اصول طراحی و ساخت سازه های ماکارونی ۱

WWW.POLMACARONI.IR

مرتضی واشقانی

مهر ماه ۹۲

معرفی سازه های ماکارونی

در ابتدا بد نیست به تعریف سازه بپردازیم. سازه چیست؟

به یک ساختار معماری یا مهندسی ثابت که مجزا از دیگر ساختارها قابل تشخیص باشد یک سازه یا ابنیه فنی می‌گویند. سازه بخشی از حجم است که بارهای وارده را تحمل و به صورت مطمئن به محیط اطراف منتقل می‌سازد و به عبارت دیگر سازه حافظ فرم خارجی اجسام در برابر بارهای وارده‌است.

سازه ممکن است دائمی باشد مانند ساختمان‌ها، پلها و سدها و دکل‌های برق یا موقتی باشد مانند چادرهای نمایشگاهی، دکل‌های تبلیغاتی و داربست‌های فلزی.

سازه های ماکارونی به دست سازه ای گویند که بسته به گرایش و نوع آن، می تواند شبیه سازِ سازه (پل) - های واقعی طبق دستورالعمل هایی تحت عنوان "آئین نامه" به منظور هدفی خاص(گرایش)، در مقیاسی کوچتر باشند که البته مصالح مورد استفاده در آن ها تنها چسب و ماکارونی خواهد بود.

اصطلاح "پل ماکارونی" نیز که بسیار مورد استفاده قرار می گیرد را می توان هم معنی با تعریف فوق دانست با این تفاوت که "پل ماکارونی" به خودیِ خود، سازه ایست از نوع ماکارونی!

اما

هر سازه ماکارونی، الزاما شبیه ساز "پل" از جنس ماکارونی نیست!!!

انشاءالله در استفاده از این دو اصطلاح، فارغ از روتین بودن آن ها دقت کافی را داشته باشیم.

اولین دوره از این رقابت ها در جهان، سال ۱۹۸۳ در دانشگاه Okanagan(کانادا) برگزار گردید.

در ایران نیز این مسابقات هرساله توسط دانشگاه ها و مراکز آموزشی کشور در دو بخش دانشجویی و دانش-آموزی برگزار می گردد که می توان در سطح کشوری مسابقات دانشجویی سازه های ماکارونی دانشگاه های امیرکبیر تهران، خواجه نصیر، علم و صنعت، علوم و تحقیقات، زنجان، خاوران مشهد، سمنان، اصفهان، تبریز و .. و در سطح دانش آموزی مسابقات کشوری دانشگاه های امیرکبیر، علم و صنعت، پردیس فنی و مهندسی شهید عباسپور(شهید بهشتی)، شرکت صنعتی-پژوهشی زرماکارون(تحت عنوان زرپل) ، موسسه فرهنگی و اطلاع رسانی تبیان و ... را نام برد.

دلالیل استفاده از ماکارونی به عنوان مصالح مورد ساخت در سازه

شاید برای خیلی از علاقمندان به سازه ماکارونی، این سوال بوجود آمده باشد که: چرا ماکارونی؟

دلایل بسیار ساده و در عین حال قابل توجهی وجود دارد تا همگان را مجاب نماید که ماکارونی به عنوان عنصر سازه ای جهت ساخت سازه هایی از این قبیل، بسیار مناسب بوده است که در ادامه به مهم ترین آنها اشاره خواهد شد.

۱- در واقع ماکارونی بر خلاف فولاد و بتن عنصر سازه ای ناشناخته ای می باشد . این بدان معنی است که خصوصیات ماکارونی شامل حداکثر تنش کششی ، حداکثر تنش فشاری ، مدول الاستیسیته ، نحوه کمانش ماکارونی و دیگر خصوصیات ماکارونی که مورد نیاز برای طراحی و تحلیل سازه می باشند، ناشناخته بوده و تنها راه بدست آوردن این ویژگی ها ایجاد و ابداع آزمایش های ساده ولی دقیق می باشد.

۲- ماکارونی بر خلاف بتن و فولاد دارای ضعف های زیادی می باشد و این ضعف ها کار را برای طراح مشکل تر می کند و اینجاست که ابداعات و خلاقیت هنر نمایی می کنند و برای رسیدن به رکورد های بالا بهینه سازی سازه ها مطرح می گردد .

۳- ارزان بودن، در دسترس بودن و سهولت در ساخت و اجرای ماکارونی نسبت به مصالحی چون فولاد وبتن سبب می شود تا تقریبا همگان بتوانند با یک بسته ماکارونی ۷۰۰ گرمی و مقداری چسب، دست سازه ای بسازند که بتواند چندین برابر وزن خود را تحمل نماید.

معرفی انواع گرایش های مطرح سازه ماکارونی

بد نیست این بار بر خلاف تقسیم بندی های روتینِ گرایش های سازه ماکارونی نزد اساتید و حتی فضای مجازی، گرایش های مختلف سازه ماکارونی را بر اساس نحوه اعمال بار(نیرو) تقسیم بندی نمائیم:

در ابتدا به تعریف بار(نیرو) می پردازیم:

نیرو (Force) :

تعریف ۱: نیرو در فیزیک کمیتی برداری است که باعث شتاب گرفتن اجسام می‌شود. نیرو را به طور شهودی می‌توان با کشیدن یا هُل‌دادن توصیف کرد.

