دانشکده مهندسی

گروه مهندسی مکانیک

تحلیل قابلیت اطمینان و بهینه سازی خرپاهای فضائی

نگارنده:

مجتبی آقامیری اصفهانی

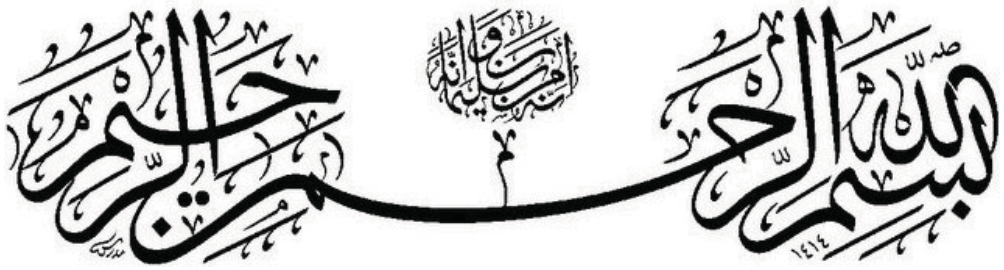
پایان‌نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

در رشته مهندسی هوا فضا گرایش سازه‌های فضائی

استاد راهنما:

دکتر فرهاد کلاهان

شهریورماه ۱۳۹۰


بسم الله الرحمن الرحيم
١٤١٤

صورت جلسه دفاعیه پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد(صفحه ارزیابی)

پایان‌نامه حاضر تحت عنوان

" تحلیل قابلیت اطمینان و بهینه سازی سازه‌های فضائی "

که توسط آقای **مجتبی آقامیری** تهیه و به هیأت داوران ارائه شده به عنوان کار پژوهشی دوره کارشناسی ارشد **ناپیوسته هوا-فضا** درگرایش **سازه‌های فضائی** مورد تأیید شورای تحصیلات تکمیلی گروه مکانیک دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد می‌باشد.

تاریخ دفاع: / / ۱۳ نمره: درجه ارزشیابی:

نام و نام خانوادگی	سمت	امضاء
دکتر فرهاد کلاهان	استاد راهنما	امضاء

اعضاء هیأت داوران:

استاد داور امضاء

استاد داور امضاء

-نماینده تحصیلات تکمیلی امضاء

تعهد نامه

اینجانب **مجتبی آقامیری اصفهانی** دوره **کارشناسی ارشد** .دانشکده **مهندسی** ، نویسنده پایان نامه : **تحلیل قابلیت اطمینان و بهینه سازی خرپاهای فضائی** تحت راهنمایی **آقای کلاهان** متعهد می شوم:

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده و از صحت و اصالت برخوردار است
- در استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است.
- مطالب مندرج در پایان نامه تا کنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است.
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه فردوسی مشهد می‌باشد و مقالات مستخرج با نام ((دانشگاه فردوسی مشهد)) و یا ((Ferdowsi University of Mashhad)) به چاپ خواهد رسید.
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیر گذار بوده اند در مقالات مستخرج از رساله رعایت شده است.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که از موجود زنده (یا بافتهای آن)استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است، اصل راز داری، ضوابط و اصول اخلاقی انسانی رعایت شده است.

تاریخ

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، کتاب، برنامه های رایانه ای، نرم افزارها و تجهیزات ساخته شده) متعلق به دانشگاه فردوسی مشهد می‌باشد. این مطلب باید در مستندات علمی مربوطه ذکر شود.

استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد.

❖ متن این صفحه نیز باید در ابتدای نسخه های تکثیر شده وجود داشته باشد

مجوز بهره‌برداری از پایان‌نامه

بهره‌برداری از این پایان‌نامه در چهارچوب مقررات کتابخانه و با توجه به محدودیتی که توسط استاد راهنما به شرح زیر تعیین می‌شود، بلامانع است:

☐ بهره‌برداری از این پایان‌نامه/ رساله برای همگان بلامانع است.

☐ بهره‌برداری از این پایان‌نامه/ رساله با اخذ مجوز از استاد راهنما، بلامانع است.

☐ بهره‌برداری از این پایان‌نامه/ رساله تا تاریخ ..... ممنوع است.

