بررسی تاثیر ناکاملی هندسی اولیه اعضا بر ظرفیت باربری شبکه های تخت دولایه فضاکار

فرزاد برزگر جلیلی مقام
کارشناس راه و ساختمان اداره کل مسکن و شهرسازی استان آذربایجان شرقی
محمدرضا شیدایی
استادیار مهندسی عمران، دانشکده فنی دانشگاه ارومیه
(تاریخ دریافت مقاله: تاریخ پذیرش مقاله:)

چکیده:
با توجه به اینکه در طبیعت هیچ سازه ایده آل کاملی وجود ندارد و کلیه سازه ها در عمل دارای عیوبی (ناکاملی هایی) هرچند جزئی می باشند، وجود برخی ناکاملی های هندسی عضوی در سازه های فضایی تخت دولایه با صدها یا هزاران عضو، تقریباً غیر قابل انکار می باشد. این ناکاملی ها موجب افت ظرفیت باربری اجزای فشاری و در نتیجه باعث افت ظرفیت باربری کلی سازه های فضاکار می گردد. در این مقاله دو سازه فضاکار خرپایی مختلف مدلسازی وبه صورت غیرخطی برای مقادیر مختلف ناکاملی تحلیل گشته اند. توزیع ناکاملی ها نیز به دو حالت انجام شده است :۱- توزیع یکنواخت ۲- توزیع تصادفی. نتایج تحلیل ها بصورت منحنی های بار –تغییر مکان نشان داده شده و بیانگر افت ظرفیت سازه در اثر وجود ناکاملی می باشد
کلمات کلیدی: ناکاملی، سازه فضا کار دولایه تخت، توزیع، ظرفیت باربری

۱- مقدمه

در این مطالعه برای بررسی مسئله افت ظرفیت سازه های فضاکار تخت دولایه در اثر وجود ناکاملی هندسی اولیه عضوی، دو مدل مختلف درنظر گرفته شده است. اما قبل از تحقیق در مورد تاثیر ناکاملی بر روی آنها، چون رفتار کلی سازه به رفتار اعضای مربوطه بستگی دارد، این اعضا مدلسازی و تحلیل گشته اند. با استفاده از نتایج حاصل از تحلیل عضوی و با در دست داشتن نمودار نیروی محوری تغییرمکان محوری اعضای فشاری، مدل های اصلی با ناکاملی های گوناگون، مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند.

۲- بررسی رفتار اعضای فشاری

اعضای سازه های فضاکار معمولاً لاغری متوسط دارند که رفتار این اعضا در برابر نیروی فشاری بصورت کمانش پلاستیک است. کمانش پلاستیک باعث افت ناگهانی ظرفیت باربری اعضا و بازتوزیع نیروهای داخلی می شود. در اثر بازتوزیع نیروهای داخلی اگر سازه قادر به تحمل نیروهای بازتوزیع شده باشد افزایش نیروهای خارجی را تحمل خواهد نمود. درغیر اینصورت اعضای بیشتری کمانه کرده و سازه دچارکمانش کلی خواهد شد و نیروهای خارجی اضافه تری را تحمل نخواهدکرد.

۲-۱- مقادیر ناکاملی های مفروض برای تحلیل اعضای فشاری

رفتار اعضای فضایی معیوب با در نظر گرفتن عضوی که محور مرکز سطح آن دارای انحنای اولیه متقارن است، مطالعه گردیده است. بدلیل اینکه ناکاملی مجاز برای اعضای فشاری، تغییر مکانی برابر ۰/۰۰۱ طول عضو در وسط دهانه میباشد. ناکاملی های مورد تحقیق نیز مقادیری در محدوده این عدد و بصورت: ۰/۰۰۰۵ و ۰/۰۰۱ و ۰/۰۰۵ و ۰/۰۱ و ۰/۰۲ طول عضو انتخاب گردیده اند. با توجه به ابعاد مدل های سازه های اصلی، اعضای فشاری دارای

دو مقدار اندازه ۲۰۰۰ و ۲۴۴۹ میلی متر خواهند بود که محل قرارگیری اعضای ۲۰۰۰ میلیمتری در لایه های بالا و پایین سازه و اعضای باطول ۲۴۴۹ میلیمتر در لایه قطری می باشد.

