



مدل سازی مکانیزم شکست سازه ای با استفاده از ماکارونی

هامون فتحی - کارشناسی عمران - دانشکده فنی و مهندسی - دانشگاه کردستان¹

1- چکیده

یکی از راههای بررسی و پیش بینی رفتار سازه ها شبیه سازی آنها می باشد. شبیه سازی به دو روش رایانه ای و آزمایشگاهی است. روش شبیه سازی آزمایشگاهی در مهندسی سازه ها به صورت مدل نمودن سازه ها با مقیاس کوچکتر و تحت بارگذاری کنترل شده و در نهایت بررسی رفتار سازه صورت می گیرد و یکی از راههای بهینه سازی همراه با کسب مقاومت مناسب بررسی مکانیزم شکست حالات گسیختگی در سازه می باشد. خرابیهای فولادی به کار رفته در پل ها که در بسیاری از کشورهای جهان در حال ساخت می باشند. از لحاظ شرایط تکیه گاهی و بارگذاری دارای ویژگی های مخصوص به خود می باشد.

ویژگی عمده خرپا تحمل نیروها به صورت کششی و فشاری و نه خمشی می باشد. با وجود ضعف عمده ماکارونی به علت ترد بودن در تحمل خمش با نوع ساخت سازه و با کوتاه کردن اعضا فشاری به رفع این معایب پرداخته می شود. این مقاله به مقایسه مدل رایانه ای با مدل آزمایشگاهی خرپا با ماکارونی و قابلیت اعتماد به مدل آزمایشگاهی را مورد بحث و بررسی قرار داده. تا راههای عملی مشاهده مکانیزم شکست با واقعیت تطابق بیشتری یابد.

کلمات سازی کلیدی: شبیه خرپا - نیروهای کششی و فشاری - ماکارونی

مقدمه

شبیه سازی سازه ها برای مهندسی یکی از مهمترین اهداف می باشد. طراحی و باز سازی سازه ها، شناخت مصالح و مواد مورد استفاده در حالت شبیه سازی و واقعی جهت تشخیص دادن خصوصیت مشترک آنها برای مقایسه ضروری است.

یکی از راههای مقایسه مواد نسبت به هم مشخص کردن خواص ثابت و نمودارهای آنها تحت شرایط یکسان آزمایشگاهی می باشد. به علت هزینه بالا و محدودیت موجود در ساخت قطعات لازم و استاندارد وسایل آزمایشگاهی برای بررسی مواد مورد نظر خود به طراحی آزمایشات ساده تری می پردازیم.

معرفی:

شروع کار به صورتی بود که برای طراحی سازه های خرپای پل با ماکارونی که مسابقاتی نیز در اکثر کشورهای جهان از جمله ایران در رابطه با آن برگزار می گردد. تصمیم به شبیه سازی بهتر و کاملتری با استفاده از روشهای آزمایشگاهی

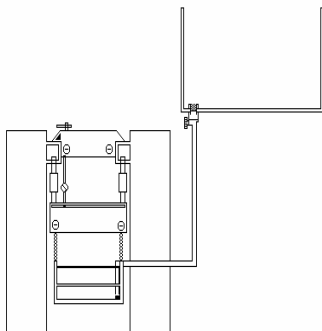
- و تطابق با حالات واقعی پرداختیم طراحی اولیه این آزمایش برای ماکارونی بوده ولی بعد از بررسی های لازم متوجه شدیم که برای دیگر مواد نیز جهت مقایسه می تواند مورداستفاده قرار گیرد.
- از مهمترین خصوصیات و ویژگیهای این آزمایش می توان به موارد زیر اشاره نمود:
- 1- این آزمایش بسیار ساده و ارزان بوده و درک آن برای دانشجویان آسانتر است .
 - 2- به علت مشخص بودن قطر ماکارونی های ساخته شده در کارخانه ها و اینکه آزمایشات کارگاهی قطرهای مخصوص استاندارد را لازم دارند این آزمایش برتری نسبی با توجه به اینکه برای اندازه های مختلف مواد طراحی شده است را دارا می باشد.
 - 3- از دیگر خصوصیات این آزمایش توانایی محاسبه برای صفحات (سطوح) می باشد. نمونه های به کار رفته دیگر احتیاج ندارد که دارای حالت دایره ای یا غیره بوده بلکه می توان سطوح را نیز مورد آزمایش قرار داد.
 - 4- توانایی وارد کردن بارهای نقطه ای یا گسترده بر روی مقاطع مختلف را دارا می باشد.
 - 5- کاربرد این آزمایش به صورت بارگذاری، با گذشت زمان یا افزایش بار می باشد.

