول در زمینه های مختلف انرژی، حریق، آکوستیک و مسائل اجرائی در این مرکز بررسی گردیده و در حیطه الزامات تدوین شده مجاز به استفاده می باشد.

بررسی مصالح و تکنولوژی جدید اجرای سقف ها با در نظر گرفتن عملکرد دیافراگمی

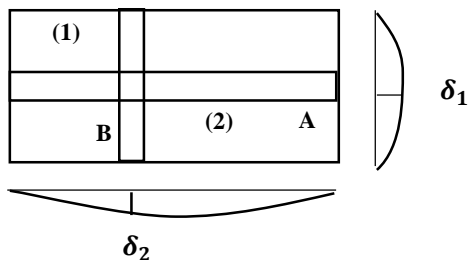
دکتر مهدی اعلمی

دال‌ها به عنوان اولین اعضای هستند که بارهای ثقیلی را تحمل کرده و در بارهای جانبی نیز وظیفه‌ی ایجاد کف صلب و انتقال نیروی جانبی به اعضای باربر را عهده دار می‌باشند. دال‌های بتن آرمه به دلیل مزایایی از جمله رفتار و عملکرد مناسب، شکل‌پذیری، سهولت در اجرا و ضخامت مناسب، یکی از دال‌های مرسوم و با کاربرد فراوان می‌باشند.

مشکلی که این نوع دال‌ها دارند، وزن زیاد آن‌ها می‌باشد. ایده‌ی کاهش وزن ساختمان‌ها و اجرای سازه‌های سبک در تاریخ مهندسی سازه همواره مورد توجه متخصصان، پژوهشگران و محققان بوده و اثرات اثبات‌شده‌ی آن بر بهبود رفتار و کاهش نیروهای وارد بر سازه، محققان را به ایجاد طرح‌های نوین ترغیب نموده است. به همین دلیل امروزه بیشتر از دال‌های مجوف بتنی به دلیل فاکتورهای کاهش وزن، کاهش هزینه و دسترسی به مقاطع با ابعاد کوچکتر استفاده می‌شود. در حال حاضر دال‌های مجوف به وضوح در بسیاری از کشورها به عنوان یک سیستم مطمئن و مقرون به صرفه شناخته شده است. برخی از این ساختمان‌ها به دلایل مختلفی مانند خرابی ناشی از خوردگی آرماتورهای فولادی، وزش بادهای شدید، تضعیف اعضا در اثر اهمال در نگهداری صحیح، خطاهای محاسباتی، تغییر در آیین‌نامه‌ها و ضوابط طراحی، خسارات وارده به ساختمان ناشی از زلزله، انفجار و ... ممکن است فاقد مقاومت و شکل‌پذیری لازم در مقابل بارهای اعمالی تشخیص داده شوند.

❖ دالهای دو طرفه:

- دالهایی که تغییر شکل آنها عمدتاً به صورت یک سطح استوانه ای است را می توان به صورت دالهای یکطرفه و با تیرهای موازی با دهانه های در جهت انحناء طراحی نمود. در صورتیکه نسبت طول به عرض دال کمتر از ۲ باشد، سطح دال در اثر وارد شدن بار به صورت بشقاب ته گردی در می آید. این بدان معنی است که در هر نقطه دال دارای انحناء در دو جهت طولی و عرضی می باشد.
- از آنجا که مقدار ممان خمشی با مقدار انحناء متناسب است، در هر دو جهت ممان خمشی وجود خواهد داشت. برای مقاومت در مقابل ممان های خمشی وارده باید در هر دو جهت طولی و عرضی دال از میلگرد استفاده نمود که در این صورت میلگردها در دو جهت عمود بر یکدیگر قرار خواهد گرفت.
- میزان و نحوه انتقال بار در دو جهت دال بستگی به ابعاد دال و شرایط گیرداری دال دارد. بررسی دقیق چگونگی رفتار دال در زیر بار نیاز به بررسی تئوری صفحات دارد.
- برای درک فیزیکی چگونگی رفتار یک دال در زیر اثر بار به طور تقریبی می توان دالها را مجموعه ای از نوارهای مجزا در دو جهت دانست.
- برای مثال در دال ساده شکل مقابل دو نوار ۱ و ۲ را در نظر می گیریم هر یک از این دو نوار سهمی از بار وارده دال را تحمل می کند:



سهم هر یک آنقدر است که خیز ایجاد شده در هر یک از آنها در محل تقاطع ایندو یکسان باشد. به عبارت دیگر در دو منحنی فوق که نمایش تغییر شکل این دو نوار است:

$$\delta_1 = \delta_2$$

اگر سهم شدت بار نوار ۱ را W_A و نوار ۲ را W_B بنامیم می توان نوشت که :

$$\delta_1 = \frac{5}{384} \frac{W_A A^4}{EI}$$

$$\rightarrow W_A A^4 = W_B B^4 \rightarrow \frac{W_A}{W_B} = \left(\frac{B}{A}\right)^4$$

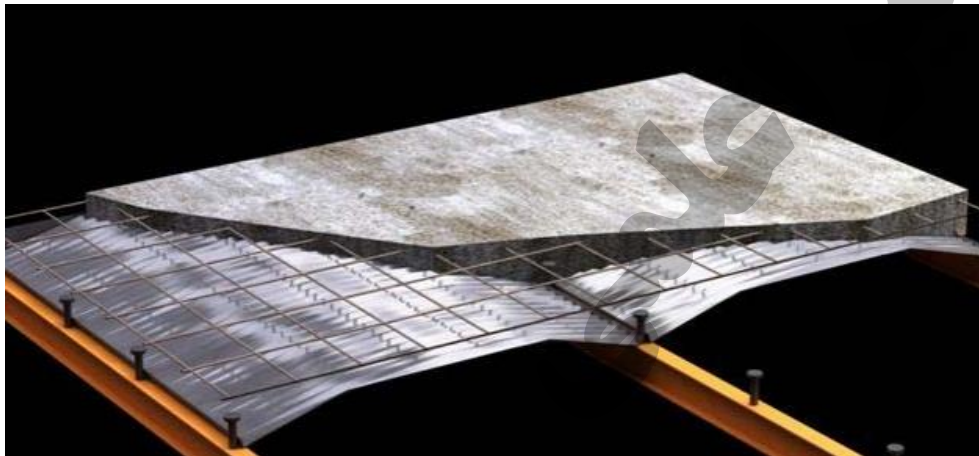
$$\delta_2 = \frac{5}{384} \frac{W_B B^4}{EI}$$

اگر اندازه یک ضلع دال نسبت به ضلع دیگر آن کوچکتر باشد، سهم بیشتری از بار در جهت کوچکتر منتقل می گردد.

اگر $B = 2A$ باشد، $W_A = 16W_B$ یعنی فقط $\frac{1}{16}$ معادل ۶ درصد از کل بار در جهت بزرگتر B منتقل خواهد شد. لذا بدین علت است که در دال هایی که B از ۲ بزرگتر است، دال عملا در جهت کوچکتر تحمل بار نموده و بنابراین دال یکطرفه می باشد.

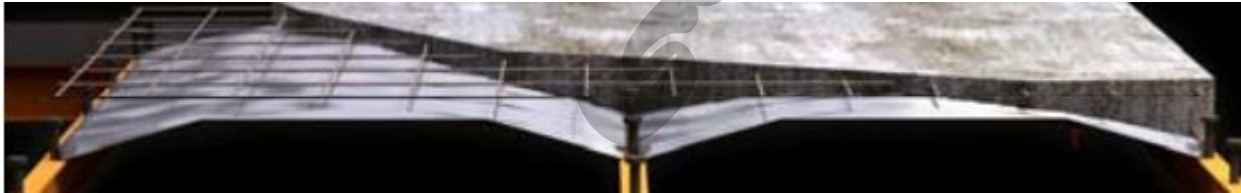
❖ رفتار دال در زیر اثر بار به طور تقریبی مانند آنچه در بالا گفته شد می باشد. در عمل یک نوار نمی تواند مستقلا تغییر شکل دهد مگر آنکه نوار مجاور را نیز با خود تغییر شکل دهد و چون تغییر شکل دو نوار مجاور یکسان نخواهد بود، لذا هر یکی از نوارها موجب به وجود آمدن پیچشی در نوار دیگر خواهد شد پیچش ایجاد شده در نوارها به تقویت نوار کمک کرده و مانع از بوجود آمدن تغییر شکل کامل مانند آنچه در دو نوار بالا گفته شد می گردد. نتیجه اینکه خیز و تنش در دال عملا کمتر از آنست که بر اساس فرض فوق بدست آید.

سیستم سقف بیگیت به عنوان یک اختراع در سال ۱۳۸۹ توسط مهندس بیگی در کشور به ثبت رسیده است. این سیستم، نوعی سقف مرکب فولادی-بتنی است که از قالب فولادی قوسی شکل با نام تجاری بیگیت در قالببندی سطح زیرین دال بتن مسلح استفاده شده است. قالب بیگیت از ورق گالوانیزه به ضخامت ۰/۶ یا ۰/۷ میلیمتر ساخته شده و با شکل قوسی و کنگرهای خود قابلیت تحمل بارهای حین اجرا را دارا می باشد. این قالب در سقف بیگیت از نوع ماندگار بوده و در باربری و عملکرد سازه‌های سقف هیچگونه نقشی برای آن در نظر گرفته نمی شود. از طرف دیگر، در دال بتنی بالای قالب، یک شبکه آرماتور پیش بینی شده است.



❖ سقف بیگیت همانند سقف های کامپوزیت متداول اجرا می شود با این تفاوت که به جای قالببندی سنتی، از قالب بیگیت استفاده شده و این قالب از دو طرف بر روی نبشی های نشیمن که به تیرچه ها و تیرهای قاب اصلی سازه جوش شده، قرار گرفته و در جای خود محکم می شود. از مزایای این سیستم سقف می توان به اجرای ساده و ایمن و همچنین سرعت بالای اجرا آن اشاره نمود.

❖ به طور کلی این سیستم مشمول ضوابط سقفهای مختلط فولادی- بتنی مطابق با ضوابط فصل ۱۰-۱-۹ مقررات ملی ساختمان ایران بوده اما با توجه به قوسی بودن شکل قالب فولادی مورد استفاده در اجرای سقف، ضوابط ویژه های بر آن حاکم است. سیستم سقف بیگیت در مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی مورد ارزیابی قرار گرفته و کاربرد آن در حیطه الزامات فنی تدوین شده، مجاز می باشد.





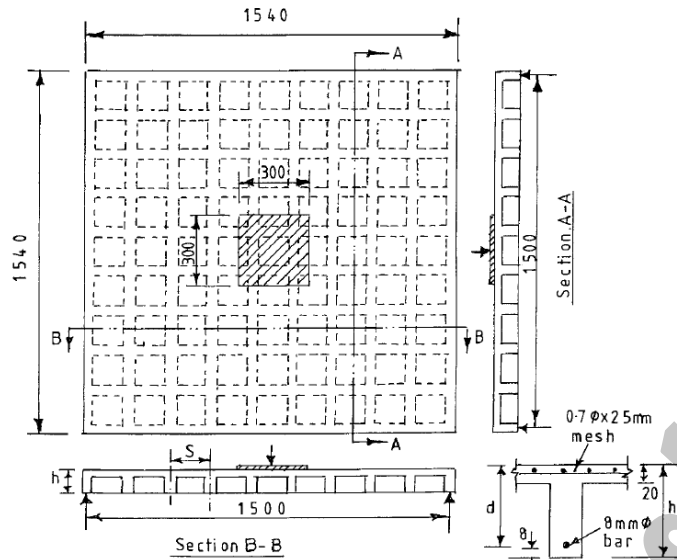
دال تخت بتن مسلح از نوع وافل:

❖ دال تخت مجوف (دال مشبک یا دال با تیرچه‌های دو طرفه) نوع از دال های تخت قارچی می باشد.