هر یک از اعضای فشاری با این دو اندازه طول و پنج مقدار ناکاملی ذکر شده آنالیز و تحلیل شده اند. برای تحلیل رفتار عضو فشاری خرپایی به روش اجزای محدود با فرض وجود انحنای اولیه, اعضای مزبور به ده جزء تقسیم شده و رفتار هریک از این اجزا با المان تیر لاغر مدلسازی شده است.

۲-۲- مدلسازی و تحلیل اعضای فشاری

با استفاده از نرم افزار المان محدود LUSAS که از قابلیت های خاصی در زمینه حل مسائل پیچیده سازه ای برخوردار است, هر عضو فشاری بصورت سه بعدی و با المان Thin Beam مدلسازی گردیده اند. در این نوع المان از اثرات تغییر شکل های برشی صرفنظر شده و تغییر مکانها در امتداد محور Y از مرتبه سوم می باشد.

با توجه به اینکه نیمرخ فولادی لوله ای در سازه های فضایی بسیار متداول میباشد، بنابراین در مطالعه حاضر نیز از نیمرخهای لوله ای با شعاع خارجی ۴۱/۲۷۵ میلی متر و ضخامت ۹/۵۲ میلی متر استفاده گردیده است. تنش تسلیم مصالح ۳۶۰ نیوتن بر میلیمتر مربع و مقدار مدول یانگ ۲۱۰۰۰۰ مگاپاسکال اختیار شده است و لاغری مربوطه در حدود عدد ۷۶ می باشد.

برای آنالیز اعضای فشاری به روش اجزای محدود فرضیات زیر درنظر گرفته شده است:

۱- رابطه تنش وکرنش مصالح بصورت الاستیک – پلاستیک کامل درنظر گرفته شده است.

۲- مقطع عضو در طول آن متقارن و ثابت فرض گردیده است.

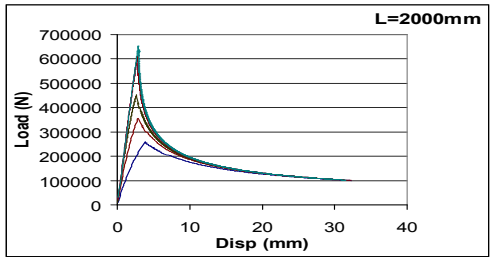
۳- اگر عضو فشاری کاملاً مستقیم و مصالح کاملاً متجانس و تاثیر بار کاملاً محوری باشد، شرایط فشار ساده برآورده می شود واما عضو فشاری ایده آل با مشخصات مذکور عملاً وجود ندارد و بهر حال ناکاملی هایی از قبیل انحنای اولیه عضو, خروج از مرکزیت در اعمال بار محوری, تنش های پسماند در مقطع عضو و... ممکن است در عضو فشاری خمش ایجاد کرده و ظرفیت باربری آن را کاهش دهد. در تحقیق حاضر، انحنای اولیه بعنوان ناکاملی اولیه عضو فشاری در وسط عضو دارای مقدار حداکثر بوده و متقارن می باشد.

۴- فرض شده اعضای فشاری ناپایداری موضعی(ضعف موضعی مانند ناهمگن بودن مصالح در حجم عضو و تغییرات موضعی در خواص مصالح و ...) ندارند.

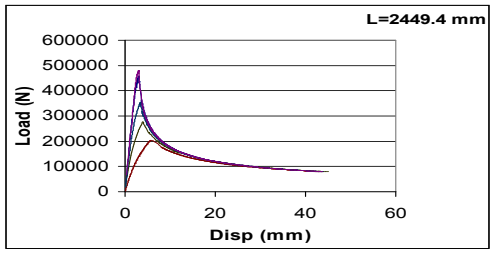
۵- برای تعیین واکنش بارمحوری – تغییرمکان محوری عضو فشاری هر دو عامل غیرخطی مصالح و غیرخطی هندسی مدنظر قرار گرفته است.