عنوان آزمایش :

بررسی تغییر طول مواد با مقاطع مختلف نسبت به گذشت زمان و افزایش نیروهای وارده.

وسایل لازم :

- 1- گیره متحرک و ثابت
- 2- قلاب
- 3- وزنه های مختلف
- 4- کرنومتر
- 5- تکیه گاه صلب
- 6- گیج عقربه ای
- 7- تانکر آب
- 8- شیر شاسی دار و شیلنگ
- 9- تشتک
- 10- نیرو سنج



شرح آزمایش :

الف) برای بارگذاری نقطه ای این آزمایش به صورتی است که با افزایش نیروی وارده توسط آب که دارای سرعت ثابتی بوده می توان تغییر طولهای ایجاد شده در زمانهای مختلف برای نیروهای متفاوت بر روی مقطع، میله ای، مکعبی و صفحات را محاسبه نماید.

در ابتدا یک سر از مقطع مورد نظر را در داخل تکیه گاه گیردار که بر روی پایه های صلبی است قرار داده و سر دیگر آن را بر روی تکیه گاه متحرک متصل نموده، عقربه گیج را بر روی صفر قرار داده و گیج را در راستای عمود بر جهت تغییر طول حرکت داده و در نقطه وارد شدن نیرو قرار می دهیم . با توجه به اینکه نیروی وارده ثابت بوده یا اینکه متغیر می باشد طراحی آزمایش و نتایج آن متفاوت خواهد بود.

برای نیروی ثابت : انجام عملیات فوق سپس زدن کرنومتر و قفل دستگاه به صورت همزمان می باشد.

برای نیروی متغیر : در این حالت، نیروی وارده توسط جاری شدن آب با سرعت ثابت انجام می گیرد.

- ابتدا بر روی تانکر آب نقطه ای را برای سطح ثابت آب مشخص نموده و میزان آب ورودی و خروجی را طوری تنظیم می کنیم که سطح آب از نقطه ثابت تغییر ارتفاع ندهد.

- شیلنگ تانکر آب را در تشتک قرار داده و همزمان با زدن قفل دستگاه شاسی شیر آب را فشار داده و آب با سرعت ثابتی به داخل تشتک وارد می شود.
- برای تغییر طولهای مختلف نیروی نیروسنج را همراه با عقربه گیج یادداشت می نمایم.

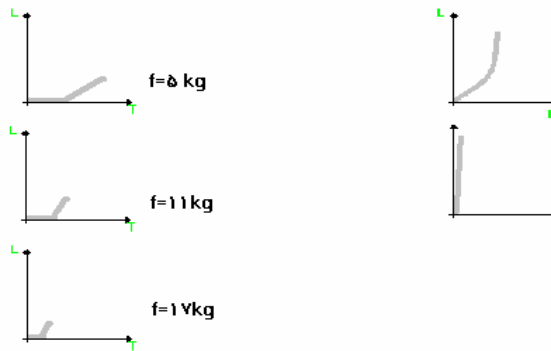
ب) برای بازگذاری گسترده

این قسمت با توجه به اینکه باید بارگذاری گسترده انجام گیرد و نیروها به صورت یکنواخت بر سطح عضو وارد شوند از نوعی پلاستیک استفاده شده است. این پلاستیک به گونه ای است که کاملاً به سطح زیرین مقطع چسبیده و نیروها را به صورت کاملاً یکنواخت به مقطع وارد می کند.