شتاب جسم متناسب است با جمع برداری همه نیروهای وارد بر جسم.

در یک جسم صُلب (یعنی جسمی که ابعادش در فضا گسترده است و نمی‌توان آن را با یک نقطه تقریب زد) نیرو می‌تواند جسم را بچرخاند، تغییرشکل دهد یا فشار وارد بر آن را بیفزاید. اثرات چرخشی با گشتاور و تغییر شکل یا فشار با تنش توصیف می‌شوند.

تعریف ۲: در علم فیزیک به هر اثری که باعث شود در یک شی تمایل به تغییر چه در جنبش، جهت حرکت و یا ساختار آن ایجاد شود گفته می شود. واحد **نیرو** در سیستم SI نیوتن است و با F نشان می دهند. مفاهیمی همچون فشار و کشش را می توان با **نیرو** توصیف کرد. نیرو یک کمیت برداری لست یعنی دارای جهت و بزرگی می باشد.

انواع نیرو

از نظر محلی که به آن وارد می شود:

۱- نیروی متمرکز: بر یک نقطه از جسم وارد می شود.
۲- نیروی گسترده: بر سطحی مشخص از جسم وارد می شود که به آن فشار نیز می گویند.

انواع نیرو از نظر اثر حرکتی که روی جسم می گذارند:

۱- نیروی عمودی: نیرویی که بر سطحی عمود بر سطح مورد نشر وارد می شود. که خود می تواند شمال نیروی "کششی" (هم راستا و دور شونده) و "فشاری" (هم راستا و نزدیک شونده) باشد.
۲- نیروی خمشی: نیرویی است که سبب ایجاد خمش در یک جسم می باشد مانند نیرو وارد به تیر های افقی ساختمان. در علوم مهندسی به آن لنگر خمشی نیز می گویند.
۳- نیروی پیچشی: نیرویی که سبب پیچش و گردش یک جسم حول محورش می شود مانند نیرویی که هوا بر ملخ هواپیما وارد می کند.
۴- نیروی کمانشی: اعمال نیرو به یک جسم دراز در جهت محور طولی آن که سبب کمانش می گردد. مانند نیروی وارد بر چوب(نیزه) یک دونده پرش ارتفاع، هنگامی که، می خواهد توسط چوب(نیزه) خود از مانعی در ارتفاع مشخص پرش و عبور نماید.

حال گرایش های مطرح سازه ماکارونی بر اساس نحوه اعمال نیرو (توضیحات فوق) به صورت ذیل تقسیم می گردند:

۱- سازه های بار متمرکز:

این سـازه ها از به هم پیوستن دو خـرپای دو بعدی یا بیشتر، به وجود می آیند و بارگذاری از وسـط دهانه صورت می گیرد .

این نوع سازه ها هر سه نوع عضو فشاری ، کششی و خمشی را دارا می باشند که شامل گرایش های زیر می باشند:

الف) سازه های راندمانی

رکورد گیری و رتبه بندی تیم ها بر اساس ضریب کارایی : بار تحمل کرده سازه (گرم) تقسیم بر وزن سازه(گرم)

ب)سازه های سنگین(آزاد)

رکورد گیری و رتبه بندی تیم ها فقط بر اساس بیشینه بار تحمل کرده سازه.

(محدودیت تنها در وزن خودِ سازه)

ج)سازه های هدفمند

تحمل وزنه ۲۵ کیلو گرمی به مدت یک دقیقه و رتبه بندی بر اساس سبکیِ وزنِ سازه ها.

د)سازه های سبک

معادل تعریف سازه های هدفمند بوده و گاهی به جای هم نیز استفاده می شوند.

سازه هایی که می بایست طبق آئین نامه، وزنه مشخصی را تا مدت زمان معینی بودن شکست تحمل نمایند و سپس بر اساس سبکی رتبه بندی می شوند و سازه ای که سبک تر باشد، مقام اول را کسب خواهد نمود. برای مثال سازه ها وزنه ۳ کیلوگرمی را به مدت ۳ دقیقه تحمل کنند.

ه)سازه های جرثقیل برجی (Tower Crane)

سازه هایی که شبیه سازِ جرثقیل برجی که جهت ساختمان سازی و برج سازی استفاده می شوند بوده و می بایست بر اساس رکورد گیری بر حسب راندمانی یا آزاد و حتی هدفمند بودن، نیروهای وارده به بازوی بلند خود را تحمل نمایند.

۲- سازه های بار گسترده

سازه های فشاری

در این نوع گرایش بارگذاری در بخش فوقانی سازه تا انهدام کلی آن، صورت می گیرد و با توجه به اینکه اکثر نیروهای وارده به سازه به صورت فشاری می باشند به سازه های فشاری شهرت یافته است.

این گرایش به صورت راندمانی یا آزاد رکورد گیری می شود.

۳- سازه های بار متحرک

سازه هایی که بین دو تکیه گاه معلوم ساخته می شوند و می بایست وسیله متحرک با وزنِ خاص از روی عرشه آن عبور نماید.رکورد گیری بر اساس وزنِ سازه صورت می گیرد.

- ✓ گرایش های سازه های زیبا و محافظ تخم مرغ نیز گرایش های دیگری از سازه ماکارونی می باشند که به ندرت برگزار می شوند لذا از حوصله این بحث خارج است.