۲-۳- منحنی بار- تغییرمکان محوری اعضای فشاری

نمودارهای بار- تغییر مکان محوری و جدول مربوط به بار بحرانی حاصل از تحلیل غیرخطی ده عضو فشاری با ناکاملی های گوناگون که قبلاً ذکر گردید در شکلهای (۱) و(۲) نشان داده شده است.

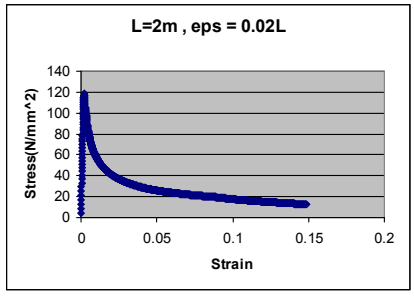


شکل ۱- نمودار بار-تغییرمکان محوری اعضای فشاری ۲ متری



شکل ۲- نمودار بارتغییرمکان محوری اعضای فشاری ۲/۴۴۹ متری

با تقسیم کردن مقدار بار وارده بر سطح مقطع عضو، تنش در نقطه مورد نظر و از تعیین نسبت تغییر طول به طول اولیه عضو، کرنش در آن نقطه بدست می آید. بنابراین نمودارهای تنش _کرنش اعضای فشاری را می‌توان ترسیم نمود که یک نمونه از منحنی‌های مربوط به اعضای دو متری در شکل (۳) نشان داده شده است،



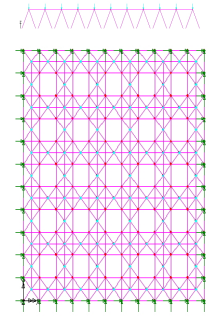
شکل ۳- منحنی تنش کرنش عضو فشاری ۲ متری باناکاملی ۰/۰۲ طول عضو

از روی نمودارها مشخص می گردد که اعضای فشاری مورد نظر نسبت به ناکاملی های اولیه حساس بوده و با افزایش میزان ناکاملی، مقادیر بار بحرانی و سختی پس کمانشی منفی اعضا بشدت کاهش می یابد.

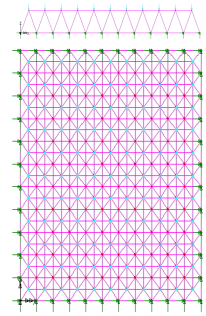
بااستفاده از این منحنی ها و نتایج حاصله می توان مقادیر تنش و کرنش را برای هر عضو فشاری در نقاط مختلف دلخواه از جمله نقطه بحرانی کمانش بدست آورد و برای مشخص کردن رفتار عضو فشاری در مدل های اصلی معرفی کرد.

۳- ابعاد و مشخصات هندسی مدل های اصلی

دو مدل سازه ای برای تحقیق انتخاب گردیده اند که هر دو دارای دهانه های با ابعاد ۲۲×۲۲ متر در لایه پایین و ابعاد ۲۰×۲۰ متر درلایه بالا می باشند و ۲ متر ارتفاع بین لایه ها است. سازه هاکلاً در لایه پایین و در روی گره های هر چهار لبه، دارای تکیه گاه هستند، شکل های (۴و۵).



شکل ۴- مدل ۱



شکل ۵- مدل ۲

دو مدل مورد مطالعه دارای ابعاد و اندازه های یکسانی ازنظر طول و عرض دهانه، ارتفاع بین لایه ها و طول و مقطع اعضایشان می باشند. لیکن آرایش مدل شماره (۱) بصورت مربع روی مربع و آرایش مدل شماره (۲) بصورت مربع روی مربع بزرگتر می باشدکه در حقیقت حالت بهینه سازی شده مدل اول است که دارای تعداد عضو کمتری است.

انتخاب این دو مدل مختلف ،امکان بررسی بیشتر تاثیر ناکاملی بر افت مقاومت سازه ها و نیز مقایسه این دو مدل را که از نظر آرایش عضوی باهم متفاوتند به ما می دهد.