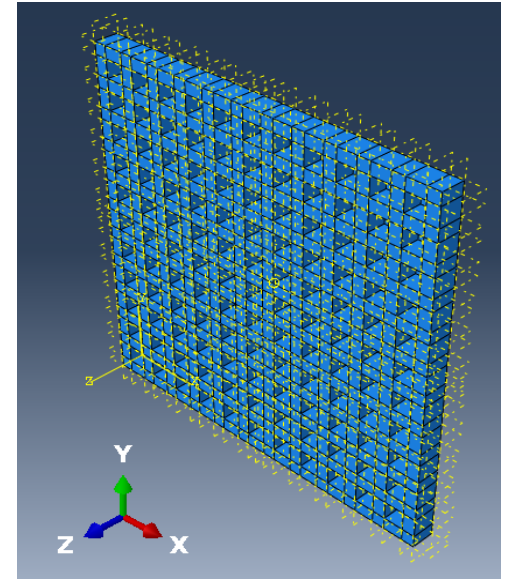
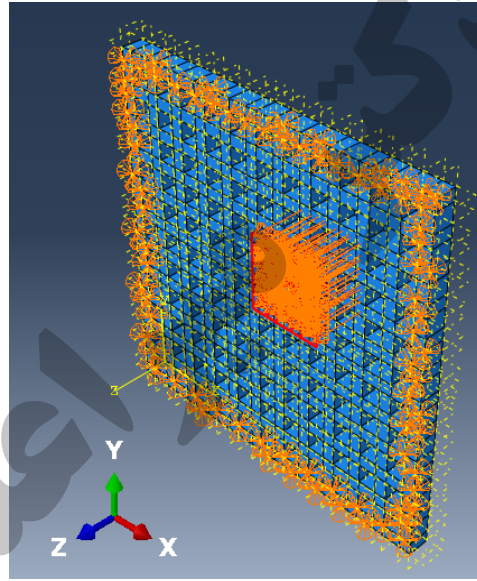


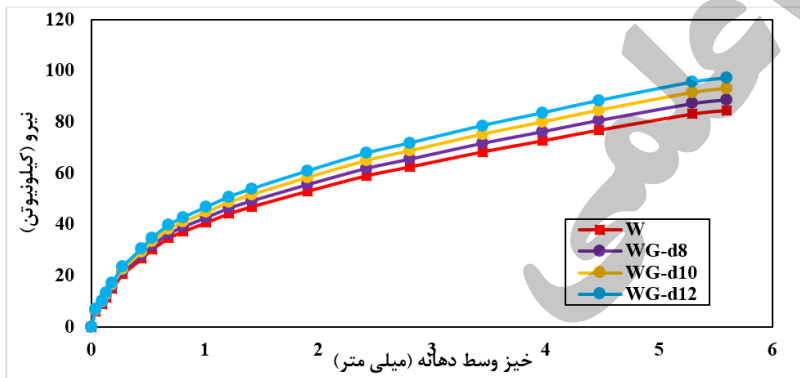
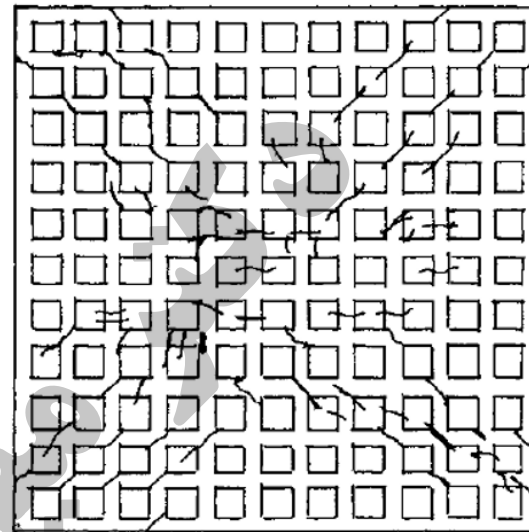
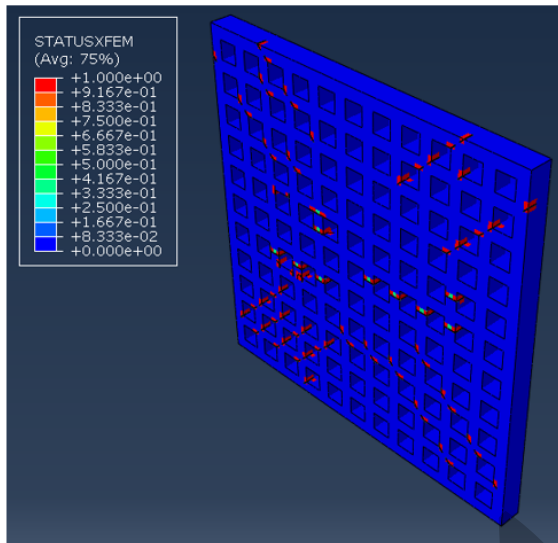
- ۱- از سقف وافل برای دال ها یا طبقاتی با دهانه های بزرگ استفاده می شود که دارای محدودیت در تعداد ستون ها هستند.
- ۲- ظرفیت باربری دال وافل بیشتر از دیگر دال ها است.
- ۳- پایداری سازه ای مطلوب و ظاهر زیبایی دارد. از این رو برای ساخت فرودگاه ها، بیمارستان ها، معابد و ... استفاده می شوند.
- ۴- سقف وافل را می توان از بتن یا فولاد ساخت که در بین این ها دال وافل بتنی برای ساختمان های تجاری و دو مورد دیگر برای گاراژها، تالارها و ... مناسب هستند.
- ۵- به دلیل داشتن آرماتور تقویتی در هر دو طرف، کنترل لرزش خوبی دارد. پس برای ساختمان های عمومی و برای کنترل لرزش ایجاد شده ناشی از جابجایی جمعیت مناسب است.
- ۶- دال وافل سبک است و مقدار کمی بتن نیاز دارد، بنابراین مقرون به صرفه است.
- ۷- ساخت دال وافل راحت و سریع است.
- ۸- حجم بتن و فولاد مورد نیاز کم است و در نتیجه می توان از قالب های سبک استفاده کرد.
- ۹- تأسیسات مختلفی مانند روشنایی، لوله های فاضلاب، سیم کشی برق، تهویه ی هوا، مصالح عایق بندی و ... را می توان در عمق دال با ایجاد حفره در سطح زیرین آن جای داد.
- ۱۰- بتن ریزی یکپارچه بدون استفاده از هرگونه روان کننده در مقایسه با دیگر روش های دال مجوف همچون یوبوت و کوبیاکس

- ۱- قالب بندی آن به دليل نياز به ابزارهاي خاص بسيار پرهزينه است.
- ۲- ارتفاع طبقه بيستر است و در نتيجه تعداد طبقات کاهش مي يابد.
- ۳- اگر از تاسيسات عبور داده شده در دال وافل به خوبي نگهداري نشود، دال دچار آسيب ديدگي مي شود.
- ۴- براي ساخت آن نياز به کارگران ماهر است.
- ۵- براي سطوح شيب دار مناسب نيست. اگر سطح شيب داري داشته باشيم بايد با پر کردن آن را مسطح کنيم. براي پر کردن نياز به خاک مناسب داريم.
- ۶- به دليل سبک بودن براي مناطقی با بادهای شدید یا مناطقی با جریان های سیکلونیک مناسب نیست.

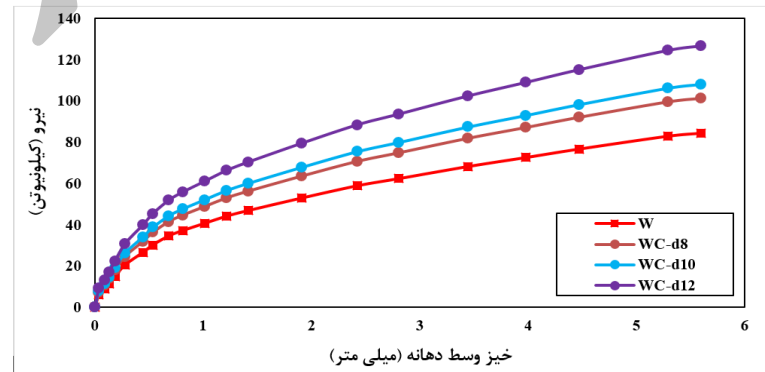


Reinforcement detail





پاسخ نیرو-خیز وسط دهانه‌ی نمونه‌های تسلیح شده با میگردهای GFRP



پاسخ نیرو-خیز وسط دهانه‌ی نمونه‌های تسلیح شده با میگردهای CFRP

۱- سقف مجوف بتن مسلح با تیرچه دو طرفه با استفاده از قالب‌های ماندگار

۲- سیستم سقف مجوف بتن مسلح با گوی‌های توخالی کروی

سقف‌های بتن مسلح به دلیل نیاز به کنترل تغییر شکل و ترک‌ها، بسیار مورد توجه و گاه محدود به دهانه‌های کوچک می‌شوند. حال اگر بتوان مقطع سقف‌های بتن مسلح به ویژه دال‌ها را به نحوی بهبود بخشید که بتواند علاوه بر تامین ضوابط کنترلی در دهانه‌های بزرگ نیز مجاز به استفاده نیز باشد و همچنین در مقایسه با دال‌های مشابه از وزن کمتری برخوردار باشد، می‌توان به شیوه جدیدی در روش اجرای دال‌های بتن مسلح دست یافت.

سقف‌های مجوف بتن مسلح از دو لایه بتن مسلح تشکیل شده است که در بالا و پایین دال به طور گسترده قرار می‌گیرد و حد فاصل این دو لایه با محصولی به نام یوبوت که از جنس پلی اتیلن است، پر شده است.

یوبوت محصولی پلیمری با پایه پلی پروپیلین است، که با هدف سبک سازی دال‌ها در سقف و پی‌های گسترده‌ی بتنی طراحی شده است. دال یوبوت از نوع دال‌های مجوف متشکل از تیرچه‌های عمود بر هم است، و بار را به صورت دو طرفه منتقل می‌کند. دال‌های یوبوت جزو سیستم‌های دوطرفه مشبک با قالب‌های ماندگار دسته بندی می‌شوند. نوارهای باربر طراحی شده در دال‌های مشبک یوبوت در حقیقت تیرهای اشکل متعامدی هستند که به جهت سختی بالای خود و سبکی دال قادر به باربری در دهانه‌های بلند و کنترل مناسب خیز در این دهانه‌ها هستند.

در ساختمان‌های بلند مرتبه یا دارای سقف با ارتفاع بلند، جهت جلوگیری از تغییر شکل و بوجود آمدن خیز، لازم است دیافراگم سقف به صورت سخت عمل کند. در نتیجه نیاز به دال بتنی به دلیل سختی بالا، همواره مورد توجه مهندسين بوده است. به دلیل نیاز به کنترل خیز و ترک‌های بوجود آمده در دال‌های بتنی استفاده از دال‌های بتنی محدود به دهانه‌های کوچک بوده و در صورت اجرا در دهانه‌های بزرگ، وجود تیر با آویزهای بلند و هزینه‌های اجرا مشکل کارفرمایان را دوچندان می‌نمود که سیستم دال مجوف یوبوت (سقف یوبوت) تمام این اشکالات را حل نموده است.

ماهیت و عملکرد قالب‌های یوبوت:

هدف اصلی از قرار دادن قالب‌های یوبوت در داخل دال‌های بتنی، ایجاد حفره‌های خالی در داخل دال و حذف بتن ناکارآمد در میان آن است. این کار باعث می‌شود تا علاوه بر سبک‌تر شدن دال، امکان پوشش دهانه‌های بزرگتر به دلیل ضخامت و سختی زیاد دال امکان‌پذیر باشد. این قالب‌ها نقش سازه‌ای نداشته و فقط وظیفه حذف بتن و ایجاد حفره در داخل بتن را دارند و پس از گیرش بتن، عملاً کارایی دیگری ندارند. به دلیل عدم خارج کردن قالب‌ها از میان بتن به آنها قالب‌های ماندگار نیز می‌گویند.



الزامات فنی سیستم سقف بتن مسلح مجوف با تیرچه دو طرفه با استفاده از قالب‌های ماندگار

- ❖ در این سیستم سقف از قالب ماندگار برای ساخت سقف‌های بتن مسلح دو طرفه مجوف استفاده می‌شود. این قالب‌های ماندگار بین شبکه آرماتوربندی لایه زیرین و لایه فوقانی سقف قرار می‌گیرند و در نهایت مقطع دال سقف را می‌توان به لحاظ سازه‌ای متشکل از تیرچه‌های متعامد در نظر گرفت.
- ❖ حداقل فاصله بین قالب‌های ماندگار در هر جهت نباید از ۱۰ سانتیمتر کمتر باشد و نسبت ضخامت سقف به فاصله بین قالب‌ها در هیچ حال نباید بیشتر از ۳/۵ باشد.
- ❖ بارگذاری ثقیلی و لرزه‌ای به ترتیب باید بر اساس آخرین ویرایش مبحث ششم مقررات ملی ساختمان ایران با عنوان بارهای وارد بر ساختمان و استاندارد ۲۸۰۰ اعمال شود.
- ❖ استفاده از این نوع سقف بتنی در ساختمان‌های با اسکلت بتن مسلح مندرج در استاندارد ۲۸۰۰ ایران مجاز است.
- ❖ لازم است ضوابط و محدودیت‌های لرزه‌ای مربوط به این ساختمان‌ها مطابق استاندارد ۲۸۰۰ ایران و مبحث نهم مقررات ملی ساختمان ایران با عنوان طرح و اجرای ساختمان‌های بتن آرمه رعایت شود و در طراحی، ساخت و اجرای اسکلت این ساختمان‌ها، ضوابط مبحث نهم مقررات ملی ساختمان ایران و آیین نامه ACI318-14 رعایت شود.



