



بررسی سازه های چادری از نقطه نظر معماری و طراحی سازه

آناهیتا قربانی

دانشجوی کارشناسی ارشد تکنولوژی معماری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد دامغان AaNaaHiTaa5300@yahoo.com

چکیده

نزدیک به چند دهه است که سیستم سازه های کششی یا غشایی بدلیل ویژگیهای منحصر بفرد خود در صنعت ساختمان مورد توجه قرار گرفته است. 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 هاست. در این مقاله، سازه های غشایی از نقطه نظر مباحث سازه های کششی در قسمت سازه های غشایی (پارچه ای)، مورد تحلیل و بررسی قرار گرفته شده است. این سازه ها می توانند به عنوان پوششی برای بناها، زمینهای بازی، باغها، تراسها، پارکینگ ها و ... و با نورپردازی خلاقانه به عنوان یک فضای شهری مطلوب و شاخص جلوه کنند. مصالح مورد استفاده در این نوع سازه ها (عموماً پارچه ای) چه از نظر زیبایی شناسی و چه از نظر عملکرد با کلیه مصالح متعارف و متداول در صنعت ساختمان متفاوت می باشند. سازه های کششی به خاطر خواص فیزیکی و شکل هندسی شان نیز از دیگر سازه ها متمایزند و می توانند به عنوان سازه های دائم، موقت یا با قابلیت جابجایی استفاده شوند. این سازه ها نه تنها سبک، بلکه زیبا، نیمه شفاف و همچنین دارای طول عمر زیاد و غالباً نیز اقتصادی می باشند.

واژه های کلیدی: سازه، غشا، چادر، دیرک، کابل، کشش



مقدمه

سازه پارچه ای کششی غشایی است که می تواند بارهای وارده تحت کشش تحمل کند. این سطوح با حداقل مساحت کارایی زیادی داشته و از بسیاری سیستم های دیگر به مصالح کمتری نیاز دارد. به این دلیل که غشا می تواند مانند یک تیر در برابر خمش و مانند ستون در برابر کمانش مقاومت کند، این سیستم ها بسیار سبک هستند. در واقع اعضای فشاری که چادرها را تحمل می کنند، اغلب وزنی برابر غشای کلی دارند. در حالی که سازه های هوای فشرده یک غشا را به وسیله فشار هوای داخلی تحت تنش کششی قرار می دهند، سازه های چادری به وسیله اعضای صلب مانند قطعات فشاری، مهار بندی های طنابی و قوس ها نگه داشته می شوند. سیستم های کابلی هم به تنش کششی متکی هستند، اگر چه کابل ها بارها را در امتداد خطوطی نازک متمرکز می کنند، ولی سازه های چادری تنش کششی را در سرتاسر یک سطح عریض توزیع می کنند.

روش تحقیق

روش گرد آوری اطلاعات به صورت تحقیقی و به صورت مطالعاتی و پژوهش میدانی و نمونه ها به صورت کتابخانه ای انجام شده و سعی شده از جدیدترین و به روز ترین اطلاعات و منابع و حتی نمونه ها استفاده شود.

تاریخچه

با وجود ناپایداری غشاها، از زمانهای بسیار دور بشر با قوه ابتکار و نبوغ خود توانسته است راهها و وسا یلی برای استفاده از غشا در کاربردهای سازه ای بیابد، به طور مثال عشایر ایران، سرخپوستان آمریکا و قبیله های عرب برای هزاران سال از چادرها استفاده کرده اند، سبکی وزن این سیستم های سازه ای و استفاده موثر از مصالح محدود از مزایای این سیستم است. نزدیک ۲۰۰۰ سال پیش تصمیم گرفته شد که آمفی تئاتر روم باستان با یک سقف چادری متحرک، با استفاده از تکنولوژی مشابه بادبان های کشتی، پوشیده شود. اخیرا سازه های چادری بزرگتر برای پوشاندن نمایشگاه هایی مانند سیرک ها استفاده می شوند. اما در واقع استفاده جدی در معماری با ظهور کار فرای اوتو و دیگران در پی جنگ جهانی دوم شروع شد. وی پیوسته دنبال معماری بود که کمترین مصالح مصرف کند. او با استفاده از مدل حباب صابون در رویکردی کامل، معماری را با استفاده از سازه های چادری و هوای فشرده ترغیب کرد و استفاده از این نوع سازه را توسعه داد. در طبیعت، برگ درختان، پای پره دار قورباغه ها و بال خفاش همگی شبیه سازه های چادری هستند. استفاده غیر ساختمانی از سازه های چادری شامل صندلی های گهواره ای، تورهای ماهیگیری، بادبادک ها، بادبان ها، گلایدرها و چترها می شود. (۴)، (۵)



شکل ۱- سازه چادری (۱)



سازه های چادری

چادر: (یک پوسته کششی یکپارچه نازک است که به وسیله یک ستون یا قوس فشاری نگاه داشته می شود.) چادر نوعی متفاوت از سازه کابلی با انحنای مضاعف است که در آن فاصله بین کابل ها کاهش یافته و به صفر رسیده و سطح آن یک پوسته پیوسته گردیده است. در چادر، پوسته تمامی بار یا بخشی از آن را حمل می نماید. چادرهای کوچک که کاملاً از پارچه ساخته شده اند. معمولاً به وسیله دکل ها (ستون ها) یا قوس ها نگاه داشته می شود. (۱)