مشخصات و اندازه های عضوی در نظر گرفته شده برای هر دو مدل، مطابق با مشخصات اختصاص یافته برای آنالیز اعضای فشاری می باشد. و از نتایج تحلیل اعضای فشاری برای معرفی رفتار غیر خطی اعضای ناکامل در مدل های حاضر بهره گرفته شده است.

۳-۱- بارگذاری و تکیه گاه ها

بارگذاری روی سازه ها بصورت متمرکز بوده و بار اولیه ۱۰۰۰ نیوتن روی تمام گره های لایه بالایی و در جهت ثقلی اعمال گردیده است. با توجه به غیرخطی بودن تحلیل، بارهای وارده بصورت افزایشی (Incremental) تا ناپایداری کلی سازه اعمال گردیده است. تکیه گاه های مفروض نیز از نوع مفصلی بوده در تمام گره های لبه ای لایه پایین در نظر گرفته شده‌اند.

۳-۲- مقادیر ناکاملی های اختصاص یافته در مدلسازی و تحلیل سازه ها

پنج مقدار ناکاملی از نوع انحنای اولیه عضوی که عبارتند از ۰/۰۰۰۵ و ۰/۰۰۱ و ۰/۰۰۵ و ۰/۱ و ۰/۰۲ طول عضو، برای تمامی اعضای هر دو مدل اختصاص یافته و مورد تحقیق و تحلیل قرار گرفتند.

۳-۳- توزیع ناکاملی های مدلهای اصلی

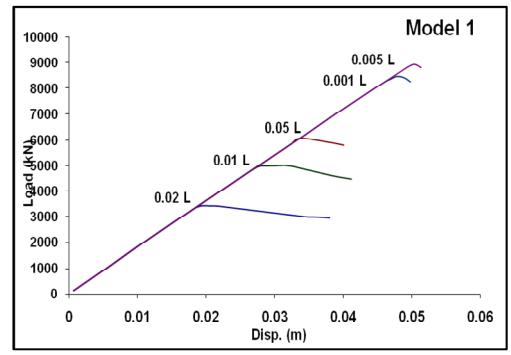
توزیع ناکاملی به دو صورت در مدلها انجام یافته است، الف – بصورت یکنواخت در تمام اعضای سازه. ب– بصورت تصادفی در ناحیه بحرانی سازه.

٤- تحلیل غیرخطی مدل های اصلی با توزیع یکنواخت ناکاملی های یکسان

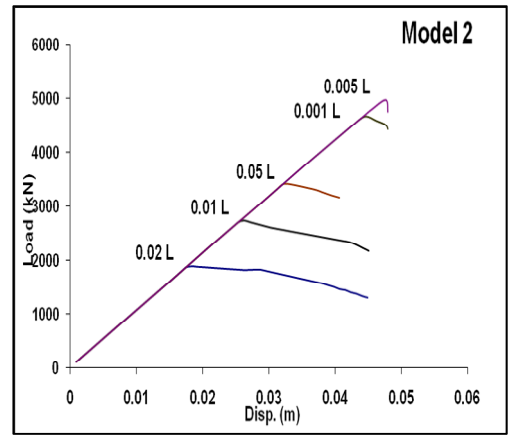
با انتخاب مصالح بصورت ایزوتروپیک در نرم افزار المان محدود LUSAS و تعریف مقادیر تنش و کرنش در هر دو محدوده خطی و غیر خطی حاصل از آنالیز اعضای فشاری به راحتی می توان ناکاملی‌های مختلف مورد نظر را به عضوهای دلخواه در مدل اصلی اختصاص داده، مدل را مورد تحلیل قرار داد. که در این قسمت مقادیر ناکاملی بصورت یکسان برای تمام اعضا اختیار گردیده اند. به بیان دیگر، هر مدل با در نظر گرفتن یک مقدار ناکاملی برای تمامی اعضایش تحلیل گشته است.