کوبیاکس یکی از روش‌های اجرای سقف، با استفاده از گوی‌های پلاستیکی توخالی از جنس پلی اتیلن است. سقف کوبیاکس یک نوع سقف جدید است که از نظر سازه‌ای بر مبنای سقف‌های دال بتنی دو طرفه اما متفاوت با آنهاست.

بدین ترتیب که در ضخامت دال، گوی‌های توخالی سبکی را به صورت منظم قرار می‌دهند تا در واقع از مصرف بتن برای پر کردن آن قسمت جلوگیری کنند. کاری که این گوی‌های توخالی سبک انجام می‌دهند شبیه به کاری است که بلوک‌های پر کننده (فوم) در سقف تیرچه بلوک انجام می‌دهند. یعنی از پر شدن بتن در فضایی که نیازی به بتن نیست، جلوگیری می‌کنند. شکل ظاهری این گوی‌ها شبیه به یک توپ فوتبال کم باد است که با دست از بالا و پایین، آن را فشار داده باشید.

این گوی‌ها در فشاری بین شبکه آرماتور بالا و پایین قرار می‌گیرند. چون گوی‌ها با یک نظم و ترتیب مشخص و به صورت ردیفی در کنار یکدیگر قرار می‌گیرند، می‌توان آنها را در یک قفس فلزی که به صورت خرابایی ساخته می‌شود، قرار داد. سقف کوبیاکس به دلیل هزینه بالا و وقت گیر بودن تاکنون نتوانسته جایگاه مناسبی در بین سقف‌های سازه‌ای در صنعت ساختمان ایران پیدا کند.

الزامات سیستم سقف مجوف بتن مسلح با گویهای توخالی کروی و تخت (کوبیاکس ایران) مربوط به شرکت خانه سازی پارسمان سازه:



استفاده از این نوع سیستم سقف (دال تخت) به همراه ستونهای بتن آرمه در صورتی مجاز است که مقاومت در برابر نیروهای جانبی توسط دیوارهای برشی بتن مسلح تامین شود. در این حالت مطابق جدول ۳-۴ استاندارد ۲۸۰۰ لازم است سیستم سازه ای، سیستم قاب ساختمانی در نظر گرفته شود که در آن مقاومت در برابر نیروهای جانبی صرفا از طریق دیوارهای برشی تامین می شود. در این حالت ضروری است مقادیر ضریب رفتار، حداکثر ارتفاع مجاز، ضریب بزرگنمایی تغییرمکان جانبی و ضریب اضافه مقاومت سازه بر این اساس تعیین گردد.

- ✓ کلیه ستونها باید برای اثرات ناشی از تغییر شکل های جانبی که در اثر اعمال بارهای لرزه ای به سازه وارد می شود، کنترل گردند.
- ✓ مجموع بار مرده غیر سازه ای روی این سقف ها شامل پارتیشن، کف سازی و نازک کاری محدود به ۳۵۰ کیلوگرم بر متر مربع می باشد.
- در صورتی که این نوع سقف ها در پارکینگ مورد استفاده قرار گیرد فقط در پارکینگ هایی که محل عبور اتومبیل سواری با حداکثر وزن ۴ تن با بار متمرکز ۲ تن باشد مجاز است.
- ✓ اثر بار قائم ناشی از زلزله باید مطابق بند ۳-۳-۹ ویرایش چهارم استاندارد ۲۸۰۰ در تحلیل سقف مورد بحث در تمامی پهنه های لرزه خیزی در نظر گرفته شود.
- ✓ ضخامت دال بتنی برای چشمه های درونی و بیرونی نباید از $L_n / 30$ کمتر باشد. (L_n طول دهانه آزاد بزرگتر در دال دو طرفه می باشد).
- ✓ مقاومت فشاری بتن مورد استفاده در دال سقف حداقل باید ۳۰ مگاپاسکال باشد. ضخامت بتن در اطراف گویها شامل بالا، پایین و مابین دو گوی متوالی بر اساس برش پانچ و برش یکطرفه تعیین میگردد و در هر حال نباید کم تر از ۵ سانتیمتر در نظر گرفته شود.

- ✓ سقف های مجوف پیش ساخته یا Slabs core Hollow از سیستم های سقف شناخته شده در دنیا می باشند.
- ✓ این سقف ها به دو صورت با استفاده از بتن مسلح معمولی و یا بتن مسلح پیش تنیده در کارخانه تولید و به محل اجرای پروژه انتقال داده می شوند.
- ✓ در مقطع طولی این سقف ها به منظور کاهش بار مرده سقف حفراتی طولی تعبیه شده است.
- ✓ از مزایای این سیستم مشابه دیگر انواع سقف های پیش ساخته کاهش زمان اجرا و افزایش سرعت پیشرفت پروژه می باشد.
- ✓ به منظور اتصال مناسب این قطعات به یکدیگر ضمن تامین کلید برشی لازم است قلاب های مناسب تعبیه شده و در محل به طور مناسب بتن ریزی یا گروت ریزی شود.
- ✓ دال های مجوف پیش تنیده ضمن دارا بودن مزیت هایی نظیر افزایش طول دهانه باربری یا کاهش ارتفاع مقطع در دهانه های مساوی و استفاده بهینه تر از مقطع بتنی، دارای ملاحظات اجرایی و کیفی متعددی هستند که لزوم استفاده از یک تیم متخصص را در زمان تولید این قطعات، همچنین انتقال و اجرای آنها به کارگاه الزامی می نماید.
- ✓ از نکات شایان توجه در اجرای سقف های مجوف پیش ساخته، اتصال برشی این قطعات به سیستم باربر جانبی می باشد و لازم است با تعبیه میلگردهای قلابی و انجام محاسبات و کنترل های مربوطه طراحی شود.

الزامات سیستم سقف های مجوف پیش ساخته پیش تنیده:

- ✓ سقف های ساخته شده از دال های Hallow core از انواع بتن آرمه معمولی و بتن آرمه پیش تنیده از سیستم های شناخته شده در سراسر دنیا بوده و جزو سقف های نیمه سنگین تا سنگین محسوب می شوند.
- ✓ استفاده از این نوع سقف تنها در ساختمان های با اسکلت بتن مسلح مجاز است.
- ✓ بارگذاری ثقلی و لرزه ای سیستم سازه ای حاصله به ترتیب باید بر اساس آخرین ویرایش مبحث ششم مقررات ملی ساختمان ایران با عنوان بارهای وارد بر ساختمان و استاندارد ۲۸۰۰ ایران اعمال شود.
- ✓ طراحی، ساخت و اجرای دال های مذکور از نوع بتن معمولی باید بر مبنای آخرین ویرایش دستورالعمل طراحی PCI (Manual for the Design of Hollow Core Slabs) ضمن در نظر گرفتن ضوابط مبحث نهم مقررات ملی ساختمان ایران با عنوان طرح و اجرای ها ساختمان های بتن آرمه انجام شود.
- ✓ ضوابط طراحی و اجرای سیستم مذکور به صورت پیش تنیده باید براساس آئین نامه ۳۱۸ ACI و آئین نامه طرح و محاسبه قطعات بتن پیش تنیده موضوع نشریه ۲۵۰ سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور انجام شود.



معرفی سازه های کابلی، پارچه ای و شیشه ای



سازه های چادری (سازه های غشایی):

امروزه با پیشرفت فناوری ها، سازه های غشایی به کلی دگرگون و متحول شده اند، هر چند بهبود مصالح، موجب بهبود عملکرد پوشش های غشایی شده است، ولی روش های نوین طراحی عامل اصلی بهره وری این سازه ها می باشد.

ویژگی ها:

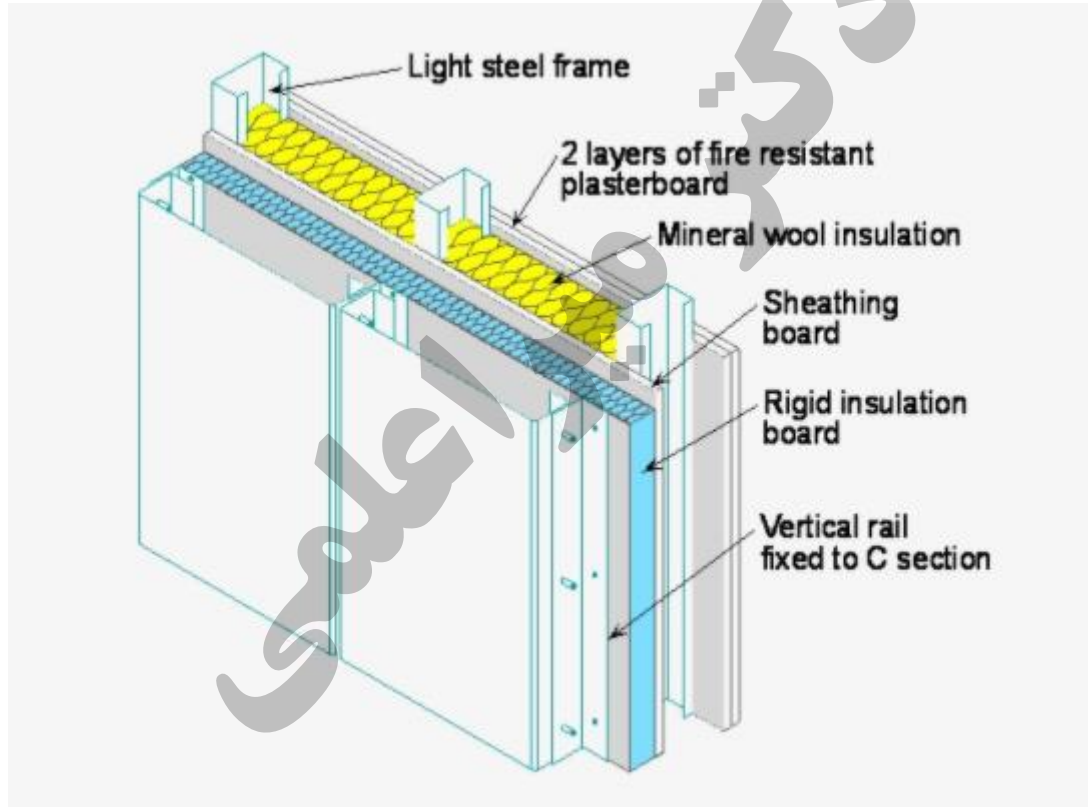
- ✓ ریشه در سنت کهن چادر سازی دارند.
- ✓ به لحاظ ارزانی مصالح، سهولت اجرا و سرعت برپایی بسیار جذاب می باشند.
- ✓ کوتاهی عمر، کم دوامی، آسیب پذیری در مقابل آتش سوزی ، بی ثباتی شکل و چروک شدن از کاستی های این نوع پوشش می باشد.
- ✓ از اولین کاربردهای این نوع چادر ها در سالن های نمایشی و سیرک ها و چادر های ارتش می باشد.

یکی از روشهای طراحی مدل کف صابونی مدل کف صابونی که لایه نازکی از کف صابون را روی لبه ها و تکیه گاه ها با اشکال مختلف می کشند و کشیده ترین و نازک ترین لایه را پدید می آورد. سپس از آن عکسبراری شده و الگو برداری می شود.

نکته بسیار مهم در مورد سازه های غشایی یا کششی این است که آنها همیشه باید در کشش باشند، در غیر این صورت با وزش باد مانند پارچه ای لخت و رها، چین و چروک برداشته و قسمت های مختلف آن، آنچنان به هم کوبیده می شوند که از بین بروند.

- در سازه های غشایی وجود چروک نشانه عدم وجود کشش و وجود پارگی نشانه وجود کشش بیش از حد است.
- تاثیر باد را در طول برپایی سازه های غشایی و تثبیت وضعیت پایداری نهایی آن نباید نادیده گرفت.

سیستم سبک فلزی (LSF)



ساختمانهای پیش ساخته فولادی سبک (Light Weight Frame Steel) موسوم به LSF به صورت اجرای خشک و عمدتاً با استفاده از اتصالات پیچی و به روش تولید صنعتی بکار گرفته می شوند. این ساختمان ها از سه جزء اصلی شامل ورق های فولادی سرد نورد شده جهت تامین سازه، صفحات تخته گچی بعنوان پوشش رویه درونی و لایه عایق حرارتی و صوتی تشکیل می شوند.

کاربرد این ساختمان ها به عنوان یک سیستم سازه ای مستقل، اکثراً در انبوه سازی ساختمان های دو طبقه، دفاتر و ساختمان های تجاری کوچک، واحدهای صنعتی و سالن های ورزشی در یک طبقه می باشد. به نظر می رسد این سیستم سازه ای توانائی ترکیب شدن با سیستم های سازه ای دیگر، همانند دیوارهای بتن آرمه سازه ای را نیز دارا می باشد و می تواند در ساخت ساختمان های کوتاه مرتبه به صورت سیستم سازه ای مختلط بکار گرفته شود.