نام استاد یا اساتید راهنما:

تاریخ:

فهرست مطالب

فصل 1: معرفی سازه های فضا کار 10

1-1- مقدمه 11
1-2- تعریف سازه‌های فضا کار 12
1-3- ویژگی‌ها و امتیازات سازه‌های فضا کار 12
1-4- انواع سازه‌های فضا کار 14
1-4-1- سازه‌های اسکلتی فضا کار 15
1-4-2- سازه‌های کششی 20
1-4-3- سازه‌های بادشو 20
1-4-4- سازه‌های چادری 20
1-4-5- سازه‌های تاشو 21
1-4-6- سازه‌های ماهواره‌ای 22
1-5- اجزای سازه‌های فضا کار 22
1-5-1- عضوها 22
1-5-2- پیوندهها 22
1-5-3- سیستم‌های واحدی 23
سیستم عرشه‌ی فضائی 24
سیستم یونی بت 24
1-6- جمع بندی 25

فصل 2: معرفی روش مونت‌کارلو 27

2-1- روش مشابه سازی مونت‌کارلو 28
2-2- انواع روش‌های مونت‌کارلو 29
2-2-1- روش مونت‌کارلو خام 30
2-2-2- روش قبول و رد 32
2-2-3- روش نمونه گیری طبقهای 33
2-2-4- روش نمونه برداری با اهمیت 33
2-3- اعداد تصادفی و روش‌های نمونه سازی 34
2-3-2- الزام‌های اساسی در تولید اعداد اتفاقی 35
2-4- کاربردهای روش مونت‌کارلو در علوم مختلف 36
2-4-1- کاربرد در فیزیک 36

2-4-2- کاربرد در شیمی 36
2-4-3- کاربرد در ریاضیات 37
2-4-4- کاربرد در اقتصاد 37
2-4-5- جمع‌بندی مطالب فصل 37

فصل 3: روش مونت‌کارلو در محاسبه‌ی قابلیت اطمینان سازه 39

3-1- مقدمه 40
3-2- عدم قطعیت‌ها 40
3-3- چهارچوب طراحی بر اساس ریسک 41
3-4- مزایا و معایب روش‌ها 47
3-3- دلایل عدم استفاده از تحلیل‌های احتمالی 47
3-6- کاربرد روش شبیه‌سازی مونت‌کارلو در تحلیل قابلیت اطمینان سازه 48
3-7- تحلیل استاتیکی 50
3-7-1- تغییر مکان‌ها و نیروهای عضو در محورهای کلی و محلی 50
3-7-2- درجه‌های آزادی و نامعینی استاتیکی 51
3-7-3- رابطه‌های لازم برای تحلیل استاتیکی خرپاهای فضایی 52
3-8- تحلیل دینامیکی 53
3-8-1- بسامدهای طبیعی و شکل مودها 54
3-8-2- حل گام به گام روش نیومارک 57
3-9- تحلیل احتمالی 59
3-9-1- مشخصه‌های هندسی 59
3-9-2- مشخصه‌های مکانیکی 59
3-9-3- بارها 59
3-9-4- محاسبه احتمال خرابی عضوها 60
3-10- مراحل انجام تحلیل توسط برنامه 60
3-11- جمع‌بندی مطالب بیان شده 61

فصل 4: بهینه سازی به کمک روش تبرید تدریجی 63

4-1- مقدمه 64
4-2- روش تبرید تدریجی 64
4-3- الگوریتم متروپولیس 69
4-3-1- همگرایی به نقطه‌ی بهینه 70

4-3-2- پارامترهایSA 70
4-3-3- نقطه شروع 71
4-3-4- فرآیند حل 71
4-3-5- وضعیت حرکت 72
4-3-6- مقدار اولیهٔ دما 72
4-3-7- تابع سرمایش 73
4-3-8- معیار توقف 74

فصل 5: مسائل حل شده 75

5-1- مقدمه 76
5-2- سازه‌ی خرپائی دو بعدی 76
5-3- دکل خرپائی سه بعدی 79
5-4- سازه‌ی خرپائی سه بعدی 83
5-5- محاسبه‌ی قابلیت اطمینان یک خرپای فضائی 580 عضوی 87
5-6- جمع بندی 88

فصل 6: جمع‌بندی و نتیجه‌گیری 90

6-1- مراحل کار 91
6-2- ویژگی‌های روش استفاده شده 92
6-3- پیشنهادات جهت ادامه‌ی کار 92