تعاریف و اصطلاحات سازه ماکارونی و آئین نامه ای

بهتر است پیش از ورد به بحث های بعدی در زمینه تکنیک های طراحی، ساخت و اجرا با اصطلاحات و تعاریف مهم سازه ماکارونی و آئین نامه ای آشنا شویم:

گره

محل اتصال دو عضو و یا بیشتر از دو عضو ، که بوسیله چسب به یکدیگر متصل می شوند ، گره نامیده می شود.

گره مرکزی

به گره(هایی) از سازه در هر قاب گفته می شود که در مرکزیت سازه بوده و نیرو های وارده به سازه از این گره به دیگر گره ها و اعضاء انتقال پیدا می کند.(محل تجمع اعضای کششیِ اصلی سازه)

عضو

المان موجود بین دو گره ، عضو نامیده می شود که تنها مجاز به استفاده از ماکارونی در این بخش هستیم.

طول عضو

به فاصله مرکز تا مرکز دو گره انتهایی عضو ، طول عضو اطلاق می گردد.

عرشه

به سطح افقی فرضی بین دو تکیه گاه سازه که هم تراز با سطح دو تکیه گاه میز بارگذاری (تراز صفر) می باشد، عرشه گفته می شود.

ارتفاع کلی سازه

فاصله عمودی بین بالاترین و پایین ترین نقطه سازه ارتفاع کلی سازه نامیده می شود.

تاج سازه

به فوقانی ترین بخش سازه، تاج سازه گفته می شود.

نقاط تکیه گاهی

به گره هایی از سازه که با سطوح تکیه گاهی در تماس باشد، نقاط تکیه گاهی گفته می شود.

دهانه سازه

حداکثر طول سازه، دهانه سازه نامیده می شود.

تراز صفر تکیه گاهی

سطح تکیه گاه های میز بارگذاری ، تراز صفر فرض شده و دیگر ترازهای ارتفاعی سازه ، در صورت قرارگیری سازه بر روی میز بارگذاری ، نسبت به آن سنجیده می شوند.

بادبند

بطور خلاصه در بحث مهندسی سازه بادبند به اتصالاتی گفته می شودکه وظیفه دارند نیروی زلزله که بصورت دو محور X و Y به سازه وارد می شود را خنثی و به زمین(تکیه گاه) برگردانند که البته در مقاومت سازه در برابر نیروی باد هم موثر می باشد و به طور خلاصه به پایداری سازه بر روی تکیه گاه ها کمک می کند.

در بحث سازه ماکارونی بادبندها به دو دسته زیر تقسیم می گردند:

الف)بادبندهای داخلی: به صورت ضربدری، موازی و یا متوالی(۷-۸ای) بین دو قاب(داخل) سازه اجرا می شوند.

ب) بادبندهای خارجی: انواع مختلفی از لحاظ اجرا دارند که بادبندهای مثلثی رایج ترین آنهاست و خارج قاب-های سازه ماکارونی روی اعضای فشاری و تکیه گاهی بخصوص، اجرا می شوند.

ضریب کارایی(راندمان)

وزن تحمل کرده توسط سازه (گرم) تقسیم بر وزن سازه (گرم)

Load Cell (لودسل)

حسگری است که چنانچه تحت نیروی کششی یا فشاری قرار گیرد، مقدار دقیق آنرا نمایش می دهد و در مسابقات سازه های ماکارونی در حد واسط بین ریسمان بارگذاری و قلاب متصل به آن و جک، میله و یا سبد بارگذاری قرار می گیرد و مقدار نیروی تحمل شده توسط سازه را نشان می دهد.

Over Lap (هم پوشانی)

منظور از هم پوشانی یا Over Lap رو هم آمدن و یا کنار هم قرار گرفتنِ بخشی از اعضای سازه(ماکارونی) می باشند که توسط ماکارونی و چسب در محل انقطاع به منظور هم پوشانی، افزایش طول عضو، ترمیم و یا تقویت اجرا می گردد.

خرپا

سازه ای می باشد که نیرو ها را فقط به صورت محوری انتقال می دهد لذا نیروهای بوجود آمده در آنها تنها به صورت فشار و کشش عمل می کند.(از این تعریف در بخش دوم جزوه آموزشی، جهت تحلیل نیروها به کمک روش برش و گره استفاده خواهد شد.)

عناصر مصرفی در ساخت سازه ماکارونی

۱- ماکارونی(اعضاء)

۲- چسب(اتصالات)

ماکارونی

اعضای مورد استفاده در ساخت سازه، بسته به نوع آئین نامه مسابقات، ماکارونی با مقطع دایره می باشد که توسط شرکت های مختلف ماکارونی با اقطار و طول های مختلف تولید می شوند و می بایست بدون هیچگونه تغییرات فیزیکی و شیمیایی نظیر تغییر شکل، پیش تنیدگی، پس تنیدگی ، حرارت دادن، بخار دادن، قرار دادن در موادی نظیر آبلیمو و ... که سبب تقویت آن می شود، به کار گرفته شوند.

ماکارونی ماده ای بسیار شکننده و ترم می باشد و کوچترین ضربه باعث شکست آن می شود. لازم به ذکر است که ماکارونی در برابر رطوبت و تغییرات دمایی نیز بسیار حساس می باشد و رطوبت و خیس شدگی باعث بوجود آمدن ترک های طولی و حالت تردی در ماکارونی می شود که باعث کاهش مقاومت ماکارونی شده و رکورد نهایی سازه را هنگام بارگذاری به طور چشمگیری کاهش می دهد. لذا توصیه می شود تا حد امکان هنگام ساخت سازه های خود، فضای مناسبی را جهت اجرا و ساخت سازه آماده سازی نمایید و از تغییرات رطوبتی و دمایی در فضای کار خود پرهیز نمائید. استفاده از رطوبت گیر در فضای کار و بخصوص در جعبه سازه ها به منظور حمل آن ها به مکان مسابقات بسیار کارآمد خواهد بود.