جهت ساخت مقاطع سرد نورد شده مطابق آیین نامه های مربوط به این سازه ها، استفاده از اشکال مختلف مجاز می باشد. این مقاطع معمولاً دارای ابعاد متنوع و محدوده تغییرات ضخامتی بین ۶/۰ الی ۵/۲ میلی متر می باشند. اتصال سازه LSF به شالوده به واسطه یک کلاف افقی با مقطع C شکل صورت می گیرد.

اجزای قائم این سیستم به عنوان عضو باربر ستونی در بارهای ثقلی عمل می نمایند، برخی از این اعضا که در دهانه مهاربندی جانبی سازه قرار می گیرند علاوه بر بار ثقلی، متحمل نیروهای ناشی از بارهای جانبی نیز می شوند، این اعضا تحت نام وادار (Stud) در این سیستم معرفی می شوند.

سقف سازه این ساختمان ها متشکل از تیرچه های فلزی سرد نورد شده بوده که فواصل تیرچه ها با توجه به میزان ظرفیت باربری عضو و ابعاد قطعات پوشش سقف که میتواند تخته های چوبی، سیمانی و یا دال بتن آرمه باشد تعیین میشود. تیرها و تیرچه ها عمدتاً دارای مقاطع با اشکال C یا Z می باشند، پوشش سقف با دال بتن آرمه، در صورت تامین یکپارچگی لازم بین بتن و پروفیل فولادی تیرچه، می تواند بعنوان یک سقف مرکب بتنی فلزی طراحی شود.

در ساختمان های LSF، به منظور باربری جانبی سازه در دو امتداد اصلی متعامد، از دهانه های باربر جانبی استفاده می شود که تحت عنوان Load Wall Bearing نامیده می شود. دهانه های باربر به چهار روش ایجاد می شود که عبارتند از: سیستم دهانه های مهاربندی شده با اعضای قطری، سیستم دیوار برشی با ورق فولادی نازک، سیستم دیوار باربر با پوشش های OSB، سیستم دیوار برشی بتن آرمه.

در حال حاضر در کشور ایران استفاده از سیستم دهانه های مهاربندی شده با اعضای قطری برای ساختمان های تا دو طبقه مسکونی و سیستم باربر جانبی دیوار برشی بتن آرمه برای ساختمان های تا پنج طبقه مجاز میباشد. عملکرد صوتی دیوارها و سقف های ساخته شده با این سیستم در صورت رعایت تمهیدات لازم به راحتی پاسخگوی انتظارات تعیین شده در مقررات ملی ساختمان می باشد.

پروفیل های سرد نورد شده مقاومت کمی در برابر حریق دارند و باید به خوبی محافظت شوند. یکی از دلایل کاربرد گچ به عنوان پوشش داخلی این سیستمها، دستیابی به این هدف است. از عمده مزایای ساختمانهای سبک فولادی کاهش جرم ساختمان می باشد که تاثیر فراوانی در جهت کاهش هزینه های ناشی از مصالح، نیروی انسانی و نیز زمان احداث پروژه ها خواهد داشت. به کارگیری این سیستم در ساختمان های ۵ طبقه کشور با رعایت تمهیدات خاصی مقدور بوده است. این سیستم در زمینه های انرژی، حریق، آکوستیک و سازه در مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، مورد ارزیابی قرار گرفته و کاربرد آن در حیطه الزامات ارائه شده، مجاز می باشد.

نصب پانل های دیوار واسکلت LSF



اتصال عناصر سقف



ورق های موج دار فلزی



روفیکس



سقف بتن شده و آماده برای ایزوگام

عایق مورد استفاده

در داخل دیوارها از پشم شیشه، یونولیت، پشم سنگ، پلاستوفوم و فوم بتن استفاده می شود.



پوشش دیوار داخلی

برای پوشش دیوار داخلی از گچ برگ، ورق ام دی اف، ورق پی وی سی، Cement Board (تخته‌های چوبی (OSB)) و پوشش‌های مشابه استفاده می‌شود.

پوشش دیوار خارجی

برای پوشش دیوارهای خارجی از Cement Board، Fiber Cement Board، یا از رابیتس و اجرای نماسازی‌های معمولی سنتی (آجرکاری، نمای سنگی، فلزی و...) می‌توان استفاده نمود.

مزایای سیستم LSF:

(۱) مزایای برای طراحان

مدرن بودن سیستم ساختمانی

مدرن بودن استانداردهای مربوط به عملکرد ساختمان

تنوع در مصالح نما

انعطاف در طراحی

(۲) مزایای برای سازندگان

سرعت در اجرای سیستم

کاهش هزینه نیروی کار

نیاز کم به تجهیزات برای احداث

سهولت در نصب سیستم‌های تأسیساتی

انجام عملیات کارگاهی در فضای کوچک

پیش‌ساختگی و تولید انبوه (امکان مدولار کردن)

سبک بودن سازه

ایمنی در محل کارگاه

کاهش هزینه‌ها

۳) مزایا برای ساکنان

هزینه‌های بهره‌برداری کمتر

عملکرد صوتی مناسب

مقاومت در برابر آتش

افزایش فضای مفید داخلی

۴) مزایا برای محیط زیست

کاهش مصرف انرژی (در زمان تولید، اجرا و حتی بهره‌برداری)

پاکیزگی و رعایت اصول بهداشتی در کارگاه ساختمانی

مصرف کمتر مصالح و قابل بازیافت بودن

کاهش برداشت مصالح از معادن

الزامات سیستم ساختمانی قاب های سرد نورد شده به شیوه اجرای طبقه ای:

- ✓ استفاده از سیستم ساختمان دیوارهای باربر متشکل از قاب های سبک فولادی سرد نورد شده تا هنگامی که آئین نامه طراحی این ساختمان ها توسط مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن انتشار نیافته است، تحت شرایط زیر مجاز می باشد.
- ۱- سیستم LSF به همراه مهاربند قطری حداکثر تا سه طبقه یا ارتفاع ۱۰ متر از تراز پایه در تمام مناطق لرزه خیز کشور مجاز بوده و طرح لرزه ای و سازه ای آن باید به ترتیب براساس استاندارد ASCE7-05 و آئین نامه AISI صورت گیرد
- ۲- برای ساختمان های با شرایط غیر از موارد یاد شده در بند الف تا ارتفاع ۱۵ متر یا ۵ طبقه مدارک و مستندات مربوط به طراحی و محاسبات پروژه باید براساس استاندارد و آئین نامه ذکر شده در بند الف، انجام شده و به تأیید مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن برسد.
- ✓ کنترل سازه در مقابل بار باد باید مطابق مبحث ششم مقررات ملی ساختمان ایران انجام شود.
- ✓ بکارگیری حداکثر دهانه تا ۵ متر و حداکثر ارتفاع ناخالص (با احتساب ضخامت سقف) تا ۳/۶ متر برای هر طبقه در این سیستم مجاز می باشد.

✓ در این نوع سیستم حداکثر بار مرده و زنده برای سقف ها نباید به ترتیب از ۳۵۰ کیلوگرم بر متر مربع و ۲۵۰ کیلوگرم بر متر مربع تجاوز کند.

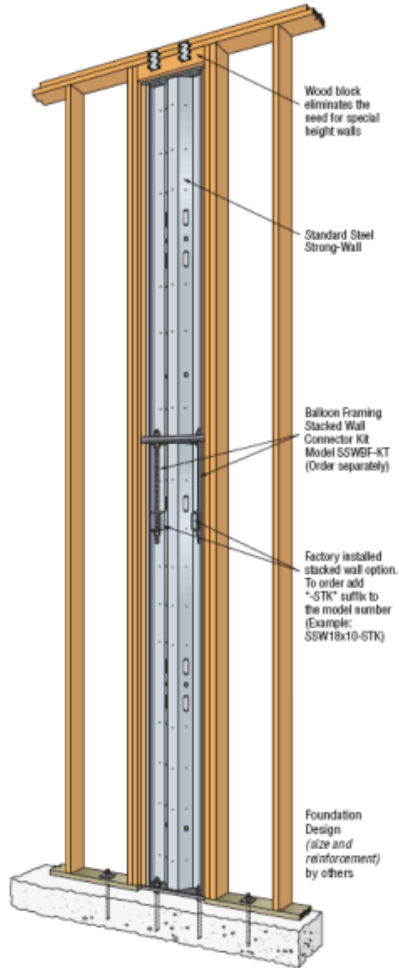
✓ بکار گیری مصالح بنایی در دیوارهای داخلی و خارجی در دهانه قابهای سبک سرد نورد شده مجاز نمیباشد. حداکثر وزن متر مربع سطح دیوار تمام شده در جداکننده های داخلی نباید بیشتر از ۵۰ کیلوگرم بر متر مربع و در دیوارهای خارجی نباید بیشتر از ۱۰۰ کیلوگرم بر متر مربع باشد.

مهندس علمی

قاب های فولادی سرد نوردشده در زمره سیستم های ساختمانی نوین و سبکی است که به تازگی وارد ساخت و ساز کشور شده است. این سیستم با توجه به سبکی المان های باربر با اقبال زیادی مواجه شده است و به دو روش کلی طبقه ای (Framing Platform) و دیوارهای یکپارچه (Framing Balloon) تقسیم می شود. در روش متداول طبقه ای، استادهای دیوار، توسط دیافراگم سقف قطع شده و طبقات مجزا از یکدیگر اجرا می شوند. برخلاف روش طبقه ای که قطعات تشکیل دهنده ساختمان، متشکل از استاداها و رانرها، به صورت پانل های پیش ساخته به محل کارگاه منتقل شده و در کنار هم و در ارتفاع سوار می شوند، در روش اجرای یکپارچه که روش قدیمی تری است، استاداها که عناصر باربر قائم این سیستم می باشند به صورت یکسره و بدون قطع در تراز طبقه طراحی و اجرا می شوند و تیرریزی اسکلت به صورت خورجینی صورت می گیرد.

با توجه به اینکه ماهیت بهره گیری از استادهای یکسره تامین یکپارچگی در سیستم انتقال نیروی قائم از بالاترین سقف به فونداسیون می باشد، لازم است کلیه اتصالاتی که در مسیر انتقال نیرو قرار دارند به نحو مطلوب و با دقت بالا طراحی و اجرا شود تا انتقال نیرو به طور مناسب انجام شود. همچنین اجرای تیرها به صورت خورجینی نیازمند دقت بالا و توانائی و دانش فنی قابل قبولی است، لذا ضمن رعایت کلیه ضوابط مربوط به تیرهای خورجینی، توصیه می شود تیرهای لبه به هر نحوی از قرار گرفتن در معرض پیچش دور نگه داشته شوند. با توجه به موارد مطرح شده، اجرای سیستم ساختمانی LSF به شیوه اجرای دیوارهای یکپارچه نیز در حیطه ضوابط و الزامات تدوین شده در این مرکز، در زمره شیوه های نوین تولید صنعتی محسوب شده و مورد تأیید این مرکز می باشد

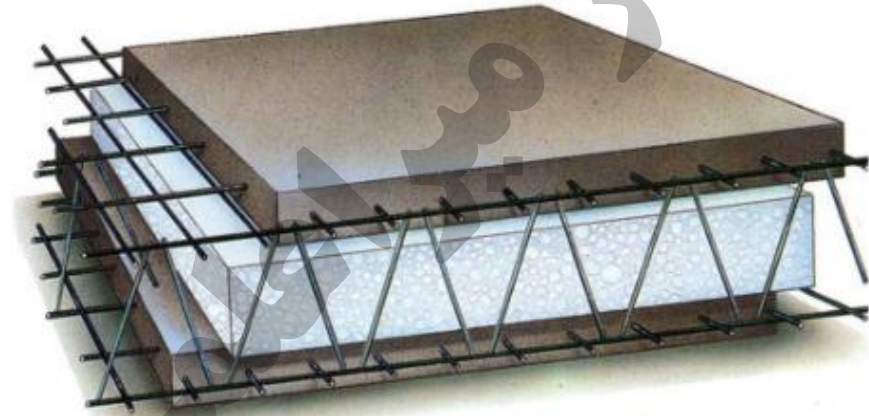
الزامات سیستم ساختمانی LSF به شیوه اجرای دیوارهای یکپارچه



- ✓ در مناطق با خطر نسبی کم، متوسط و زیاد (مطابق آئین نامه ۲۸۰۰ ایران) استفاده از این سیستم سازه ای به عنوان قاب ساختمانی ساده به همراه دیوار برشی بتن آرمه حداکثر در پنج طبقه یا ارتفاع ۱۸ متر از تراز پایه بلامانع است.
- ✓ بکارگیری این سیستم در مناطق لرزه خیز با خطر نسبی بسیار زیاد (مطابق آئین نامه ۲۸۰۰ ایران) مجاز نمی باشد.