فصل 7: (پیوست 1) 93

7-1- توصیف چند اصطلاح آماری 94
7-1-2- تابع چگالی احتمال 95
7-1-3- تابع توزیع‌تجمعی احتمال 97
7-1-4- امید ریاضی متغیرهای تصادفی 97
7-1-5- توابع چگالی احتمال متداول 99
7-1-6- تابع چگالی احتمال یکنواخت 99
7-1-7- تابع چگالی احتمال نرمال 100
7-1-8- تابع چگالی احتمال لگ نرمال 101
7-1-9- تابع چگالی احتمال گاما 102
7-1-10- تابع چگالی احتمال مقدار حدی نوع1 103

7-1-11- تابع چگالی احتمال مقدار حدی نوع 2 104
7-1-12- مقادیر انتظاری 105
7-1-13- قضیه حد مرکزی 105

فصل 8: (پیوست 2)بررسی درستی عملکرد کد نرم افزاری تهیه شده 107

8-1- مقایسه‌ی فرکانس‌های طبیعی 108
8-2- پاسخ سازه در مقابل بار دینامیکی 108

فهرست اشکال

شکل (1-1) نمونه‌هایی از شبکه‌های تخت تک لایه 15
شکل (1-2) نمونه‌ای از شبکه‌های تخت دو لایه 16
شکل (1-3) نمونه‌هایی از سازه‌های چلیکی 17
شکل (1-4) چلیک مرکب 18
شکل (1-5) نمونه‌هایی از طرح‌های گنبد 19
شکل (1-6) سیستم عرشهی فضائی 24
شکل (1-7) سیستم یونی بت 25
شکل (2-1) فلوچارت محاسبه‌ی انتگرال 31
شکل (2-2) نحوه‌ی تقسیم بندی فضای نمونه در روش رد و قبول 32
شکل (2-3) فلوچارت تولید اعداد تصادفی 35
شکل (3-1) مفاهیم طراحی بر اساس ریسک 42
شکل (3-2) رابطه‌ی بین روش‌های طراحی و طبیعت اصلی 47
شکل (3-3) تغییر مکان‌ها و نیروهای عضو خرپا گونه 51
شکل (4-1) چگونگی دست یافتن به حالت کم‌ترین انرژی 67
شکل (5-1) نمای شماتیک از مثال سازه خرپائی 2 بعدی 77
شکل (5-2) مراحل بهینه‌سازی سازه 79
شکل (5-3) خرپای فضائی 25 عضوی 80
شکل (5-4) مراحل همگرایی الگوریتم 82
شکل (5-5) نمای خرپای فضائی 3 بعدی 84

شکل (5-6) مراحل بهینه‌سازی سازه 86
شکل (5-7) نمای خرپای فضائی 3 بعدی 88
شکل (7-1) تابع چگالی احتمال 96
شکل (7-2) تابع چگالی احتمال یکنواخت 100
شکل (7-3) تابع چگالی احتمال نرمال 101
شکل (7-4) تابع چگالی احتمال لگ‌نرمال 102
شکل (8-1) پاسخ ناشی از تحریک دینامیکی در درجات آزادی اول 109
شکل (8-2) پاسخ ناشی از تحریک دینامیکی در درجات آزادی دوم 109
شکل (8-3) پاسخ ناشی از تحریک دینامیکی در درجات آزادی سوم 110
شکل (8-4) پاسخ ناشی از تحریک دینامیکی در درجات آزادی چهارم 110
شکل (8-5) پاسخ ترسم شده توسط نرمافزار SAP 2000 در درجهی آزادی اول 111
شکل (8-6) پاسخ ترسم شده توسط نرمافزار SAP 2000 در درجهی آزادی دوم 111
شکل (8-7) پاسخ ترسم شده توسط نرمافزار SAP 2000 در درجهی آزادی سوم 112
شکل (8-8) پاسخ ترسم شده توسط نرمافزار SAP 2000 در درجهی آزادی چهارم 112