ماکارونی های موجود در بازار و متناسب با آئین نامه های مسابقات به صورت توپر و توخالی(لوله ای) می باشند که در این بین می توان به برندهای داخلی نظیر تک ماکارون، زر،جهان و برندهای خارجی روتین به باریلا، پاستا زارا ، بوگاتی(اربلا) ، بوگاتی (رجیا) و فیلیز و ... اشاره کرد.

- ✓ توصیه می شود با توجه به محدودیت قطر ۳ میلی متر در اکثر مسابقات با توجه به سابقه بسیار خوب ماکارونی تک در مسابقات سازه و کسب رکوردهای گوناگون با همین برند، برای استفاده از اعضای فشاری از برند تک ماکارون ۲,۸ میلی متر استفاده نمائید و درگیر بدست آوردن ماکارونی-هایی با برندهای فوق نباشید.

همانطور که در بالا اشاره گردید، در خرپا، نیروی وارد بر اعضا به دو صورت فشاری و کششی خواهند بود که در ادامه به بررسی آن ها می پردازیم.

- ✓ اعضایی که هنگام بارگذاری به برش و خمش میافتند از حوصله این بحث خارج است.

اعضای کششی

اگر از ماکارونی در تست های کششی استفاده کنید متوجه می شوید که ماکارونی برخلاف ظاهر شکننده اش در کشش مقاومت خوبی دارد و این مقاومت حتی در ماکارونی با قطرهای کوچکتر نیز دیده می شود. لذا جهت انتقال نیرو از گره مرکزی به اعضای فشاری می توان از ماکارونی های با قطر کوچک تر استفاده کرد. باید توجه داشت متناسب با گرایش سبک، راندمانی یا آزاد و مقدار نیرویی که قرار است اعضای کششی انتقال دهند، از ماکارونی با قطر و تعداد مناسب جهت اعضای کششی در بخش های مختلف استفاده شود.

اعضای فشاری

طبق جدولی که از نتایج آزمایشات صورت گرفته بر روی ماکارونی توسط آقای مهندس "سروش نظریان" و مدرسه راهنمایی پسرانه حلی بدست آمده است، مشاهده می شود که میزان مقاومت ماکارونی در برابر نیروی فشاری با قطر ماکارونی رابطه مستقیم و با طول ماکارونی رابطه عکس دارد.

حال می بایست طراحی سازه به گونه ای باشد که برای مقاومت در برابر نیروی وارده به عضو فشاری خاص و مورد نظر در سازه هنگام تحلیل، از ماکارونی با طول و قطر مناسب استفاده کرد. جهت افزایش قطر می توان طبق آئین نامه از چندین ماکارونی به صورت موازی کنار یکدیگر استفاده کرد ولی افزایش ماکارونی و کاهش طول باید حساب شده باشد تا وزن نهایی سازه متناسب با مقدار باری که می بایست تحمل نماید، بهینه گردد.

قطر (mm) (ارتفاع قاب های ماکارونی ها: ۸ cm)	بارگذاری اول	بارگذاری دوم	بارگذاری سوم	میانگین (gr)
۱,۵	۵۹۹	۶۱۲	۵۹۱	۶۰۰,۶۷
۱,۷	۱۳۲۹	۱۳۴۳	۱۳۲۵	۱۳۳۲,۳۳
۲,۵	۲۶۳۱	۲۶۴۹	۲۶۲۸	۲۶۳۶
۲,۸	۳۲۷۹	۳۳۱۶	۳۲۴۸	۳۲۸۱

تعداد ستون های ۸ سانتی متر (قطر ۲,۸ میلیمتر)	بارگذاری اول	بارگذاری دوم	بارگذاری سوم	میانگین (gr)
۱	۲۶۳۱	۲۶۴۷	۲۶۱۳	۲۶۳۰,۳۳
۲	۳۴۶۸	۳۴۸۶	۳۴۵۳	۳۴۶۹
۳	۴۲۱۰	۴۲۶۷	۴۲۳۳	۴۲۳۶,۶۷
۴	۵۷۳۸	۵۷۴۷	۵۶۹۹	۵۷۲۸

ارتفاع ماکارونی(cm) (قطر ۲,۸mm)	بارگذاری اول	بارگذاری دوم	بارگذاری سوم	میانگین (gr)
۵	۳۱۶۸	۳۰۴۵	۳۱۷۹	۳۱۳۰,۶۷
۶	۳۰۰۰	۲۹۷۶	۲۹۳۱	۲۹۶۹
۷	۲۹۵۷	۲۹۸۰	۲۹۱۳	۲۹۵۰
۸	۱۴۶۵	۱۴۷۱	۱۴۵۰	۱۴۶۲
۹	۱۴۲۳	۱۴۳۲	۱۴۲۵	۱۴۲۶,۶۷
۱۰	۱۴۱۸	۱۴۰۹	۱۴۲۱	۱۴۱۶
۱۱	۱۳۹۸	۱۴۰۷	۱۳۹۳	۱۳۹۹,۳
۱۲	۱۲۳۹	۱۲۷۱	۱۲۰۴	۱۲۳۸