- ✓ بکارگیری حداکثر دهانه ۵ متر و حداکثر ارتفاع ناخالص (با احتساب ضخامت سقف) $3/60$ متر برای هر طبقه در این سیستم مجاز می باشد.
- ✓ رعایت محدودیت حداکثر بار زنده و مرده به ترتیب ۲۵۰ و ۳۵۰ کیلوگرم بر متر مربع برای سقف ها الزامی است.
- ✓ بکارگیری مصالح بنائی در دیوارهای خارجی و داخلی مجاز نمی باشد. حداکثر وزن متر مربع سطح دیوار تمام شده در ۲ جداکننده های داخلی نبایستی بیشتر از ۵۰ کیلوگرم بر مترمربع و در دیوارهای ۲ خارجی نبایستی بیشتر از ۱۰۰ کیلوگرم بر متر مربع باشد.

سیستم پانل پیش ساخته سبک سه بعدی
3D Panel



❖ ساختمان های نیمه پیش ساخته با صفحات منفرد ساندویچی سقف و دیوار، شامل لایه میانی پلی استایرن و بتن پاشی (3D):

- ✓ ساختمان های نیمه پیش ساخته با صفحات منفرد ساندویچی بنا به ملاحظات لرزه ای، انرژی، حریق و آکوستیک برای احداث ساختمان ها تا ۲ طبقه مسکونی مجاز است.
- ✓ پانل 3D، شامل یک شبکه خرپای فضایی از میلگردهای ساده، یک لایه پلی استایرن و دو لایه بتن پوششی در طرفین است. شبکه خرپای فضایی، از اتصال شبکه های فولادی ساخته شده به روش جوش نقطه ای اتوماتیک توسط میلگردهای مورب حاصل می شود.
- ✓ در تولید این پانل ها، ابتدا لایه پلی استایرن به ضخامت ۴ الی ۹ سانتی متر، روی شبکه فولادی تحتانی قرار گرفته و میلگردهای مورب توسط دستگاه، از داخل لایه پلی استایرن عبور داده شده و به شبکه فولادی تحتانی جوش می شوند.

❖ ساختمان های نیمه پیش ساخته با صفحات منفرد ساندویچی سقف و دیوار، شامل لایه میانی پلی استایرن و بتن پاششی (3D):

✓ در مرحله بعد، شبکه فولادی فوقانی بر روی مجموعه قرار گرفته و به میلگردهای مورب جوش داده می شود. در این سیستم بازشوها در زمان تولید در کارخانه و یا قبل از نصب، تعبیه شده و تقویت های لازم در گوشه ها با استفاده از شبکه فولادی انجام می شود.

✓ لازم است پانل ها برای تحمل برش و خمش وارده در سقف و تحمل بار محوری و برش عرضی در دیوارها طراحی شوند و جزئیات لازم برای یکپارچه نمودن اجزا سیستم به دقت مورد توجه قرار گیرد.

✓ در این پانل ها، لایه پلی استایرن علاوه بر نقش قالب بندی، در عایقکاری حرارتی، برودتی و صوتی نیز موثر است.

✓ پانل های 3D در قطعاتی با عرض یک متر و طول سه متر در کارخانه تولید می شوند.

✓ پس از حمل به کارگاه و اجرای زیرسازی مناسب، در موقعیت خود قرار داده شده و به یکدیگر متصل می شوند.

✓ پس از نصب و اجرای تاسیسات برقی و مکانیکی لازم، دو سمت پانل ها به ضخامت ۴ الی ۷ سانتیمتر با بتن ریزدانه بتن پاشی می شود.

✓ پس از انجام بتن پاشی، سطح بتن در دو مرحله به وسیله ماله تخته ای و ماله فلزی پرداخت می شود.

❖ توجه: این سیستم در زمینه های انرژی، حریق، آکوستیک و سازه، در مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، مورد ارزیابی قرار گرفته و کاربرد آن، در حیطه الزامات ارائه شده، مجاز است.

شبکه توری از جنس فولاد



مزایای سیستم در سه بخش معماری، سازه و اقتصادی:

- ✓ انعطاف پذیری پانلهای ساندویچی برای ایجاد اشکال مختلف در بازشوها و فضاهای داخلی ساختمان
- ✓ افزایش فضای مفید به دلیل ضخامت کم پانل ها
- ✓ کاهش جرم ساختمان، بازپخش بیشتر نیرو و به دلیل پیوستگی بین دیوارها و سقف، سهولت نصب پانل ها
- ✓ کاهش زمان اجرای پروژه و نیروی انسانی مورد نیاز، امکان احداث سریع ساختمان و اسکان آسیب دیدگان ناشی از بلایای طبیعی

معایب سیستم در سه بخش معماری، سازه و اقتصادی:

- ✓ ترد بودن فولادهای پیش کشیده، دشواری رعایت رواداری ها به هنگام نصب و شاقول کردن پانل ها
- ✓ دشواری کنترل ضخامت بتن پاشیده، عدم امکان ایجاد حفره در داخل بتن پاشیده شده داخل اتصال، عدم دست یافتن به مقاومت های بالای بتن
- ✓ امکان ایجاد خوردگی در شبکه فولادی، عدم امکان دسترسی برای تعمیر یا اصلاح مسیر تأسیساتی

الزامات ساختمان های نیمه پیش ساخته با صفحات منفرد ساندویچی سقف و دیوار، شامل لایه میانی پلی استایرن و بتن پاششی (3D):

- ۱- حداکثر ارتفاع مجاز ساختمان ۷/۲۰ متر از تراز پایه یا دو طبقه مسکونی است.
- ۲- طرح سازه ای و لرزه ای این سیستم باید براساس آئین نامه های معتبر بین المللی انجام گیرد.
- ۳- امکان اجرای این نوع سیستم در همه انواع زمین ها و کلیه پهنه های لرزه خیزی ایران براساس آخرین ویرایش استاندارد ۲۸۰۰ ایران وجود دارد.
- ۴- حداکثر دهانه باربر ثقیلی ۵ متر و حداکثر طول آزاد و ارتفاع خالص پانل های دیواری به ترتیب ۶ و ۳/۲۰ متر است.
- ۵- تمهیدات لازم در مورد بازشوها براساس آئین نامه ۳۱۸-۰۵ ACI و ویرایش های بعد از آن لحاظ شود.

الزامات ساختمان های نیمه پیش ساخته با صفحات منفرد ساندویچی سقف و دیوار، شامل لایه میانی پلی استایرن و بتن پاششی (3D):

۶- رعایت مباحث مندرج در آیین نامه ۰۵-۳۱۸ ACI یا ویرایش های بعد از آن در اتصالات سازه ای و رعایت مشخصات بتن پاششی براساس ACI 506-R الزامی است.

۷- منظم بودن ساختمان در ارتفاع الزامی است.

۸- بار زنده قابل اعمال در محدوده ۴۰۰-۲۵۰ کیلوگرم بر متر مربع است.

۹- کنترل سازه در مقابل بار باد بر مبنای مقررات ملی ساختمان ایران مبحث ششم و با در نظر گرفتن سیستم مقاوم در مقابل بار جانبی ناشی از زلزله انجام شود.

۱۰- مشخصات شبکه جوش باید براساس استاندارد ASTM باشد.

۱۱- تمهیدات لازم در شرایط مختلف اقلیمی برای بتن مسلح مانند فولاد گالوانیزه و بتن مقاوم در محیط خورنده لحاظ شود.

۱۲- حداقل تنش تسلیم فولادها ۲۴۰ مگاپاسکال و حداقل قطر آنها ۳ میلیمتر باشد.

❖ دیوارهای غیر باربر نیمه پیش ساخته صفحات ساندویچی 3D

- ✓ دیوارهای غیر باربر 3D، شامل یک شبکه خرپای فضایی از میلگردهای ساده به قطر ۳ الی ۵ میلی متر، یک لایه پلی استایرن و دو لایه بتن پوششی در طرفین هستند و تنها به عنوان دیوارهای جداکننده مورد استفاده قرار می گیرند.
- ✓ شبکه خرپای فضایی به کار رفته، مشخصات مصالح و روند تولید این پانل ها، مشابه پانل های باربر می باشد. در این پانل ها، لایه پلی استایرن علاوه بر نقش قالب بندی، در عایقکاری حرارتی، برودتی و صوتی نیز موثر است.
- ✓ پانل های 3D در قطعاتی با عرض یک متر و طول سه متر در کارخانه تولید می شوند. پس از حمل به کارگاه و اجرای زیرسازی مناسب، در موقعیت خود قرار داده می شوند.
- ✓ پس از برپایی، دو سمت پانل ها با بتن ریزدانه بتن پاشی می شود. در مواردی برای اطمینان از کیفیت بتن پاششی، پانل ها در محل کارخانه بتن پاشی شده و پس از عمل آوری، به کارگاه منتقل می شوند. لازم به تاکید است که در هنگام اتصال این پانل ها به سازه، می بایست تمهیدات لازم برای عدم مشارکت پانل ها در سختی جانبی سازه در نظر گرفته شود.

در این سیستم باید کلیه بازشوها، در زمان تولید در کارخانه، تعبیه شده و گوشه بازشوها با استفاده از شبکه فولادی تقویت شود.

همچنین پس از انجام بتن پاشی، لازم است سطح بتن در دو مرحله به وسیله ماله تخته ای و ماله فلزی پرداخت شود.

این پانل ها به دلیل حضور لایه پلی استایرن، عملکرد مناسبی در خصوص انرژی و صوت دارند و نیز به دلیل انجام دو لایه بتن پاشی، مقاومت مطلوبی در برابر آتش خواهند داشت.

سایر مزایای پانل ها در سه بخش معماری، سازه و اقتصاد:

- ✓ انعطافپذیری سیستم و امکان ایجاد اشکال مختلف در بازشوها و فضاهای داخلی ساختمان
- ✓ افزایش فضای داخلی مفید به دلیل ضخامت کم پانل ها، کاهش جرم ساختمان و سهولت نصب پانل ها

نقاط ضعف

- ✓ ترد بودن فولادهای پیش کشیده، دشواری رعایت رواداری ها به هنگام نصب و شاقول کردن و همچنین دشواری کنترل ضخامت بتن پاشیده

پانل های دیواری پیش ساخته یا 3D پانل:



3D پائل سقفی:



ساختمان های بتن مسلح با عایق ماندگار

(Insulating Concrete Formwork)



روش اجرای ساختمان های بتن مسلح دیوار برابر با قالب عایق ماندگار:

- ✓ این سیستم، شیوه اجرای ساختمان بتن آرمه در جا با قالب های عایق ماندگار پلی استایرنی می باشد که سازه حاصل از آن، یک ساختمان بتن مسلح و در زمره سازه های متداول، تلقی می شود.
- ✓ در این سیستم ساختمانی، قالب های دیوار و سقف با استفاده از مفتول آهن گالوانیزه به قطر ۲.۲ میلی متر، به صورت شبکه جوش شده، در محل کارخانه ساخته شده و در وجوه داخلی و خارجی قالب پانل هایی از مصالح عایق کننده، مانند پلی استایرن منبسط شونده کند سوز، قرار داده می شود.
- ✓ قالب های دیوار بتنی با امکان آرماتور بندی به میزان مورد نیاز و با ضخامت مورد نظر طراح، از ۸۰ تا ۵۰۰ میلی متر و بیشتر برای دیوارها و قالب های سقف، بصورت تیردال یک یا دوطرفه با عمق و فواصل تیرچه های متغیر و دلخواه، توسط خطوط تولید در مقیاس نسبتاً زیاد، قابل تولید است.
- ✓ ضخامت نسبتاً قابل ملاحظه دیوارهای تمام شده معماری را می توان یکی از محدودیت های این سیستم عنوان کرد.

❖ الزامات روش اجرای ساختمان های بتن مسلح دیوار باربر با قالب عایق ماندگار:

- ۱- استفاده از این روش اجرا برای احداث دیوارهای باربر برشی بتنی قابل استفاده می باشد.
- ۲- بارگذاری ثقلی و لرزه ای سیستم سازه ای حاصل از این روش اجرا به ترتیب بر اساس آخرین ویرایش های مبحث ششم مقررات ملی ساختمان و استاندارد ۲۸۰۰ ایران صورت گیرد.
- ۳- لازم است در طراحی و ساخت دیوارهای باربر برشی، تمامی الزامات و ضوابط مندرج در استاندارد ۲۸۰۰ ایران " آئین نامه طراحی ساختمان ها در برابر زلزله"، آئین نامه بتن ایران "آبا" و مبحث نهم مقررات ملی ساختمان رعایت شود.
- ۴- هرگونه محدودیت کاربرد برای این سیستم با توجه به مشخصات هندسی و میلگردگذاری دیوارها و مشخصات مصالح، با توجه به مراجع فوق، باید رعایت شود.
- ۵- حداقل ضخامت دیواره های بتنی نباید از ۱۵ سانتیمتر کمتر باشد.
- ۶- مشخصات کلیه مصالح مصرفی مربوط به اجزاء قالب بندی ماندگار، باید مطابق با استانداردهای بین المللی معتبر و اسناد ارائه شده باشد.
- ۷- مشخصات سایر مصالح مصرفی باید مطابق استانداردها و آئین نامه های ملی یا معتبر بین المللی باشد.
- ۸- پلی استایرن منبسط شونده باید از نوع کندسوز مطابق با استاندارد ASTM یا سایر استانداردهای معتبر بین المللی باشد.