فهرست جداول

جدول (5-1) مشخصات هندسی اولیه‌ی اعضای سازه 77

جدول (5-2) مشخصات بارهای اعمالی 78

جدول (5-3) متغیرهای الگوریتم بهینه سازی پس از اصلاح 78

جدول (5-4) سطح مقطع جدید اعضاء پس از اجرای مجدد بهینه سازی 78

جدول (5-5) شرایط بارگذاری سازه 81

جدول (5-6) میزان سطح مقطع اعضاء را قبل و بعد از بهینه‌سازی 82

جدول (5-7) مراحل بهینه‌سازی توسط ساکا و اولکر 82

جدول (5-8) مشخصات بارهای اعمالی 84

جدول (5-9) سطح مقطع جدید اعضای خرپای سه بعدی 85

جدول (5-10) نتایج بهینه‌سازی بدون قید قابلیت اطمینان، ساکا و اولکر 87

جدول (5-11) مشخصات بارهای اعمالی 88

جدول (7-1) انواع متغیر ها در تابع چگالی احتمال 105

مقدمه

یکی از مقولات مهم و مورد توجه برای مهندسان سازه، سبک کردن وزن سازه‌ها، همراه با عدم کاهش قابلیت کارکرد و باربرداری آن‌ها می‌باشد. این مطلب در صنایع مختلف مانند هوافضا، ساختمان و همچنین نفت‌وگاز قابل توجه می‌باشد. در این میان یکی از مواردی که با آن می‌توان کارکرد مناسب سازه‌ها را سنجید، قابلیت اطمینان آن‌ها می‌باشد.

مقوله‌ی قابلیت اطمینان از مباحث نسبتا جدید در مهندسی سازه بوده و در دهه‌های اخیر، بیشتر به آن توجه شده است. ریشه‌ی این بحث در خاصیت عدم قطعیت ذاتی مصالح و همچنین بارگذاری‌های اعمال شده بر سازه می‌باشد. در گذشته با در نظر گرفتن فاکتور ضریب اطمینان، اثرات این عدم قطعیت‌ها لحاظ می‌شد که از دو جهت دارای عیب‌هائی بود، یکی اینکه لازم بود مقدار این ضریب بر حسب تجربیات قبلی تعیین شود و معیار مشخصی برای آن وجود نداشت و دیگر اینکه در اغلب موارد باعث طراحی استحکام بیشتر از حد مورد نیاز و ایجاد هزینه‌ی اضافی می‌گردید. در اغلب تحقیقات فعلی هدف کمینه کردن وزن، و یا بهبود شکل و هندسه سازه بوده است. در مقابل برخی محققین تحلیل قابلیت اطمینان سازه‌ها را در شرایط مختلف مورد بررسی قرار داده‌اند در ادامه به طور مختصر، به برخی از آن‌ها اشاره شده است.

- ساکا و اولکر، 1990، میلادی، بهینه سازی سازه‌ی خرپای فضائی
- حسن چبی و اورباتور، 2000، بهینه سازی چیدمان خرپاها با استفاده از الگوریتم تبرید تدریجی
- کاردوسو و همکاران، 2007، محاسبه‌ی قابلیت اطمینان سازه‌ها با استفاده از روش مونت‌کارلو و الگوریتم شبکه‌ی عصبی
- ژانگ و همکاران، 2010، محاسبه‌ی قابلیت اطمینان سازه با روش مونت‌کارلوی طبقه‌ای

- پراد وارتر و شولر، 2010، شبیه سازی مونت‌کارلو با دامنه‌ی محلی

با این حال، دو مقوله تحلیل قابلیت اطمینان و بهینه‌سازی سازه‌ها عمدتاً به صورت جداگانه بررسی شده‌اند و طراحی بهینه سازه‌ها بر اساس قابلیت اطمینان کمتر مورد توجه قرار گرفته است. هدف از این تحقیق ارائه و پیاده‌سازی روشی جهت طراحی بهین سازه‌ها بر مبنای قابلیت اطمینان است. در این راستا، بهینه‌سازی توسط الگوریتم تبرید تدریجی و با هدف کمینه کردن وزن و با قید حداقل سطح قابلیت اطمینان انجام یافته است. در تحلیل قابلیت اطمینان از رویکرد شبیه‌سازی مونت‌کارلو استفاده گردیده است. نتایج محاسباتی نشان می‌دهد که می‌توان، ضمن حفظ سطح مشخصی از قابلیت اطمینان، وزن سازه را به مقدار قابل توجهی کاهش داد. در این تحقیق، پس از در نظر گرفتن عدم قطعیت‌های موجود در یک سازه‌ی فضائی مانند خرپاهای فضائی، میزان قابلت اطمینان محاسبه شده و پس از آن وزن سازه با حفظ سطح قابلیت اطمینان، کاهش یافته است.

این تحقیق شامل 6 فصل می‌باشد .