٤-۱- نتایج حاصل از تحلیل مدل ها

با توجه به وجود پنج مقدار ناکاملی مختلف و دو مدل سازه ای گوناگون، جمعا" ۱۰ بارتحلیل غیرخطی مجزا برای مدل ها (مدل شماره (۱) با پنج مقدار ناکاملی یکنواخت برای همه اعضا و مدل شماره (۲) با همان پنج مقدار ناکاملی یکنواخت برای همه اعضا) انجام گردید و منحنی های بار کلی وارده– تغییر مکان گره وسط لایه پایین برای آنها رسم گردید که در شکلهای شماره (۶) و(۷) نشان داده شده است.



شکل ۵- منحنی بار- تغییر مکان گره میانی لایه پایین مدل(۱) با توزیع یکنواخت ناکاملی ها



شکل ۶- منحنی بار- تغییر مکان گره میانی لایه پایین مدل(۲) با توزیع یکنواخت ناکاملی ها

با بدست آوردن نسبت مقاومت نهایی مدلها به ازای هر ناکاملی به مقاومت نهایی با ناکاملی ۰/۰۰۰۵ طول اعضا(که نزدیک ترین حالت به شرایط ایده آل در میان ناکاملی های مفروض است)، افت مقاومت مدلها نسبت به این مقدار را می توان مشاهده کرد. در مدل شماره (۱) این افت برای ناکاملی ۰/۰۰۱ طول عضو درحدود ۶ درصد وبرای ناکاملی ۰/۰۰۵ طول عضو حدود ۳۰ درصد می باشد که در مقایسه با حالت قبلی، افت نسبتاً شدیدتری را شاهد هستیم. این روند با افزایش ناکاملی ادامه میابد بطوریکه به ازای ناکاملی ۰/۰۱ طول اعضا، حدود ۴۲/۵ درصد و به ازای ناکاملی ۰/۰۲ طول اعضا در حدود ۵۵ درصد افت مقاومت کلی سازه را خواهیم داشت.

ضمناً لازم به توضیح است که وجود شیب منفی پس از رسیدن به مقاومت نهایی سازه به این دلیل می باشد که ابتدا اعضایی که در ناحیه بحرانی (همانند اعضای اطراف تکیه گاهها و اعضای موجود در ناحیه وسطی سازه), دچار کمانش شده سپس بدلیل بازپخش نیروهای وارده, کم کم سایر اعضا دچار کمانش می شوند تا زمانیکه سازه دچار کمانش کلی گردد.

با مقایسه منحنی ها و اعداد بدست آمده مشاهده می گردد با افزایش میزان ناکاملی، مقاومت نهایی سازه کاهش و شکل پذیری آن افزایش پیدا می کند و سازه نسبت به ناکاملی حساسیت زیادی از خود نشان می دهد.

۵- تحلیل غیر خطی مدل اصلی شماره (۱) باتوزیع تصادفی ناکاملی های مختلف

برای بررسی چگونگی تاثیر ناکاملی اولیه هندسی برروی ظرفیت باربری سازه های فضاکار تخت ، روند ارزیابی و تحلیل را با استفاده از مفاهیم آمار و احتمالات ریاضی در مدل شماره (۱) گسترش و بسط داده ایم. ابتدا فرض گردیده است که مجموعه ای از ناکاملی های مختلف بین اعضای سازه وجود دارد، بعبارت دیگر بجای درنظر گرفتن تنها یک مقدار یکنواخت ناکاملی برای همه اعضای مدل سازه و تحلیل آن، مجموعه ای ترکیبی از ناکاملی های مختلف را روی آن توزیع نموده ایم.

۵-۱- ناکاملی ها و اطلاعات آماری مفروض

نوع ناکاملی مانند قبل انحنای اولیه هندسی عضوی انتخاب شده است. تعداد ناکاملی های توزیعی باید بر اساس اطلاعات آماری حاصل از تولیدات کارخانه ای تنظیم گردد که در این مقاله مطابق جدول شماره(۱) که مقدار میانگین آن برابر ۰/۰۰۳۹ و مقدار انحراف استاندارد برابر ۰/۰۰۴۷ فرض گردیده است.