- ۹- محافظت پلی استایرن با ضخامت کافی از اندودهای مناسب با توجه به شرایط داخلی و خارجی صورت گیرد.
- ۱۰- مقاومت لازم در برابر آتش با توجه به تعداد طبقات برای دیوار و سقف مطابق مبحث سوم مقررات ملی ساختمان در خصوص حفاظت ساختمان ها در مقابل حریق و الزامات نشریه ۴۴۴ مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن مربوط به مقاومت جداره ها در مقابل حریق تأمین شود.
- ۱۱- تمهیدات لازم جهت صدابندی دیوار و سقف مطابق با مبحث شماره ۱۸ مقررات ملی ساختمان به عمل آید.
- ۱۲- رعایت مباحث مربوط به صرفه جویی در مصرف انرژی مطابق مبحث شماره ۱۹ مقررات ملی ساختمان ضروری است.
- ۱۳- پوشش ملات مناسب برای مفتول های فولادی در بدنه داخلی و خارجی تأمین گردد.
- ۱۴- تمهیدات لازم در شرایط اقلیمی مختلف کشور برای پوشش نهایی جهت مقابله در محیط های خورنده و نیز استفاده از فولاد گالوانیزه در این محیط ها و رعایت الزامات مربوط به مبحث نهم مقررات ساختمان ملی الزامی است.
- ۱۵- اخذ گواهینامه فنی برای محصول تولیدی، پس از راه اندازی خط تولید کارخانه، از مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن الزامی است.



کاربرد فناوری نانو در صنعت ساختمان



امروزه فناوری نانو به یکی از مهمترین شاخه‌های پیشرفت علم در بسیاری از زمینه‌های علوم و مهندسی از جمله درمان، بهداشت و تشخیص پزشکی، الکترونیک، ارتباطات، انرژی‌های نو، محیط زیست، حمل و نقل، صنایع هوانوردی و صنعت ساخت و ساز تبدیل شده است. این فناوری فرصت‌های فراوانی را جهت رقابت در صنعت ساختمان سازی نظیر ساخت و ساز سریعتر، مطمئن تر، پایدارتر، مطلوب‌تر و مقرون به صرفه تر فراهم نموده است. فناوری نانو در صنعت ساختمان سازی تقریباً در تمامی بخش‌های ساختمان نظیر اسکلت سازی، پوشش نما، سیستم‌های داخلی و غیره کاربرد دارد. البته طبق آمارهای به دست آمده، جایگاه این فناوری در ایران و به ویژه در صنعت ساختمان سازی بسیار پایین است و امید است که در آینده‌ای نه چندان دور شاهد استفاده بیشتر از فناوری در صنعت ساختمان سازی باشیم.

❖ تعریف فناوری نانو:

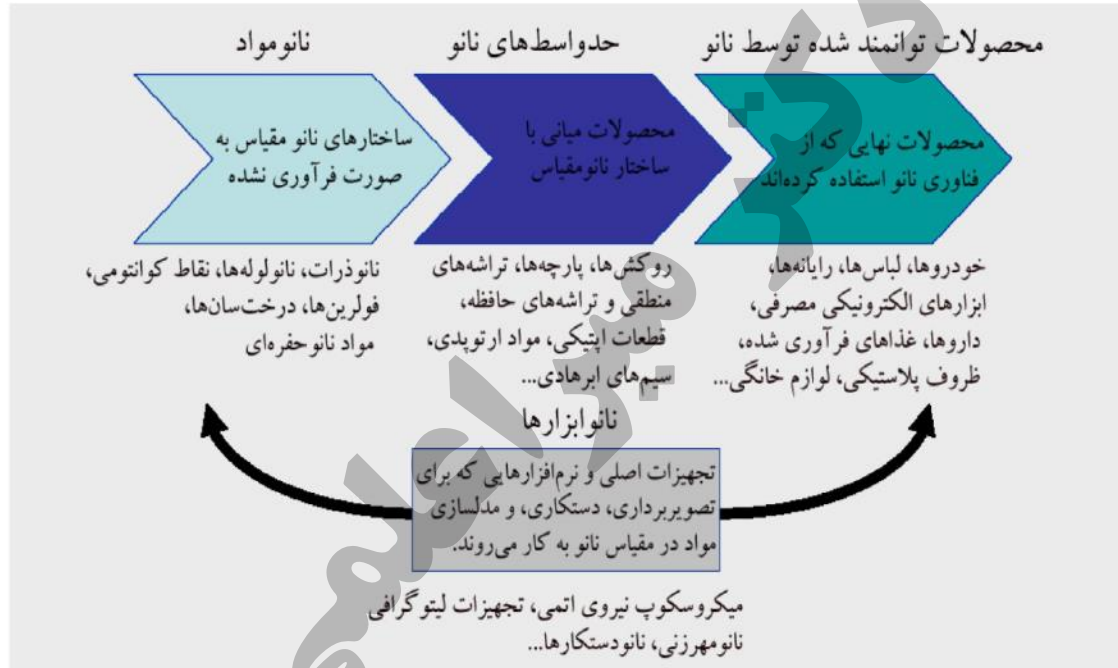
✓ مهندسی هدفمند مواد در مقیاس کمتر از ۱۰۰ نانومتر برای بدست آوردن ویژگیها و عملکردهای وابسته به اندازه.

✓ برای درک بهتر مقیاس نانومتر کافی است بدانید که اندازه ده اتم هیدروژن در کنار هم حدود یک نانومتر و عرض یک رشته DNA حدود

دو نانومتر می باشد.

نانوپوسته های طلا: می توان پوسته های با ضخامت نانومتری از طلا را که بر روی نانوذرات سیلیکا رشد داده شده اند، به نحوی تنظیم کرد که با هدف درمان سرطان، طول موج های متفاوتی را جذب نماید.

موی زبر مصنوعی: برهمکنش های واندروالس با تعداد زیادی از الیاف های نانو مقیاس بر روی دستکش ها می تواند به سربازان امکان دهد که همانند مارمولک از درخت بالا بروند.



موارد استفاده از فناوری نانو در صنعت ساختمان:

✓ استفاده از فناوری نانو جهت رفع آلودگی فضای محیط زندگی و کار

✓ فولاد توانمند با خواص مکانیکی بهبود یافته

✓ سنگدانه ها و خاک های هوشمند

✓ استفاده از فناوری نانو جهت بهبود عملکرد و ترمیم بتن

✓ روکش های ضد خوردگی فولاد

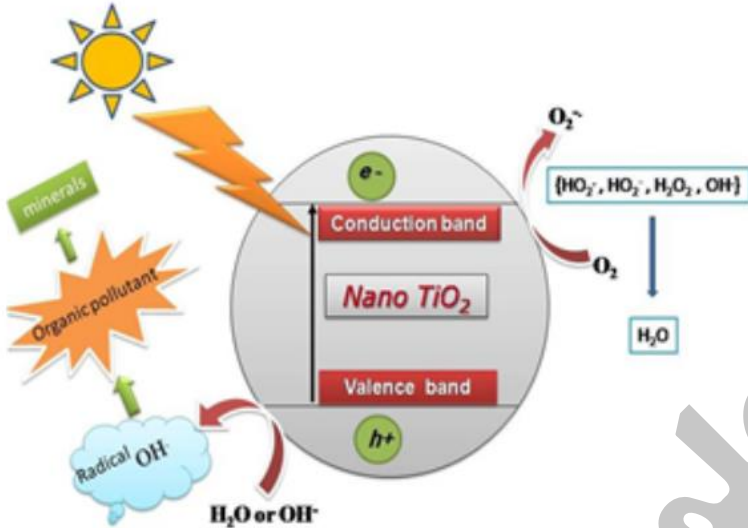
✓ شیشه های خود تمیز شونده با پوشش نانویی

✓ شیشه های کنترل کننده انرژی با پوشش نانویی جهت کاهش مصرف انرژی

✓ افزایش ماندگاری چوب با استفاده از فناوری نانو

✓ کاشی و سرامیکی با پوشش آنتی باکتریال، آنتی میکروبیال و خود تمیز شونده

✓ نگهداری آثار باستانی و میراث فرهنگی با پوشش های نانویی



❖ استفاده از فناوری نانو جهت رفع آلودگی فضای محیط زندگی و کار:

نانو فوتو کاتالیست ها می توانند بر روی سطح دیوارها، سطح لامپ های روشنایی و همچنین فیلتر دستگاه های تهویه مطبوع به عنوان بستر قرار بگیرند و با فعالیت کاتالیستی خود بو و آلودگی های محیطی را تجزیه کرده و ضمن تصفیه هوا، سطح بهداشت محیط را بالا ببرند.

برای مثال اکسیژن های دی اکسید تیتانیوم به عنوان یکی از مهم ترین فوتوکاتالیست های رایج با آب موجود در هوا واکنش داده موجب واکنش بین اکسیژن و آب می شوند که در نتیجه آن رادیکال های OH آزاد شده و موجب تجزیه NO_x های موجود در آلودگی هوا شده، آن ها را به HNO₃ بی ضرر تبدیل می کنند. ظرفیت تصفیه هوای ۱۰۰۰ متر مربع از سطوح پوشیده شده با فوتوکاتالیست معادل ظرفیت تصفیه هوای ۷۰ درخت صنوبر است.

❖ فولاد توانمند با خواص مکانیکی بهبود یافته:

✓ در فولاد توانمند با کربن کم، نانو ذرات مس مرزهای دانه های فولاد را شکل می دهند. تغییر در نانو ساختار آن، فولاد توانمند حاصل را مقاوم تر، جوش پذیرتر و پایدارتر در برابر خوردگی می نماید.

✓ شرکت سوئدی Sandvik Materials Technology به تولید فولادهای با مقاومت بسیار بالا و ضد زنگ با استفاده از فناوری نانو پرداخته اند. محصول جدید این شرکت به Nanoflex موسوم است که چند خصوصیت جالب از جمله مقاومت فوق بالا، شکل پذیری مناسب و

مقاومت در برابر خوردگی بالا را در کنار هم دارد.



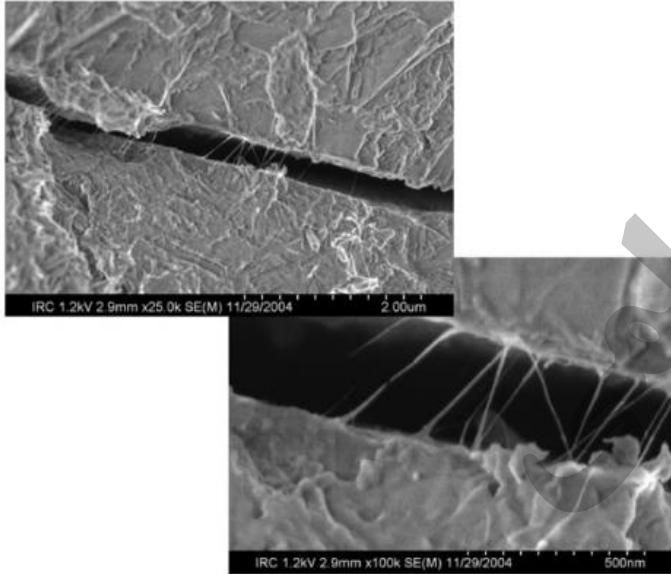
❖ استفاده از فناوری نانو جهت بهبود عملکرد و ترمیم بتن:

✓ یکی از روش های محافظت از بتن های در معرض شرایط محیطی خورنده، مانند محیط های دریایی، استفاده از روکش هایی است که نفوذ عوامل مخرب خارجی را به درون بتن سد میکنند. این روکش ها عموماً خاصیت آب گریزی دارند. همچنین می توان از این روکشا جهت پوشش دهی سطح لوله های بتنی به کار رفته در فاضلاب که در معرض محیط های خورنده بیولوژیکی هستند و یا شمع های بتنی و بسیاری موارد دیگر استفاده نمود.