در فصل اول به توضیح مختصری جهت آشنائی کلی با خرپاهای فضائی، هندسه و کاربرد آن‌ها پرداخته شده است. در فصل دوم، به معرفی روش شبیه‌سازی مونت‌کارلو پرداخته شده است.

فصل سوم، به کاربرد روش شبیه‌سازی مونت‌کارلو در محاسبه‌ی قابلیت اطمینان سازه‌ها پرداخته است.

چگونگی عملکرد و ساختار الگوریتم تبرید تدریجی در فصل چهارم تشریح شده است.

در فصل پنجم, به محاسبه‌ی قالبت اطمینان و بهینه‌سازی سازه با قید قابلیت اطمینان، با هدف کاهش وزن سازه، برای چند مثال نمونه اختصاص یافته است.

فصل ششم شامل جمع بندی، نتیجه گیری و ارائۀ پیشنهاداتی جهت کارهای آینده می‌باشد.

فصل ۱ :

معرفی سازه های فضا کار

1-1- مقدمه

یک سازه مجموعه‌ای از عضوهای متصل به هم است که برای تحمل بارهای وارده به کار گرفته می‌شود. سازه‌ها به منظور نیاز انسان طرح و اجرا می‌شوند، بنابراین باید از مقاومت و استحکام کافی برخوردار بوده و در جذب نیرو و انتقال آن به محیط، شکل هندسی و مشخصات مکانیکی خود را حفظ نمایند.

هنگامی که صحبت از سازه‌های فضا کار می‌شود نباید نوع خاصی از سازه در ذهن تداعی شود. به بیان دیگر تمام سازه‌ها رفتار سه بعدی دارند و این که چرا سازه‌های فضا کار به عنوان یک پدیده مطرح می‌شوند به علت عدم امکان بررسی رفتار سه بعدی سازه‌ها در گذشته بوده است. در گذشته با توجه به یک مجموعه از اصول و فرضیه‌هایی که برخی از آن‌ها هنوز هم رایج است، سازه‌های سه بعدی را به جزء های ساده مثل قاب‌های مسطح شبیه سازی می‌کردند، در طراحی سازه نقش اصلی به همین جزء ها داده می‌شوند و از اندرکنش آن‌ها نسبت به همدیگر بحثی به میان نمی‌آمد.

امروزه با توجه به استفاده روز افزون از سازه‌های فضا کار و به وجود آمدن نرم افزارهای پیشرفته در عرصه مهندسی ، نوآوری‌هایی در زمینه طراحی و ساخت سازه‌های فضا کار صورت گرفته، به نحوی که شاهد محبوبیت روز افزون این نوع سازه‌ها هستیم. این محبوبیت ناشی از قابلیت منحصر به فرد این سازه‌هاست که شامل پوشش دهانه‌های بزرگ با جلوه‌های زیبا، وزن کم، سادگی تولید، سرعت نصب و... می‌باشد. از طرفی با پیشرفت علم و تکنولوژی، نیازها و خواسته‌های جدید در زمینه مهندسی سازه ایجاد شده است. عامل زمان اهمیت بیشتری یافته و باعث روی آوردن به سازه‌های فضا کار پیش ساخته گردیده است. همچنین با افزایش جمعیت،

ضرورت داشتن فضاهای بزرگ بدون وجود ستون‌های میانی از جمله مراکز خرید ، سوپر مارکت ها و نظیر آن احساس می‌شود. از جمله موارد دیگر کاربرد سازه‌های فضا کار می‌توان به پل‌های بزرگ، سازه‌های ماهواره‌ای، بشقاب‌های مخابراتی و ... اشاره کرد[1].

1-2- تعریف سازه‌های فضا کار

سازه‌های مشبک فضایی از اوایل قرن بیستم میلادی به عنوان گروهی از سازه‌ها که سبک و مقاوم بوده و از سرعت و سهولت اجرا برخوردارند، همواره با فرم‌های متنوع برای عملکردهای گوناگون مورد استفاده قرار گرفته‌اند. این نوع سازه‌ها از اعضای مستقیم ساخته می‌شوند و دارای عملکرد سه بعدی هستند. همچنین با استناد به گزارشی که در رابطه با « وضعیت موجود سازه‌های فضا کار » توسط انجمن بین‌المللی پوسته‌ها و سازه‌های فضایی در سال 1984 انتشار یافت می‌توان تعریف زیر را برای این سازه‌ها در نظر گرفت[1].