باتوجه به اینکه وجود عضو ایده آل بدون ناکاملی در عمل غیرممکن است، ناکاملی متوسط پایه برای همه اعضای مدل سازه برابر ۰.۰۰۱ طول عضو انتخاب گردیده است.

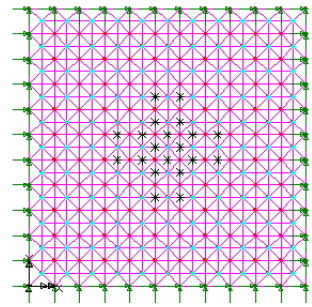
جدول شماره ۱- میانگین ناکاملی و مقدار انحراف استاندارد

مقدار ناکاملی	0.005L	0.001L	0.005L	0.01L	0.02L
درصد کلی	15	40	30	10	5
تعداد	3	8	6	2	1

۵-۲- تعیین ناحیه بحرانی مدل و توزیع ناکاملی ها

مقادیر ناکاملی ها، در بحرانی ترین نقاط مدل سازه که شامل اعضای تحت تنش فشاری ماکزیمم هستند، پخش شده است. بنابراین گام نخست، عبارت از تعیین اعضای تحت تنش فشاری بیشتر حاصل از بارگذاری در مدل سازه می باشد.

با استفاده از نرم افزار Lusas ، اعضای بحرانی که قبل از سایر عضوها دچار کمانش می شوند، تعیین و بصورت ضربدر در شکل مربوطه مشخص گردیده اند. شکل (۷).

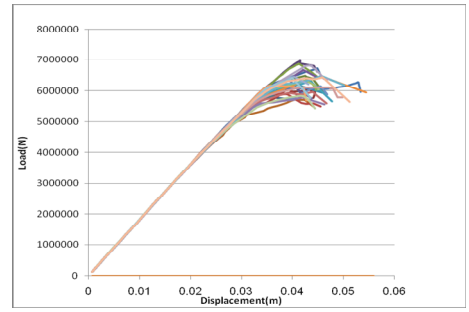


شکل۷- اعضای بحرانی مدل مورد مطالعه

آنچه که از شکل هم برمی آید اعضای لایه بالایی اطراف گره مرکزی سازه، اعضایی هستند که قبل از سایر عضوها دچار کمانش می شوند و ناحیه بحرانی مورد نظر، جهت توزیع ناکاملی های گوناگون را تشکیل میدهد. که این توزیع بصورت کاملاً تصادفی در این ناحیه انجام می گردد.جمعاً ۳۰ نمونه مختلف با توزیع کاملاً تصادفی مدلسازی و تحلیل گردیده است.

۵-۳- نتایج حاصل از تحلیل

مقادیر مقاومت نهایی بدست آمده حاصل از تحلیل غیر خطی هریک از مدل ها همراه با منحنی های مربوطه در زیر نشان داده شده است. شکل(۸)



شکل۸- منحنی های بار-تغییرمکان حاصل از ۳۰ توزیع تصادفی مختلف

همانطور که از منحنی ها مشخص می شود، هر توزیع تصادفی مختلف، منحنی با شکل تقریباً متفاوت و مقدار مقاومت نهایی مجزا حاصل می کند. که مقادیر مقاومت نهایی بین عدد ۶۹۵۰۸۸۹ نیوتن و ۵۷۲۸۷۹۳ نیوتن متغیر است. بعبارت دیگر با وجود مساوی بودن مقادیر ناکاملی در هر بار توزیع، مقادیر بدست آمده برای مقاومت نهایی متفاوت بوده وتعیین یک مقدار مقاومت نهایی کلی برای حالت توزیعی تقریباً غیرممکن است. در حالت کلی نسبت افت مقاومت نهایی مدل ها به مقاومت نهایی مدل با ناکاملی یکنواخت ۰/۰۰۱ طول اعضا بین عدد ۰/۸۳ و ۰/۶۸ می باشد. به عبارت دیگر سازه افت مقاومتی بین ۱۷ درصد تا ۳۲ درصد را نسبت به حالت نرمال از خود نشان می دهد.