با توجه به نتایج و بحث های فوق، برای مثال اگر نیروی یک عضو فشاری برابر با ۳ کیلوگرم-نیرو باشد طبق نتایج آخرین جدول آمده در فوق، اولین چیزی که به ذهن طراح می رسد، این است که می بایست از یک ماکارونی با طول ۵ سانتی متر با قطر ۲,۸ استفاده نمود. ولی جالب است بدانید با طول بیشتری نیز می توان همین نیرو را با همان ماکارونی ۵ سانتی متری انتقال داد. اما چطور؟

نکته: اعضای فشاری با $\frac{r}{K.l}$ رابطه مسقیم دارد که در این رابطه r شعاع ژیراسیون، L طول عضو و K ضریب سختی می باشد.

$$R=\sqrt{\frac{I}{A}}$$

I ممان اینرسی مقطع می باشد که بستگی به نوع شکل مقطع دارد و A مساحت سطح مقطع می باشد.

K ضریبی است که به نوع گیرداری دو سر عضو بستگی دارد. برای اعضای دو سر مفصل(اعضای خرپا) این عدد ۱ و اگر مفصلی نباشد این عدد بین ۰,۵ تا ۱ متغیر است. لذا ما هرچقدر بتوانیم K را کاهش دهیم، بدون تغییر در طول و قطر ماکارونی، مقاومت فشاری بیشتری خواهیم داشت.

پس اگر بخواهیم بدون تغییر در قطر و اندازه ماکارونی، مقاومت یک عضو فشاری را افزایش دهیم می بایست تمرکز خود را بر روی ضریب سختی عضو یعنی K معطوف کرده و سعی کنیم با روش هایی در اتصالات مقدار K را کاهش دهیم که چگونگی انجام آن در کارگاه های آموزشی ساخت سازه، اجرا و بیان خواهد شد. لیکن ادامه این بحث و آموزش نحوه اتصال آن را بر عهده ذهن خلاق خواننده قرار خواهم داد.

اتصالات

با توجه به نوع چسب مصرفی، اتصلات مشخص و طراحی می شوند که در ادامه انواع چسب های روتین که معمولا در مسابقات مجاز به استفاده هستیم، معرفی خواهند شد.

۱- چسب حرارتی

ابتدایی ترین و معمولی ترین چسبی که بدون اغراق در تمامی آئین نامه ها مجاز به استفاده از آن هستیم چسب حرارتی بوده که کار با این چسب بسیار ساده بود و در مدت زمان کمی می تواند اعضاء را به یکدیگر متصل نماید. مغزی های این چسب با توجه به میزان چسبندگی و مقدار ماده چسب به انواع معمولی، گل سازی، صنعتی و ... تقسیم بندی می شوند که تیوب های صنعتی شیری رنگ تیره تر بوده و نسبت به تیوب های معمولی از مقاومت قابل توجهی برخوردار است. به طور کلی چسب حرارتی از لحاظ مقاومت کششی بسیار ضعیف می باشد ولی در برابر فشار مقاومت خوبی دارد که بستگی به درجه حرارت ذوب و نحوه اجرا دارد.

نکات اجرایی: یکی از مزایای استفاده از این چسب سهولت در ترمیم می باشد به طوری که با حرارت دادن و ذوبِ چسب می توان عضو را جدا نمود و دوباره چسباند. منتهی حرارت بیش از حد به عضو و ذوب بیش از حد چسب حرارتی سبب بروز ترک های عرضی و طولی در عضو شده و حرارت زیاد باعث می شود مقاومت ماکارونی در محل اتصال مفصل به شدت کاهش پیدا کند.

۲- چسب دوقلو

بهترین چسب مصرفی بین چسب های مصرفی می باشد و مورد علاقه اکثر سازه سازان بوده به طوری که رکوردهای سازه های ایران در گرایش آزاد یا راندمانی با استفاده از همین چسب ثبت شده است.

این نوع چسب از مقاومت کششی و فشاری بسیار بالایی برخوردار می باشد و می توان با میزان اندکی از آن و اجرای صحیح در اتصالات به مقاومت دلخواه رسید ولی با توجه به اپوکسی بودن این نوع چسب، نحوه اختلاط رزین و هاردنر آن، نکات بسیار ریز اجرایی دارد که به شدت بر روی مقاومت نهایی چسب و سازه تاثیرگذار خواهد بود.

انواع چسب دوقلو

مات (تیوب های سیاه و سفید)

شفاف(تیوب های بی رنگ)

برای نمونه در چسبِ دوقلوی مات، دو نوع ماده تشکیل شده عبارتند از:

تیوب ۱ رزین : خاکستری رنگ

تیوب ۲ هاردنر: شیری رنگ

تیوب ۱ چسبندگی و تیوب ۲ زمان گیرش را تعیین می کند لذا هرچقدر تیوب ۱ بیشتر از تیوب ۲ مخلوط گردد گیرش نهایی بیشتر ولی مدت زمان سخت شدگی نیز بیشتر می شود. با توجه به ویژگی های تیوب های چسب های دوقلو(شفاف یا مات) طرح های اختلاط مختلفی صورت می گیرد که میزان درصد اختلاط آن ها را برعهده دوستان می گذاریم.