نیروی وارده از طرف تشتک یا وزنه های ثابت به گونه ای است که با افزایش فاصله از نقاط وارده نیرو کاهش یافته و در تمام سطح به صورت یکنواخت نمایان می شود.

نتایج حاصله از آزمایش بر روی ماکارونی :

این نمودارها بیانگر خصوصیتی از جمله ترد بودن، توانایی مقاومت کششی بالا نسبت به مقاومت فشاری در ماکارونی می باشد.



نمودار تنش کرنش ماکارونی به نمودار خطی فولاد شباهت دارد و نمونه ای از قانون هوک است که در مورد نیروهای فشاری وارده بر ماکارونی صادق است.

در صورتی که نیروی فشاری وارده در راستای محور باشند ماکارونی از خود مقاومت خوبی نشان می دهد ولی این موارد در طراحی امکان ندارد و در نیروهای وارده ماکارونی کمانه کرده و به علت ترد بودن سریعاً می شکنند. جهت طراحی مناسب و جلوگیری از کمانه کردن ماکارونی در نیروهای فشاری سعی نمودیم که نیروهای وارده را در جهت محور باشند.

طراحی به گونه ای بوده که یک ماکارونی با قطر کمتر در ماکارونی دیگری با قطر بزرگتر قرار می گیرد. این طرح دارای حالتی می باشد که در نیروهای فشاری ماکارونی حالت نرمی را نشان داده و به مقدار کمی قوس بر می دارد ولی به علت محدود شدن در درون فضای داخل ماکارونی دیگر قوس آن محدود بوده و در نیروی فشاری بالاتری می شکنند.

میزان مقاومت فشاری، به مقدار زیادی به طول اعضای فشاری و قطر اعضاء بستگی دارد. این تناسب به گونه ای است که با افزایش طول عضو فشاری توان فشاری عضو، کاهش یافته و قوس بر می دارد. افزایش قطر ماکارونی نیز موجب می شود که در نیروی فشاری بالاتری ماکارونی کمانه کرده و بشکنند.

D قطر
متناسب است با مقاومت فشاری

L طول
متناسب است با مقاومت فشاری

خصوصیات خرابا بر این استوار است که در آن لنگر منتقل نمی شود. در حالی که در خرپاهای واقعی با توجه به اتصالات که به وسیله جوش، پیچ و غیره می باشند لنگر با مقادیر گوناگونی انتقال می یابد پس امتیاز چنین طراحی این است که لنگر نیز در حالت شبیه سازی انتقال می یابد.

$$K = \frac{1}{E}$$

$$\text{مقاومت فشاری} = \frac{2}{3} K \left(\frac{D}{L}\right)^3$$

این فرمول ها با توجه به نیروی فشاری وارده طراحی شده اند. در حالت ترکیبی دو ماکارونی که در دورن یکدیگر قرار گرفته اند به علت انتقال لنگر احتمال شکستن ماکارونی باریکتر در محل اتصال وجود دارد. پس طول ماکارونی بیرونی را تقریباً بسیار نزدیک به نقاط مفصلی انتخاب کرده تا نقش انتقال لنگر را به عهده گرفته و مقاومت بیشتری در مقابل خمش از خود نشان دهند.



علت ازدیاد مقاومت در ماکارونی بیرونی قطورتر بودن و لوله ای بودن آن می باشد با به کاربردن این فرم جدید وزن سازه شبیه سازی شده افزایش یافته و وزن آن را تا حدود 30% افزایش می دهد ولی با توجه به کم بودن وزن ماده اصلی افزایش یافته (ماکارونی) و کم بودن وزن اصلی سازه افزایش 30 % وزن به مقدار کمی می باشد که می توان از آن چشم پوشی کرد.

برای طرحهای مختلف حالتی زیر جهت شبیه سازی مناسب تر در نظر گرفته شده اند:

1- در طراحی اتصالات صلب از چسبی باید استفاده کرد که صلبیت آن نسبت به ماکارونی بسیار بیشتر باشد (چسب دوقلوی D 16)

2- در طراحی اتصالات نیمه مفصلی نیز از چسبهای حرارتی که نرم تر بوده و در انتقال لنگر نقش کمتری داشته و شبیه اتصالات واقعی عمل می کنند می توان استفاده نمود . ولی باید توجه داشت که در استفاده از این حالت برای شبیه سازی مناسب تر اعضای موجود در مفصل به همدیگر به طور کامل متصل شده باشند تا به صورت درستی نیروهای محوری انتقال یابند .