یک سازه فضا کار را می‌توان به صورت یک سیستم سازه‌ای در نظر گرفت که از عضوهای خطی تشکیل شده است و طرز قرار گیری آن‌ها به گونه ایست که بارها به صورت سه بعدی منتقل می‌شوند. در بعضی موارد عناصر سازنده ممکن است دو بعدی نیز باشند. یک سازه فضا کار اغلب شکل سطحی صاف یا منحنی گونه‌ای به خود می‌گیرد.

1-3- ویژگی‌ها و امتیازات سازه‌های فضا کار

نیروهای داخلی یک خر پای ایده‌آل فقط محوری است و طرح آن بسیار ساده خواهد بود. خرپای ایده آل، به خر پایی گفته می‌شود که نیروها فقط به گره‌ها وارد شوند، اتصال‌های آن بدون اصطکاک باشند و عضوها نیز مستقیم باشند. سازه‌های فضا کار بارها را با عمل سه بعدی خود

انتقال می‌دهند. بارهایی که به یک نقطه وارد می‌شوند، فقط به وسیله عضوهای منتهی به آن نقطه تحمل نمی‌شوند بلکه با پخش بار به عضوهای متعدد دیگر، آن‌ها هم در تحمل بار کمک می‌کنند. بدین ترتیب می‌توان بارهای متمرکز سنگین را به هر گره انتقال داد. این ویژگی به خصوص در آشیانه نگهداری هواپیماها بسیار مفید است.

این سازه‌ها به علت رفتار سه بعدی، نیروها را در تمام جهت‌ها پخش می‌کنند، بنابراین از استحکام و سبکی خاصی برخوردار هستند و به علت سختی زیاد تغییر شکل کمتری دارند. از طرف دیگر به علت درجه نامعینی بالا، خرابی یک یا چند عضو حتی خرابی قسمتی از سازه باعث خرابی کل سازه نمی‌گردد، البته به شرطی که این عضوها جزء شریان‌های اصلی سازه نباشند[1].

سازه‌های فضا کار به علت استفاده از سیستم پیش ساخته از سرعت ساخت و نصب بالایی برخوردار هستند و می‌توان جزء های سازه را در روی زمین بر روی هم سوار کرده و سقف را به طور یکپارچه بالا برد. همچنین در تولید انبوه، قیمت این قطعه‌ها بسیار پایین می‌آید. ایجاد نور گیر در سازه‌ها یک امر ضروری است که در سازه‌های فضا کار به راحتی امکان پذیر است. برای این کار در محل‌هایی که نیاز به نورگیر می‌باشد از پوشش‌های شفاف یا نیمه شفاف استفاده می‌شود. مفهوم سازه‌های فضا کار با گسترش فضای باز بدون ستون مترادف است. این امر بازدهی فضا را بالا می‌برد و این گسترش، در هر دو بعد به راحتی امکان پذیر است[2]. شکل منظم سازه فضا کار نمایی بسیار خوش آیند دارد و این از لحاظ طراحی معماری بسیار با ارزش است به طوری که اخیر بسیاری از معمارها در سالن‌ها و مکان‌های عمومی از سقف کاذب استفاده نکرده و خود سازه را به نمایش می‌گذارند.

سازه فضا کار به علت داشتن تعداد گره زیاد، تکیه گاه‌های لازم را برای شبکه‌های ارتباطی و تاسیسات و در صورت لزوم سقف کاذب تأمین نموده و موجب صرفه جویی در هزینه کلی می‌گردد

و همچنین امکان نصب جرثقیل ریلی در تمام جهت‌ها را به وجود می‌آورد. این سازه‌ها به علت یکپارچگی، در مقابل نیروهای افقی و بارهای اتفاقی از جمله انفجار و حمله‌های هوایی از انواع دیگر سازه‌ها مقاوم‌تر هستند. توسعه و تکمیل سازه‌های فضا کار به راحتی انجام می‌گیرد و محل تکیه گاه‌ها را در صورت لزوم می‌توان تغییر داد، بدون این که به پایداری سازه لطمه وارد شود. همچنین اگر از نظر معماری ایجاب نماید می‌توان مناسب‌ترین محل را برای ستون طوری تعیین کرد که تغییر شکل سازه کمتر شود. جبران خطای احتمالی و در صورت لزوم تقویت برخی عضوهای سازه نیز به راحتی صورت می‌گیرد. از فاصله بین دو شبکه سازه‌های فضا کار می‌توان برای تاسیسات و مانند آن سود برد. همچنین ایجاد شکل‌های هندسی مختلف به وسیله سازه‌های فضا کار مقدور است.