اما برای تحقیق در مورد نقش تعیین کننده ناحیه بحرانی در مقاومت نهایی مدلها، سه مدل دیگر با مشخصات مشابه تحلیل گردیدند. این مدلها برگرفته از ۳ مدل دلخواه منتخب از میان مدلهای قبلی توزیعی بودند. با این تفاوت که علاوه بر ناحیه بحرانی، ناحیه دوم هم دارای ناکاملی های مختلف بودند. به عبارت دیگر با فرض ثابت بودن تعداد و توزیع ناکاملی های ناحیه بحرانی، ناکاملی های مختلف دلخواهی در ناحیه غیر بحرانی نیز پخش گردیدند. نتایج حاصل از این تحلیل ها نشان داد که مقاومت نهایی این مدل ها کمتر از ۱ درصد با مدل های توزیعی مرجع اختلاف دارند. و این نتیجه نشانگر بهینه بودن انتخاب ناحیه بحرانی برای توزیع ناکاملی های مشخص شده می باشد. زیرا کاهش پخش ناحیه توزیع ناکاملی از کل سازه به یک ناحیه محدود(ناحیه بحرانی)، باعث صرفه جویی در زمان اختصاص یافته برای مدلسازی می گردد و نتایج حاصله از دقتی بیش از ۹۹ درصد برخوردار خواهند بود.

٦-نتیجه گیری

در این قسمت سعی می شود که با استفاده از نتایج مبحث قبل و بدون توضیح مجدد جزییات به جمع بندی وارائه نتایج کلی مقاله پرداخته شود:

۱- اعضای فشاری سازه های فضاکار دولایه تخت نسبت به ناکاملی هندسی اولیه حساس هستند بطوریکه با افزایش میزان ناکاملی، مقادیر بار بحرانی و سختی پس کمانشی منفی اعضا به شدت کاهش می یابد.

۲- در سازه های فضاکار دولایه تخت وجود ناکاملی هندسی اولیه باعث افت مقاومت نهایی می گردد و با افزایش میزان ناکاملی اولیه، میزان افت مقاومت نیز افزایش می یابد به گونه ای که درمدل سازه ای این پایان نامه با ناکاملی اولیه هندسی عضوها به

اندازه ۰/۰۰۱طول عضو،که بصورت یکنواخت در تمام اعضای سازه وجود دارد، درحدود ۶ درصد و با ناکاملی اولیه هندسی یکنواخت به اندازه ۰/۰۰۵طول اعضا در حدود ۳۰ درصد افت مقاومت نسبت به سازه ای با ناکاملی اولیه هندسی یکنواخت به اندازه ۰/۰۰۰۵ طول عضو را شاهد هستیم. این مقدار افت برای سازه هایی با ناکاملی های اولیه یکنواخت ۰/۰۱ و ۰/۰۲ طول عضو بترتیب برابر با ۴۲/۵ درصد و ۵۵ درصد خواهد بود.

۳- برای دو مدل سازه ای درنظر گرفته شده در این مقاله، نسبت های افت مقاومت نهایی تقریباً یکسانی به ازای ناکاملی های یکسان بدست آمد که هر دومدل از نظر ابعاد و هندسه و مقاطع اعضا دقیقاً مساوی بودند و تنها نحوه آرایش اعضا اندکی باهم تفاوت داشت. البته مقاومت نهایی مدل شماره(۲) با توجه به آرایش اعضایش کاهش نسبتاً چشمگیری را از خود نشان داد.

۴- با توزیع تصادفی ناکاملی های اولیه اعضا در سازه های فضاکار تخت دولایه مورد بررسی، مقادیر مقاومت نهایی حاصل از تحلیل غیرخطی در یک بازه عددی قرار می گیرد. بعبارت دیگر برای مدلهای باتوزیع تصادفی، پاسخ های متفاوتی برای مقادیر مقاومت نهایی حاصل می شود. برای مثال با فرض مدلی با ناکاملی یکنواخت اولیه ۰/۰۰۱ طول عضو بعنوان سازه مرجع، توزیع تصادفی ناکاملی های گوناگون در این سازه، باعث افتی مابین ۱۷ تا ۳۲ درصد خواهد گردید.