برندهای معتبر چسب های دوقلوی داخی برندهای غفاری و جلاسنج می باشد که میزان مقاومت نهایی آنها در طول زمان، داخل جعبه آمده است.

از معایب چسب دقلو سختیِ اجرای آن و عدم امکان ترمیم آن است. برای رسیدن به مقاومت نهایی ۲۴ ساعت زمان جهت گیرش نیاز است.لازم به ذکر است چسب دوقلو هرچند اندک اما ایجاد حرارت می کند که برای ماکارونی مضر است.

۳- چسب قطره ای

این نوع چسب همچون چسب دوقلو از مقاومت کششی، فشاریِ مناسب و صلبیت بسیار بالایی برخوردار است. استفاده از این چسب بسیار ساده ولی گاها همراه با دردسر همراه است که برای اجرای آن باید به نکات ذیل توجه نمود.

به علت خاصیت گرانروی و مویینگی، هنگام اجرا ممکن است مقدار زیادی از طول ماکارونی با چسب آغشته شود که از لحاظ آئین نامه ای ممنوع بوده و موجبات حذف سازه را از دور مسابقات فراهم می آورد. لذا در حین اجرای اتصالات با چسب قطره ای به این نکته توجه داشته باشید و با دقت و ظرافت چسبکاری نمائید.

۴- چسب زودگیر(۱,۲,۳)

این چسب همچون دو چسب دوقلو و قطره ای بسیار از لحاظ کشش و فشار مقاوم بوده و اتصالاتی که توسط این نوع چسب صورت می گیرد از صلبیت بالایی برخوردار است.

علاوه بر نکات ذکر شده در مورد چسب قطره ای حین کار با چسب ۱,۲,۳ می بایست تا حد امکان از اسپری به مقدار خیلی کم استفاده نمود چرا که خاصیت خورندگی و تغییرات دمایی سریع و شدیدی که به منظور گیرش سریع ایجاد می کند باعث بروز ترک های جدی بر روی ماکارونی شده و از مقاومت ماکارونی می کاهد.

کار با چسب ۱,۲,۳ نیز بسیار راحت بوده ولی مانند چسب های قطره ای به همان اندازه گاها دردسرساز می شود.

از برند های متعارف چسب های ۱,۲,۳ میتوان به جلاسنج و میتراپل اشاره نمود.

طراحی سازه ماکارونی

به نظر شما چه نوع طرحی برای مسابقات مناسب است؟ چه شکلی؟

دوستان عزیزی که با مباحث استاتیک در دانشگاه آشنایی دارند وقتی برای یک المان معادله گشتاور خمشی مثلا برای یک لینک(عضو) کاملا مستقیم و افقی ترسیم کنند، یک معادله سهمی یا اگر دقیق تر صحبت کنیم معادله درجه دوم خواهد شد. بهترین طرح طرحی است که به فرم معادله خمشی(درجه دوم) نزدیک باشد.

از نمودارهایی که در طراحی به این شکل نزدیک هستند می توان تانژانت هایپربولیک، سینوس و کسینوس هایپربولیک، نیم بیضی های افقی و قائم، سهمی و نیم دایره را نام برد.

ارتفاع متغیر در طول و نیز شیب متغیر دو معیاری هستند که از ویژگی های طرح خوب هستند. برای مثال مثلث ویژگی اول دار داراست ولی ایا شیب تند و ثابتی که در دو اضلاع کناری وجود دارد از لحاظ استاتیکی و تحلیل با ویژگی دوم همخوانی دارد؟ پس می توان گفت طرح های مثلثی به خودی خود نمی توانند طرح های خوبی باشند.

بحث اصلی ما در مورد طرح های سهمی شکل خواهد بود.

علاوه بر دلایل تحلیلی فوق، در محیط پیرامون ما سازه های بسیاری هستند که کارایی آنها با توجه به شکل سهمی مانندِ آن ها حیرت انگیز است.

یک تخم مرغ خام که که طرحی بیضی شکل دارد، در مقابل فشارهای وارده بین دو انگشت ما مقاومت خوبی نشان می دهد و نمی شکند!!!(امتحان کنید)

گنبد های مساجد با آن عظمت بدون ستون در وسط اجرا می شوند و سال ها بدون ریزش باقی می مانند.

سدهای قوسی خود نمونه ای از عظمت طرح های قوسی در برابر فشاری های بزرگ استاتیکی آب پشت سد هستند.

پل های عابر پیاده قوسی شکل جدید، که مدتی است جای پل های عابر طویل مستطیلی شکل را گرفتند، بدون آنکه همچون آن ها در وسط دهانه پل، ستونی کارگذاشته شود و تمامی بار توسط قوس به تکیه گاه ها پخش می شوند. و...

در طرح های سهمی شکل ، بسته به میزان ارتفاع سه نوع طرح خواهیم داشت:

۱- طرح نیم دایره کامل

اگر ارتفاع قوس برابر نصف دهانه پل باشد، مقدار نیروی فشاری در تمام المان های فشاری برابر است.

۲- طرح تخم مرغی(گنبدی)

اگر ارتفاع قوس بیشتر از نصف دهانه پل باشد، ماکزیمم نیروی فشاری، المان های فشاری تکیه گاه هستش و رفته رفته که به تاج پل نزدیک میشیم این مقدار کاهش می یابد اما با این حال فشاری های تاج پل به دلیل زاویه های تقریبا افقی بحرانی هستند و باید تقویت شوند.