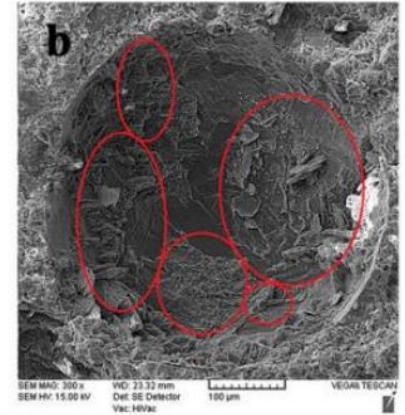
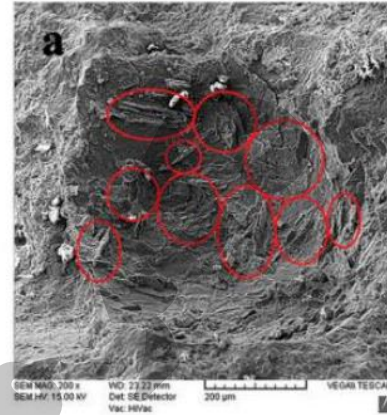
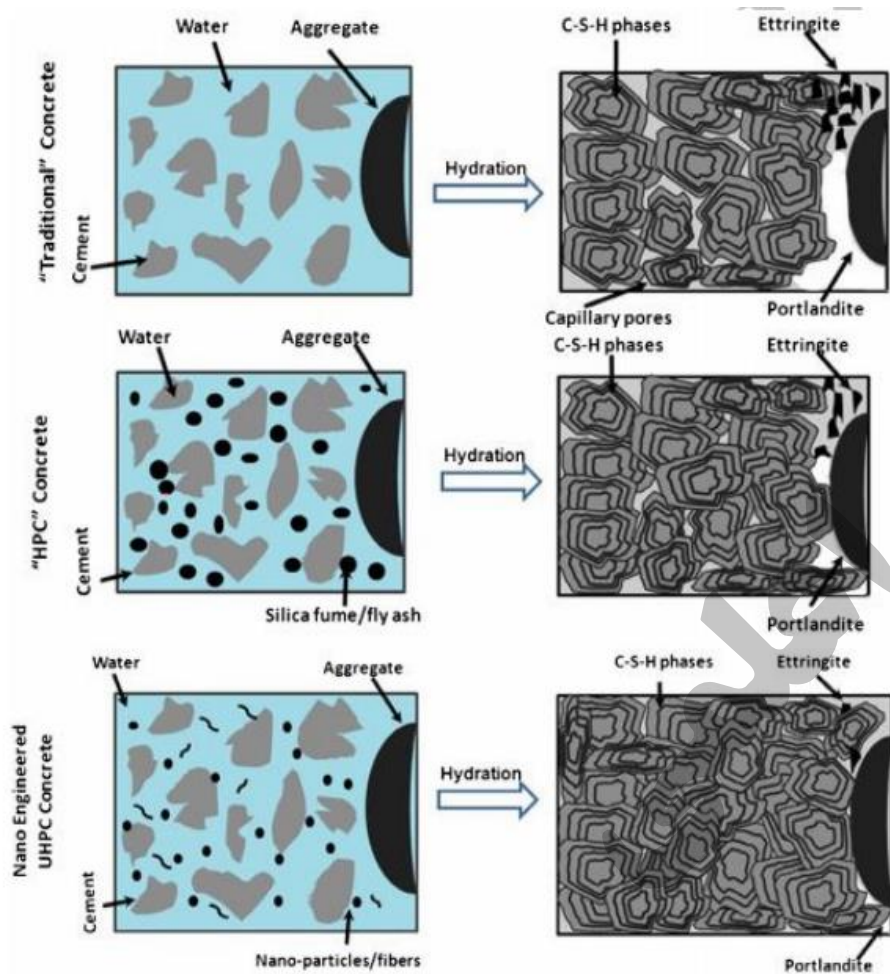
✓ شرکت آلمانی BASF محصولی را تولید کرده که با اضافه شدن به ملات، بتن را ترمیم می کند. استفاده از این مواد علاوه بر افزایش استحکام بندکشی، تراکم و نفوذ پذیری را بهبود می دهد و با کاهش زمان، کاهش هزینه ها را نیز در بر دارد.

✓ پوشش های نانو کامپوزیتی مهندسی تولید شده با استفاده از نانوذرات سرامیکی که توسط شرکت آلمانی Inocermic GmbH به بازار عرضه شده است نیز پوشش های مقاومی برای بتن ایجاد می کند. این پوشش خلل و فرج سطح بتن را پر کرده و براق می کند و علاوه بر این در شرایط بد آب و هوایی، حلالها، پاک کننده های صنعتی و خوردگی مقاوم است.

کلیسای جوبلی، رم، ایتالیا. در نمای این سازه از بتن با ترکیب نانو ذرات دی اکسید تیتانیوم استفاده شده است:



ترمیم ترک در بتن با نانو لوله های کربنی:

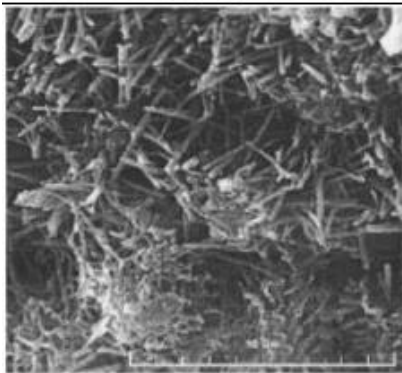


تجمع توده های نانو ذرات رس با میزان یک درصد وزنی و پراکنندگی حفره های بتن

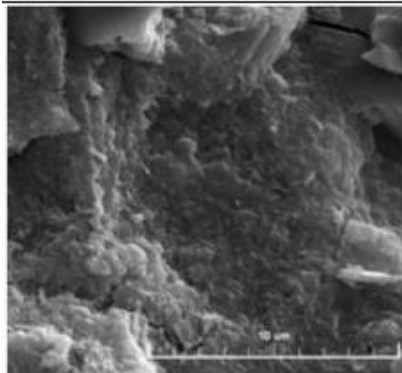
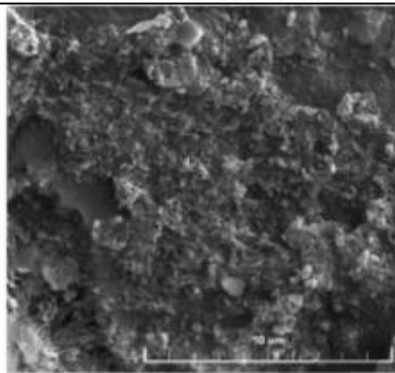
واکنش هیدراتاسیون در بتن سنتی، بتن با عملکرد بالا و بتن با تکنولوژی نانو ذرات

بتن 7 روزه

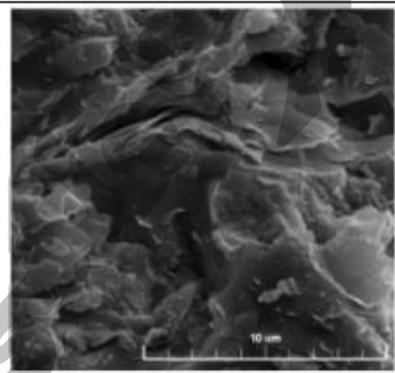
بتن 90 روزه



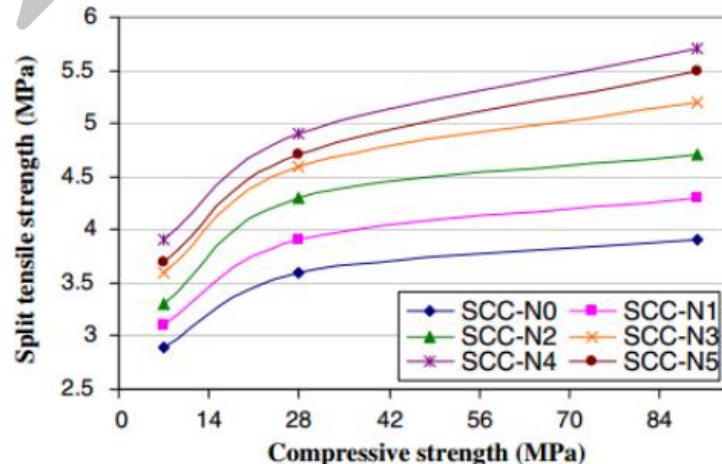
a



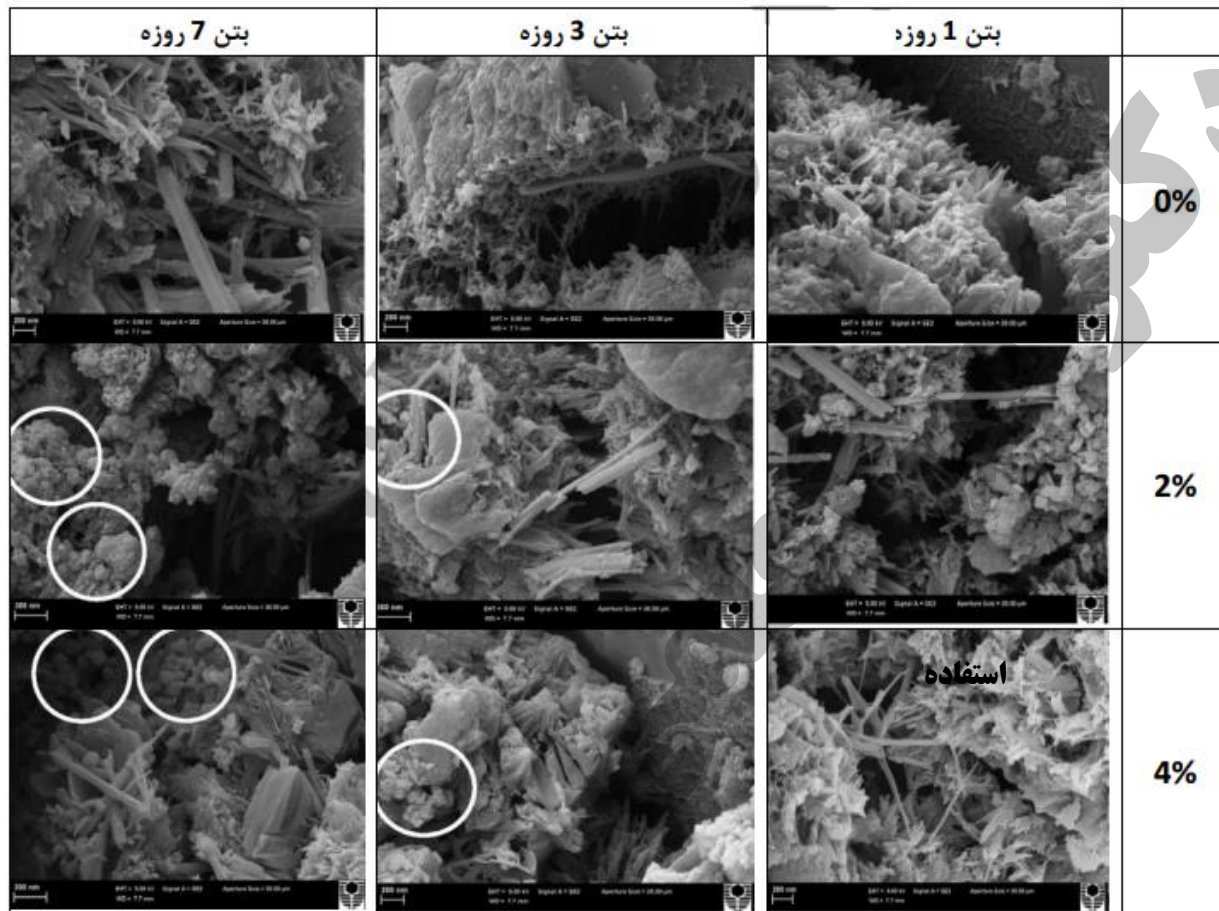
b



با اضافه نمودن نانو ذرات اکسید تیتانیوم، ریز ساختار بتن بهبود یافته و حفره های داخلی بتن کوچکتر می گردد. این امر موجب بهبود خواص مکانیکی و دوام بتن می گردد.



استفاده از نانو اکسید آلومینیوم خلل و فرج بتن را پر می کند:



❖ روکش های ضد خوردگی فولاد:

- ✓ ترکیبات نانویی توانسته اند با ایجاد خواص ضد خوردگی و دافع رطوبت، معضل استفاده از فولاد در محیط های ساحلی و رطوبت خیز را حل کرده و هزینه های تعمیر و نگهداری این سازه ها را که به علت خوردگی و زنگ زدگی تحمیل می شوند را کم کنند.
- ✓ شرکت Nanovations استرالیا پوشش های با نام تجاری NH 2015 در بازار عرضه کرده است که بدون مواد نفتی است و ضمن از بین بردن همه لکه ها و خوردگی ها، سطح را بسیار صیقلی کرده و از خوردگی و ایجاد لکه ها تا چندین سال جلوگیری می کند.
- ✓ شرکت Henkel آلمان توانسته است مواد نانو سرامیکی را جهت پوششدهی فلزات به خدمت بگیرد. این مواد که با نام تجاری Bonderite NT به بازار عرضه شده اند را می توان در دمای اتاق و به راحتی و بدون زیرسازی روی فلزاتی از جمله فولاد، روی و آلومینیوم به کار برد. استفاده از این پوشش موجب افزایش فوق العاده مقاومت در برابر خوردگی می شود.