۵- برای محاسبه مقاومت نهایی سازه ناکامل، انتخاب ناحیه بحرانی (ناحیه ای از سازه که دارای تنش های فشاری ماکزیمم می باشد) بجای کل سازه برای پخش ناکاملی های مختلف، پاسخ هایی به نفع اطمینان و با دقت قابل قبول می دهد وموجب صرفه جویی در زمان لازم برای مدلسازی و انجام محاسبات مربوطه می گردد.

۶- مقادیر مقاومت نهایی سازه های فضاکار تخت دولایه با توزیع تصادفی ناکاملی ها بستگی دارد به موقعیت قرارگیری آن ناکاملی ها در ناحیه پخش(ناحیه بحرانی).

۷- مراجع

۱- راماسوامی، تحلیل، طراحی و ساخت سازه های فضایی فولادی، ترجمه دکتر علی کاوه، فرهاد کروبی و جعفر کیوانی، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن ، ۱۳۸۳

۲- چاجس، ا، اصول نظریه پایداری سازه ها، ترجمه کاوه، ع و برخورداری، م، و حکیما، ب، مرکز نشر دانشگاهی، ۱۳۶۴

۳- عابدی، ک، رفتار ناپایداری و تحلیل خرابی سازه های فضاکار، نخستین کنفرانس ملی سازه های فضاکار، دانشگاه تهران، ۱۳۷۹

۴- شیدایی، م. و عابدی، ک، و بهروش، ع، بررسی رفتار کمانشی اعضای فشاری به روش اجزای محدود ،مجله علم و صنعت ایران شماره ۲۰-۷ ;B1 ، ۱۳۸۱

۵- نیکوکار، م و چلویان، م، آمار و احتمال (۱)، انتشارات فرناز، ۱۳۷۸

6- Sheikh, A.I.EL. Sensitivity of Space Trusses to Member Geometric Imperfections , International Journal of Space Structures vol. 10 No.2 1995.

7- A.I.EL.Sheikh , Effect of Geometric Imperfections on Single Layer Barrel Vaults , International Journal of Space Structures vol. 17 No.4 2002.

8- Gioncu, V. Buckling of Reticulated Shells: State of the art, Intenational Journal of Space Structures, Vol 10, No.1, 1995.

9- Sheidaii, M.R & Parke, G.A.R & Abedi,K, An investigation into the collapse behavior of Double Layer grid structure , Iraninan Journal of Science and Technology, Vol.27 No.B1 ,7-20 , 2003.

The Effect of Initial Geometric Imperfection on the Load Bearing Capacity of Double Layer Grid Space Structures

F. Barzegar
Civil Engineering Office, East Azarbaijan

M.R. Sheidaii,
Depatment of Civil Engineering, Urmia University, Urmia, Iran

Abstract

The existence of some geometrically imperfect members, like initial curvature in a double layer space structures with hundreds or thousands of members is almost inevitable. These imperfections give rise to loss of load bearing capacity of double layer space structures. To evaluate the effect of initial member imperfection on load bearing capacity of double layer space structures and their failure behavior, two models of double layer space structures were considered and analyzed nonlinearly by different member imperfection values. The distribution of imperfections was carried out in two ways: 1-uniform distribution, 2- random distribution. In uniform distribution one amount of imperfection was considered and performed to all of the members, but in random distributions, different amounts of imperfections were considered and performed to members and then the structure was analyzed. The results of these analyses were presented with load- displacement figures and they showed loss of overall strength of structures due to initial member imperfections, so that the greater amount of initial imperfection led to increase in the loss of strength. With random distribution of imperfections, results showed 17 to 32 percent loss of strength with respect to the normal condition.

Keywords:

Imperfection, double layer grid space structure, bearing capacity, failure behavior