۳- طرح نیم بیضی

اگر ارتفاع قوس کمتر از نصف دهانه پل باشد، ماکزیمم نیروی فشاری المان های تاج پل هستند اما با این حال فشاری های تکیه گاهی به دلیل زاویه بسیار تندی که با افق دارند، بحرانی بوده و می بایست تقویت شوند.

اما در مورد نیروی کششی، ماکزیمم مقدار این نیرو تقریبا در هر سه حالت فوق یکسان است.

منظور کششی های چسبیده به تکیه گاه و کششی های قائم که بحرانی هستند بوده و بیشترین کشش در این اعضاء خواهد بود.

به طور کلی برای طراحی سازه های ماکارونی باید در ابتدا به چندین نکته توجه داشت:

- در چه گرایش و چه سطحی قرار هست رقابت کنید؟

برای مثال طرح های راندمانی و آزاد و علاوه بر آن، روش اجرای آن ها نیز با هم خیلی تفاوت دارند. سطح مسابقات و رکوردهای شرکت کنندگان به طراح دید می دهد که سازه خود را برای چه رکوردی مهیا نماید. برای مثال گاهی در گرایش آزاد در حد منطقه ای زدن رکورد ۷۰ یا حتی ۱۰۰ کیلو گرم

نیز کفایت می کند و البته گاهی برای قرار گیری در جایگاه اول تا دهم نیاز داریم رکوردی در حد ۴۰۰ کیلوگرم به بالا به ثبت برسانیم.

پس در ابتدا بایستی طرح خود را بر اساس میزان رکورد دلخواه آماده سازی و اجرا نمود.

فرض می کنیم سطح مسابقاتی که قرار هست در آن شرکت کنیم کشوری و رکورد راندمان های تیم های برتر شرکت کننده، حدودا ۵۰۰ تا ۶۰۰ می باشد. برای این منظور می بایست با توجه به ابعاد آئین نامه، چسب های مورد نیاز، تعداد نقاط تگیه گاهی و تعداد ماکارونی موجود بین دو گره، طراحی خود را آغاز کنیم و متناسب با مهارت و تجربه خود در یکی از انواع طرح های نیم دایره کامل، تخم مرغی و یا نیم بیضی ایده خود را طراحی کنیم.

در سازه های راندمانی مهم ترین نکاتی که قابل توجه هستند، وزن سازه و میزان باری است که باید سازه تحمل نماید. در صورتیکه سازه خود را از لحاظ وزن، بهینه طراحی و اجرا نکنیم، برای رسیدن به رکوردی که دلخواه ماست(برای مثال ۵۰۰) سازه ما می بایست وزن قابل توجهی را تحمل نماید که در وزن های بالا پدیده های خستگی، برش و خمش قدرت نمایی می کنند.

خستگی: اکثر ما در زندگی با پدیده خستگی مواجه شدیم. نمونه هایی بارز از این مثال را میتوان در حمل جسمی با وزنِ ثابت برای مسافت طولانی دید. هنگامی که برای خرید بیرون می رویم و جسمی را مثلا با وزنی معادل ۵ کیلوگرم به مدت طولانی حمل می کنیم، پس از گذشت زمان آن جسم برای ما ۵ کیلوگرم به نظر نمی آید و احساس می کنیم وزن جسم چندین برابر شده است و به اصطلاح دست ما خسته شده است. یا ساختمان هایی که در طول زمان ریزش می کنند به این دلیل است که با گذشت زمان عناصر سازنده آن، دیگر آن توان و مقاومت ابتدایی را داشته و پس از گذشت زمان تداوم بارگذاری، خسته شده اند.

در بحث بارگذاری سازه های ماکارونی به صورت دستی، سرعت در انجام بارگذاری به همراه دقت در جلوگیری از اعمال ضربه و لنگر به سازه، می تواند در ثبت رکوردهای بالاتر مفید باشد چرا که بارگذاری طولانی سبب بروز پدیده خستگی در سازه شده و سازه بار به مراتب کمتری را در مدت زمان بارگذاری طولانی تحمل خواهد کرد.

پس هرچقدر سازه ما سبک وزن باشد و علاوه بر آن وزن مناسبی را تحمل نماید، بارگذاری وزنه ها زمان کمتری می برد و به رکورد حداکثری که از سازه انتظار داریم نزدیک تر خواهد شد.

گفتیم در طرح های سهمی شکل نیروهای کششی درتکیه گاه و اعضای قائم نسب به سایر اعضای کششی بحرانی تر هستند. راه حلی که در ابتدا به ذهن هر طراحی می رسد این است که این نقصان را با افزایش تعداد کششی ها جبران نماید! اما آیا راه حل دیگر در این زمینه وجود ندارد؟ یا همانطور که در قسمت های پیشین صحبت شد فرض می کنیم باید سازه ما ۱۰۰ کیلوگرم تحمل کند و در

قسمتی از اعضای فشاری سازه ما ۱۰ کیلوگرم نیرو وارد می شود. آیا کوتاه کردن عضو یا افزایش تعداد ماکارونی و بالاجبار به تبعِ آن افزایش اعضای کششی که افزایش وزن کلیِ سازه را به همراه خواهد داشت راه حل مناسبی است؟ پس نقش طراحی اعضاء ، پخش مناسب نیرو و شناخت نقاط بحرانی و کنترل آن ها در این بین چیست؟حال در گرایش سبک که وظیفه ما کم کردن وزن سازه می باشد چطور؟ آیا باز هم می توان برای تحمل وزنه ای خاص در مدت زمان معین، تعداد اعضای کششی را افزایش داد؟

کمی بر روی این قضیه فکر کنید، قطعا به نتایج خوبی خواهید رسید.