❖ شیشه های خود تمیز شونده با پوشش نانویی:

- ✓ نانو ذرات دی اکسید تیتانیوم، عضوی از خانواده بزرگ نانوذرات هستند که به سبب ایجاد خاصیت خود تمیز کنندگی برای سطوح، از ابتدای شکل گیری فناوری نانو مورد توجه ویژه واقع شده اند. از این نوع فوتوکاتالیست می توان برای ساخت شیشه ها و آجرهای خود تمیز کن در نمای ساختمان ها استفاده کرد.
- ✓ زمانیکه پوشش دی اکسید تیتانیوم بر روی شیشه ها در معرض تابش اشعه UV که بخش اعظم نور خورشید را تشکیل می دهد قرار می گیرد، آلودگی هایی مانند گرد و غبار و ذرات همراه باران را که به مرور زمان بر روی شیشه موجب آلوده شدن و عدم دید خوب می شود را تجزیه می کند.
- ✓ خاصیت دومی که این پوشش به شیشه می دهد، خاصیت آب دوستی است که به این ترتیب آلودگی های تجزیه شده نظیر هیدروکربن های آلی بر روی شیشه بر اثر بارش باران یا آبی که به صورت مصنوعی بر روی شیشه ریخته می شود به صورت ورقه ای پایین می آید.

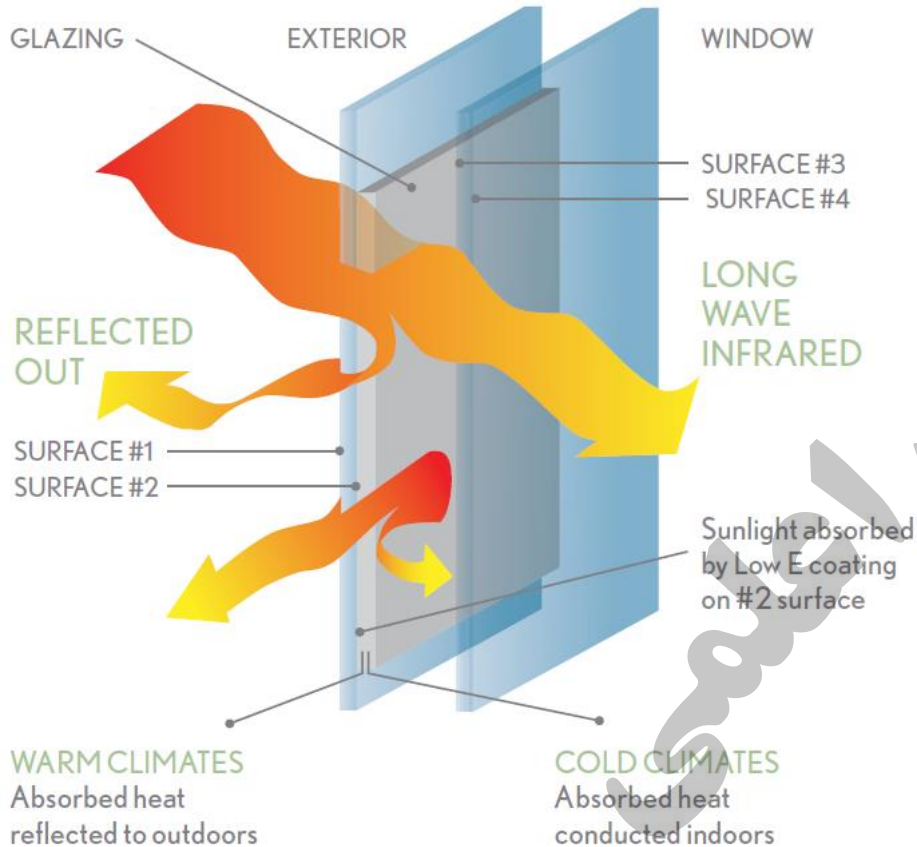


❖ مزایای استفاده از نانو مواد برای ایجاد پوشش بر روی شیشه:

- ✓ پس زدن آب و روغن از روی شیشه
- ✓ عدم چسبیدن آلودگی و کثیفی بر روی شیشه
- ✓ پاک شدن گل و لای بوسیله آب باران
- ✓ عدم رسوب گرفتن شیشه
- ✓ ممانعت از خوردگی
- ✓ افزایش استحکام و مقاومت شیشه در برابر خش افتادگی
- ✓ جلوگیری از تشکیل اثر انگشت روی شیشه
- ✓ روشن تر و شفاف تر شدن شیشه تا ۲۰٪
- ✓ یکنواخت تر شدن سطح شیشه تا ۳۰٪
- ✓ افزایش دید از طریق شیشه در شرایط بد آب و هوایی
- ✓ تمیز باقی ماندن شیشه تا مدت زمان طولانی.



❖ شیشه های کم گسیل با پوشش نانویی جهت کاهش مصرف انرژی:



✓ با استفاده از روکش های نانویی بر روی شیشه پنجره ها می توان آن ها را در خاصیت عایقی و کنترل تبادل حرارتی بهینه نمود و اصطلاحاً به آنها خاصیت کم گسیلی اضافه کرد که در اینصورت نقش آنها در کاهش مصرف انرژی غیر قابل انکار خواهد بود.

✓ در واقع پوشش نانویی در شیشه های Low-e اجازه عبور بخش مرئی طیف نور خورشید را می دهد اما امواج مادون قرمز و امواج مضر ماوراء بنفش را منعکس و فیلتر می کند.

✓ مزایایی از جمله آسایش حرارتی در زمستان و تابستان، کاهش هزینه سالانه انرژی، جلوگیری از ورود اشعه های مضر خورشید همراه با تامین روشنایی مناسب برای ساختمان و در نتیجه کاهش هزینه مورد نیاز برای

روشنایی را در بر دارد.

✓ شرکت Hupper Optic از سنگاپور با استفاده از نانوذرات سرامیکی، برای کاربردهای مختلف، فیلم های پوشش دهی شیشه تهیه می کند. با استفاده از این فیلم ها روی شیشه ساختمان ها می توان در مصرف انرژی صرفه جویی کرد و از ورود اشعه مضر ماورا بنفش نیز جلوگیری کرد.

✓ شرکت انگلیسی the Vinyl Corporation با استفاده از نانوذرات سرامیکی ویندوفیلمی تولید می کند که مدعی است با عبور بیش از ۶۲ درصد نور، ۸۰ درصد گرما و ۹۹ درصد UV را دفع می کند.



❖ کاربرد فناوری نانو در راهسازی:

✓ افزودن نانو ذرات Airosil200 و Cloisite به آسفالت موجب افزایش مقاومت آسفالت و کاهش درصد فضای خالی آن می شود.

✓ استفاده از Nano-Clay در تثبیت خاک و کنترل گرد و غبار

❖ نگهداری آثار باستانی و میراث فرهنگی با پوشش های نانویی

نانو پوشش های ابردافع آب و آلودگی و همچنین مقاوم به جوهر و رنگ جهت جلوگیری از نوشتن یادگاری و تخریب که موسوم به AntiGraffiti نیز هستند، ابنیه تاریخی و مهم و همچنین ساختمان های تجاری و اداری با نماهای گران قیمت را می توانند حفظ و حراست کنند.

❖ افزایش ماندگاری چوب با استفاده از فناوری نانو:

- ✓ با استفاده از فناوری نانو می توان خواصی مثل تمیزکنندگی، لکه بری، ظاهر واضح و افزایش کیفیت و کارایی سطوح و کف های چوبی را در ساختمان ها بوجود آورد.
- ✓ شرکت استرالیایی Kayuna پوشش های نانویی به نام Nano tec برای به کار گیری روی کف های چوبی به منظور مراقبت از چوب در برابر رطوبت، ترک و خراش تولید می کند.
- ✓ در شرکت Nanovations استرالیا پوشش هایی با نام تجاری Lignol برای محافظت چوب از جذب رطوبت و UV به بازار عرضه می کند. مزایای اصلی این پوشش دوام بالا، حفاظت استثنایی از ماوراء بنفش برای چوب، ظاهر شفاف، نفوذ بسیار عالی و دفع خوب آب است.
- ✓ شرکت کانادایی Mirage پوشش هایی با نام Nanolinx جهت پوشش نهایی کف چوبی تولید می کند. استفاده اصلی این پوشش در محیط های پر رفت و آمد است.

❖ کاشی و سرامیک با پوشش آنتی باکتریال، آنتی میکروبیال و خود تمیز شونده:

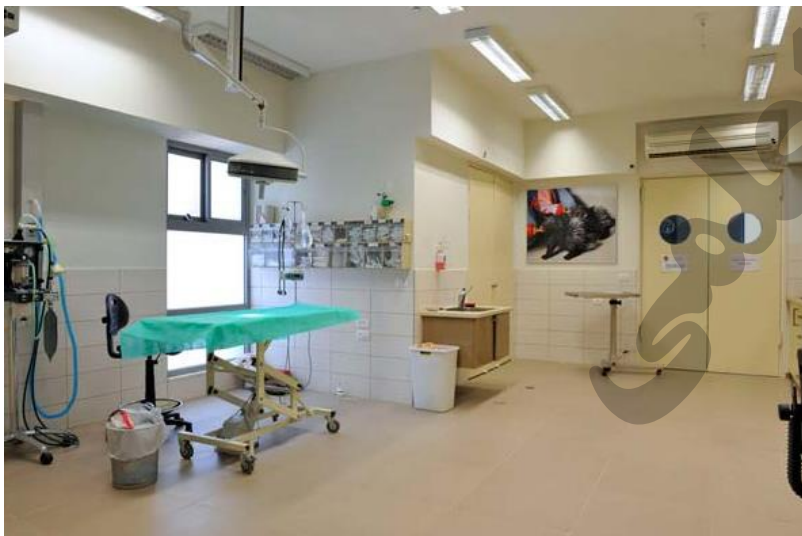
ارائه ترکیبی ایده آل و کارآمد با خاصیت آنتی باکتریال با استفاده از مواد فوتوکاتالیست های نانویی که علاوه بر خواص میکروب زدایی از نظر اقتصادی قابل تولید و با صرفه باشد می تواند با به کار گیری در اماکن عمومی نظیر بیمارستانها از انتشار و بیماری زایی باکتری ها ممانعت به عمل آورد و به این ترتیب علاوه بر پیشگیری از شیوع بیماری در بین افراد در هزینه های درمان نیز صرفه جویی حاصل نماید.

ویژگی های این مواد که عموماً از نانو ذرات TiO_2 تشکیل شده اند به شرح زیر است:

• آنتی باکتریال

• خود تمیز شوندگی

• تصفیه هوا



- ✓ مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی/ www.bhrc.ac.ir/
- ✓ کتاب طراحی مقاوم سازی سازه های بتن آرمه با پلیمرهای مسلح به الیاف (FRP) / ترجمه دکتر حسن افشین دانشیار دانشگاه صنعتی سهند تبریز
- ✓ مقاوم سازی اتصال ستون بتن مسلح دایره ای به پی / پایان نامه دکتری تخصصی مهندسی عمران-سازه دانشگاه فردوسی مشهد / نویسنده سیده مهدیه میراعلمی / ۱۳۹۷
- ✓ مقاوم سازی اتصال ستون های بتن مسلح دایره ای به پی به کمک میلگردهای GFRP و ورق های CFRP / سیده مهدیه میراعلمی، محمدرضا اصفهانی، محمدرضا توکلی زاده / مجله مهندسی عمران دانشگاه صنعتی شریف
- ✓ نشریه شماره ۶۱۲ نظام فنی و اجرایی کشور / آیین نامه طراحی و اجرای سازه های فولادی سرد نورد (بخش سازه) / ۱۳۹۱
- ✓ نشریه شماره ۳۸۵ معاونت برنامه ریزی و نظام راهبردی کشور / دستورالعمل طراحی، ساخت و اجرای پانل های سه بعدی / ۱۳۹۱
- ✓ نشریه ض-۵۷۵ مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن / راهنمای طراحی و اجرای سیستم ساختمانی دیوار باربر بتن مسلح با قالب های عایق ماندگار 1389/ICF
- ✓ مبحث پنجم مقررات ملی ساختمان ایران / مصالح و فرآورده های ساختمانی
- ✓ مبحث نهم مقررات ملی ساختمان ایران / طرح و اجرای ساختمان های بتن آرمه
- ✓ Miralami, M., Esfahani, M. R., & Tavakkolizadeh, M. (2019). Strengthening of circular RC column-foundation connections with GFRP/SMA bars and CFRP wraps. *Composites Part B: Engineering*, 172, 161-172.
- ✓ Miralami, M., Esfahani, M. R., Tavakkolizadeh, M., Khorramabadi, R., & Rezaeepazhand, J. (2020). The cyclic response of circular reinforced concrete column to foundation connections strengthened with shape memory alloy bars. *Journal of Composite Materials*, 0021998320961440.