1-4- انواع سازه‌های فضا کار

سازه‌های مهندسی و معماری که عملکرد سه بعدی داشته و از نوع سازه‌های فضا کار محسوب می‌شوند بسیار متنوع هستند، که نمونه‌هایی از آن عبارتند از :

1- سازه‌های اسکلتی فضا کار که شامل شبکه‌های تخت، سازه‌های چلیکی و گنبدهای فضا کار می‌باشد.

2- سازه‌های کششی

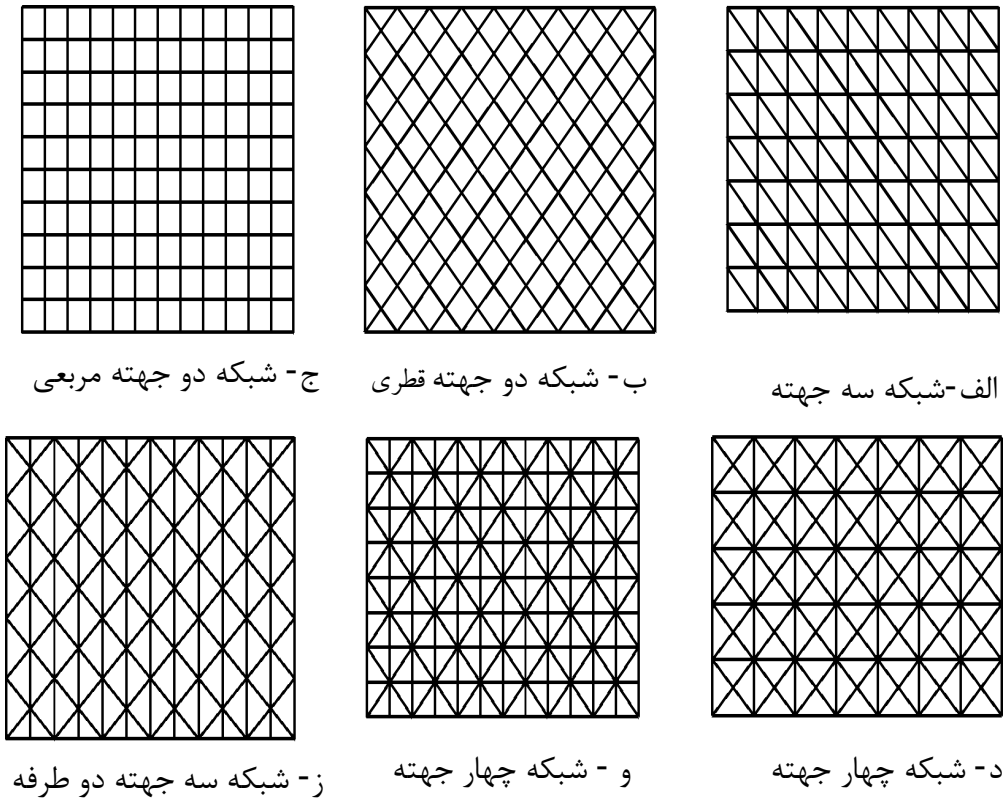
3- سازه‌های تاشو

4- سازه‌های ماهواره‌ای

1-4-1- سازه‌های اسکلتی فضا کار

شبکه‌های تخت

شبکه‌ها از نظر شکل هندسی همانند قاب‌های مستوی هستند، با این تفاوت که در شبکه‌ها بارهای اعمالی تنها در صفحه سازه به آن‌ها اعمال نمی‌شود[3]. شبکه‌های تخت می‌توانند دارای یک، دو یا سه و حتی چند لایه باشند ولی بیشتر به صورت دو لایه مورد استفاده قرار می‌گیرند. شبکه‌های دو لایه از دو صفحه موازی که به وسیله عناصری به هم متصل گردیده‌اند تشکیل می‌شوند. در شکل‌های(1-1) و (1-2) به ترتیب نمونه‌هایی از شبکه تک لایه و دو لایه نشان داده شده است.



شکل (۱-۱) نمونه‌هایی از شبکه‌های تخت تک لایه