سه بعدی سازی

یکی از مراحل بسیار حساس و مهم ساخت سازه مرحله سه بعدی و ماده سازی نهایی می باشد که معمولا هر یک اساتید سازه ماکارونی به شیوه ای سازه های خود را سه بعدی می کند. در اینجا به مهم ترین و روتین ترین روش های سه بعدی سازی اشاره خواهیم کرد:

۱- سه بعدی به کمک شیشه و دیوار

یکی از ابتدایی ترین و معمولی ترین روش سه بعدی به کمک شیشه و سطحی صاف نظیر دیوار می باشد. روش کار به این شکل است که پس از اتمام یک طرف طرح آن را به شیشه ثابت کرده شیشه را به دیوار قائم تکیه می دهیم. سپس متناسب با طرح خود اعضای عرضی هم اندازه را که قرار هست بین دو قاب قرار بگیرند را برش داده و عمود بر طرف اول سازه که به شیشه تکیه داده شده به دیوار ثابت شده است می چسانیم.پس از اتصال تمامی اعضای عرضی طرف دوم سازه را به طرف اول نزدیک کرده و سه بعدی می کنیم.

از محاسن استفاده از این طرح اشراف کامل به کلیات سازه بوده و دسترسی به اکثر قسمت های سازه جهت اجرای بادبندهای داخلی به سهولت صورت می گیرد اما چسباندن و ثابت کردن اعضای عرضی آن هم به صورتی که نسبت به طرف اول چسبیده به شیشه عمود و نسبت به زمین افقی باشد کار بسیار دشواری است که ممکن است با خطا همراه باشد.

۲- سه عدی به کمک یونولیت، چوب یا پلاستیک های هم اندازه با عرض دلخواه

از این روش معمولا هنگامی که فضا، وسایل و تجهیزات کافی جهت سه بعدی سازی نیست استفاده می شود به این صورت که متناسب با عرض دلخواه جهت سه بعدی سازه(برای مثال ۷سانتی متر) یونولیت هایی را برش می دهیم . سپس یونولیت های هم اندازه را بین دو شیشه ای که سازه های خود را بر روی آن اجرا کردیم با احتیاط قرار داده دو طرف سازه را رو به روی هم تراز می کنیم به طوری که هر گره مقابل گره نظیر در طرف دیگر سازه قرار گیرد، سپس اعضای عرضی را هم اندازه فضای بوجود آمده بین دو شیشه برش داده و می چسبانیم. سازه هایی

که با این روش به طور صحیح سه بعدی می شوند بسیار صاف و تمیز از آب در خواهند آمد. پس از اتمام و قرار دادن اعضای عرضی بین دو صفحه می توان سازه را از شیشه ها جدا نموده، سرپا کرد و بادبندهای داخلی را اجرا نمود.

۳- سه بعدی سازی به کمک شیشه، پیچ و مهره

یکی از دقیق ترین روش های سه بعدی که امروزه اکثر تیم های جرفه ای به کمک آن سازه های خود را سه بعدی می کنند روش سه بعدی به کمک شیشه، پیچ و مهره می باشد.

ابتدا دو شیشه هم شکل با پلات خود(سهمی شکل) برش می دهیم و پلات ها رو دقیقا نظیر هم بر روی دو شیشه می چسبانیم طوری که فرقی بین دو شیشه نباشد. پس از اجرای طرف اول و دوم سازه روی شیشه، به کمک پیچ و مهره دو شیشه را متناسب با عرض دلخواه با فاصله از یکدیگر ثابت می کنیم و با گونیا از عمود بودن شیشه ها نسب به افق مطمئن می شویم.

سپس همانند روش پیشین اعضای عرضی را متناسب با فضای بین دو شیشه برش داده سه بعدی را تکمیل می نماییم.

یکی از مزایای این روش نسب به دو روش قبلی امکان اجرای سازه های با سه بعدی عرض متغیر در ارتفاع می باشد که می توان دو شیشه را به دلخواه نسبت به یک دیگر حتی با زاویه ، ثابت نمود. منتهی با توجه به اجرای سخت ، زمان گیر کمی هزینه بر بودن هر تیمی قادر به اجرای صحیح آن نیست مگر با تجربه و تمرین بسیار.

روش های دیگری نیز جهت سه بعدی سازی نیز استفاده می شود که عزیزان علاقمند می توانند با توجه به شرایط و امکانات موجود، حتی ایده های جدیدی برای سه بعدی سازی ابداع نمایند.

تمامی حقوق این اثر، متعلق به "مرتضی واشقانی" می باشد و هرگونه برداشت مستقیم و غیر مستقیم از این اثر بدون ذکر منبع از لحاظ اخلاقی و شرعی مجاز نمی باشد.(بخش اول - مهر ماه ۹۲)

نظرات، سئوالات و پیشنهادات خود را می توانید از طریق راه های ارتباطی زیر به نویسنده اثر ارجاع دهید.

Email: Morteza.Vasheghani@gmail.com

www.PolMacaroni.ir

Phone Number: ۰۹۳۸۸۰۵۲۶۳۴