3- در حالت بارگذاری نقطه ای نیروی وارده به محل اتصال مفصل های صلب وارد می شود اما در مفصلهای نیمه صلب نیروی وارده بر قسمتی از عضو باید وارد شود.

4- در حالت بازگذاری گسترده، با استفاده از صفحاتی که به مجموعه ی مفصلها متصل شده اند و شرایطی پلاستیک مانند دارند تا نیروئی کششی و فشاری وارد بر اعضا را دریافت نکنند، می توان استفاده کرد.

5- در قسمتهایی از پل که بر روی تکیه گاه سوار می باشند و در حالت واقعی که از نوعی بتن استفاده می شود از چسب قطره ای شیشه برای شبیه سازی آن می توان استفاده نمود.

6- برای طراحی ایزولاتورها² در پایه ی پلها می توان از یک مهره کرومی و چسب حرارتی لاستیکی که در مفصلها به کار می رود استفاده کرد. این مهره ی کرومی باید بگونه ای باشد که قطر بیرونی آن به اندازه قطر ماکارونی بیرونی بوده و داخل آن سوراخی باشد که ماکارونی میانی از درون آن عبور نماید.

تفاوتهای موجود با طرحهای واقعی

الف : بارزترین تفاوت، استفاده از ماکارونی به جای مصالح فلزی می باشد. البته به دلیل شباهتهای زیاد بین ماکارونی در نیروهای محوری وارد، با فولاد جایگزین مناسبی به نظر می رسد.

ب : تفاوت دیگر در نوع اتصالات است که با جایگزین مناسبی از انواع چسبها این اتصالات شبیه سازی نسبتاً بهتری شده اند.

ج : مقطع به کار رفته در حالت شبیه سازی شده دایره ای می باشد برای دقت بیشتر بهتر است؛ از ماکارونی ساخته شده توسط یک کارخانه استفاده نمود چراکه استاندارد مشخصی برای آن وجود ندارد.

توانایی های طراحی آزمایشگاهی :

الف) از جمله بارزترین تواناییهای طرح، تعیین محل شکست و خرابی موجود در سازه ها می باشد.

ب) با توجه به اتصالات به کار رفته در حالت شبیه سازی، طراحی موجود برای اتصالات صلب و نیمه صلب نیز کارایی دارد. این اتصالات محاسبات زیادی را لازم داشته ، و حالت شبیه سازی نمونه ای از نتیجه گیری سریعتر برای طراحی بهتر می باشد.

ج : توانایی بارگذاری گسترده آزمایشگاهی در سازه شبیه سازی شده یکی از موارد برتری اینگونه شبیه سازی سازه ها نسبت به حالتهای دیگر شبیه سازی آزمایشگاهی می باشد .

نتیجه گیری :

با توجه به بررسی ها و آزمایشات انجام شده در مورد شبیه سازی آزمایشگاهی با استفاده از مواد مختلف یک از ساده ترین، ارزان ترین و در عین حال مناسب ترین روش شبیه سازی می تواند شبیه سازی سازه های فولادی با ماکارونی باشد.

البته شبیه سازی، بهتر و دقیق تر است که مواد و نحوه به کار رفتن به حالت واقعی شباهت بیشتری داشته باشند . در شبیه سازی مورد نظر قراردادن مواردی مانند سادگی (از لحاظ تهیه، طراحی و ساخت) و ارزانی مهم می باشد .

² ایزولاتور : نوعی میراگر می باشد. این نوع میراگر دستگاه اتلاف انرژی است و در پایه ستون ها و یا در درون فونداسیون جهت کاهش طیف شتاب پاسخگو از طرف سازه نسبت به لرزش های زمین قرار می گیرد.