مثال هایی برای رفتار کششی

- صفحه گرد آتش نشانی

- چتر (با معکوس شدن عمل باد تنش هایش را نیز معکوس می کند لیکن غشا در هر دو صورت تحت کشش است)

- قایق اسکیمویی (ساخته شده از پوست خوک آبی) (۱)



شکل ۲- غشاء پیش تنیده یک چتر (۵)

چادرها

انگیزه اصلی استفاده از چادرها استفاده ی مناسب از وزن سبک غشاها بوده است. چادرهای عشایری و سیرک هنگامی که به درستی به وسیله دیرک و عناصر کششی نگه داشته شوند می توانند دهنه های بزرگ را بپوشانند چادرها برای پوشش موقتی مناسب هستند و تنها زمانی که بسیار پیش تنیده شوند به عنوان سقف دائمی قابل قبول هستند. (۱)

تفاوت سازه های چادری با چادرهای عشایری

- معمولاً بزرگ هستند

- معمولاً دائمی هستند

- انتظار می رود که فرو نریزد



همایش ملی معماری و شهرسازی بومی ایران

یزد - بهمن ماه ۱۳۹۴

National conference of native architecture & urbanism of IRAN



- نباید چین و چروک داشته باشد
- دارای هندسه پیچیده هستند.
- نباید در مقابل باد نوسان های بزرگی داشته باشند در آن ها مصالح با مقاومت بالا مصرف می شوند
- نمی توان آن ها را فقط با سوابق و تجربیات عملی طراحی نمود. (۱)

مزایا و محدودیت های سازه غشایی و مقایسه آن با سایر سازه های مشابه

سازه های غشایی هیچگونه سفتی و سختی ندارند، بنابراین باید به فرم و پیش تنیدگی درونی شان برای انجام عملکردشان تکیه کنند. به عنوان یک قانون کلی از تیرهای با دهانه بیش از ۱۵ متر جلوگیری شود دهانه های بسیار بزرگ می توانند با تقویت کردن پارچه به وسیله بافتن یا کابل ساخته شوند. عدم کشش در غشا برای پایداری سازه بسیار خطرناک است و اگر به طور مرتب نگهداری نشود منجر به فرو ریختن سازه می شود. (۱)

مزایای استفاده از سازه های غشایی

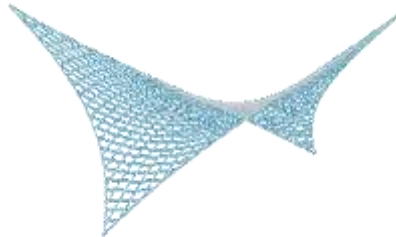
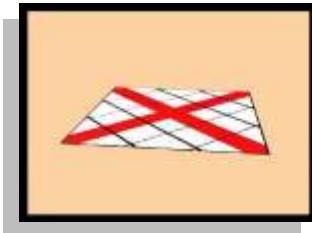
- زیبایی بدلیل تنوع رنگ و فرم
- سبکی و انعطاف پذیری
- سهولت در استفاده و نگهداری
- ایجاد فضای دائم یا موقت نیمه باز
- سرعت در ساخت و نصب
- قابلیت جابجایی و انتقال (۱)

جدول ۱- تقسیم بندی پیشنهادی سازه های غشایی (۱)

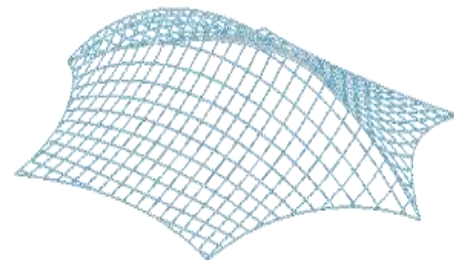
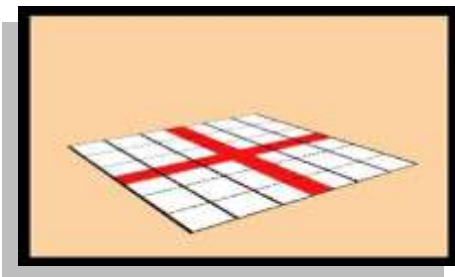
| | کاملا بسته | سازگار با محیط پیرامون | باز |
|------------------------|------------|---------------------------|-----|
| سازه غشایی (جادری) | | | |
| دومین پوسته بیرونی | | | |
| پوسته داخلی | | | |
| سقف های غشایی | | | |
| المانهای نمای خارجی | | | |



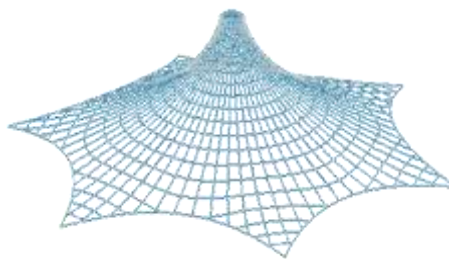
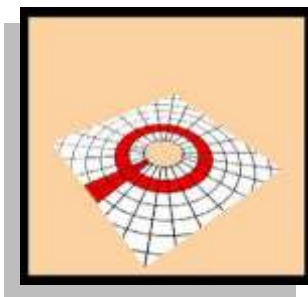
فرم های اصلی و بنیادی



شکل ۳- فرم زین اسبی که به وسیله حداقل ۲ نقطه بالایی و ۲ نقطه پایینی به وجود می آید (۱)



شکل ۴- فرم زین اسبی که غشا به وسیله قوس های پشتیبانی کننده در سرتاسر سازه در حالت کشش قرار می گیرد (۱)

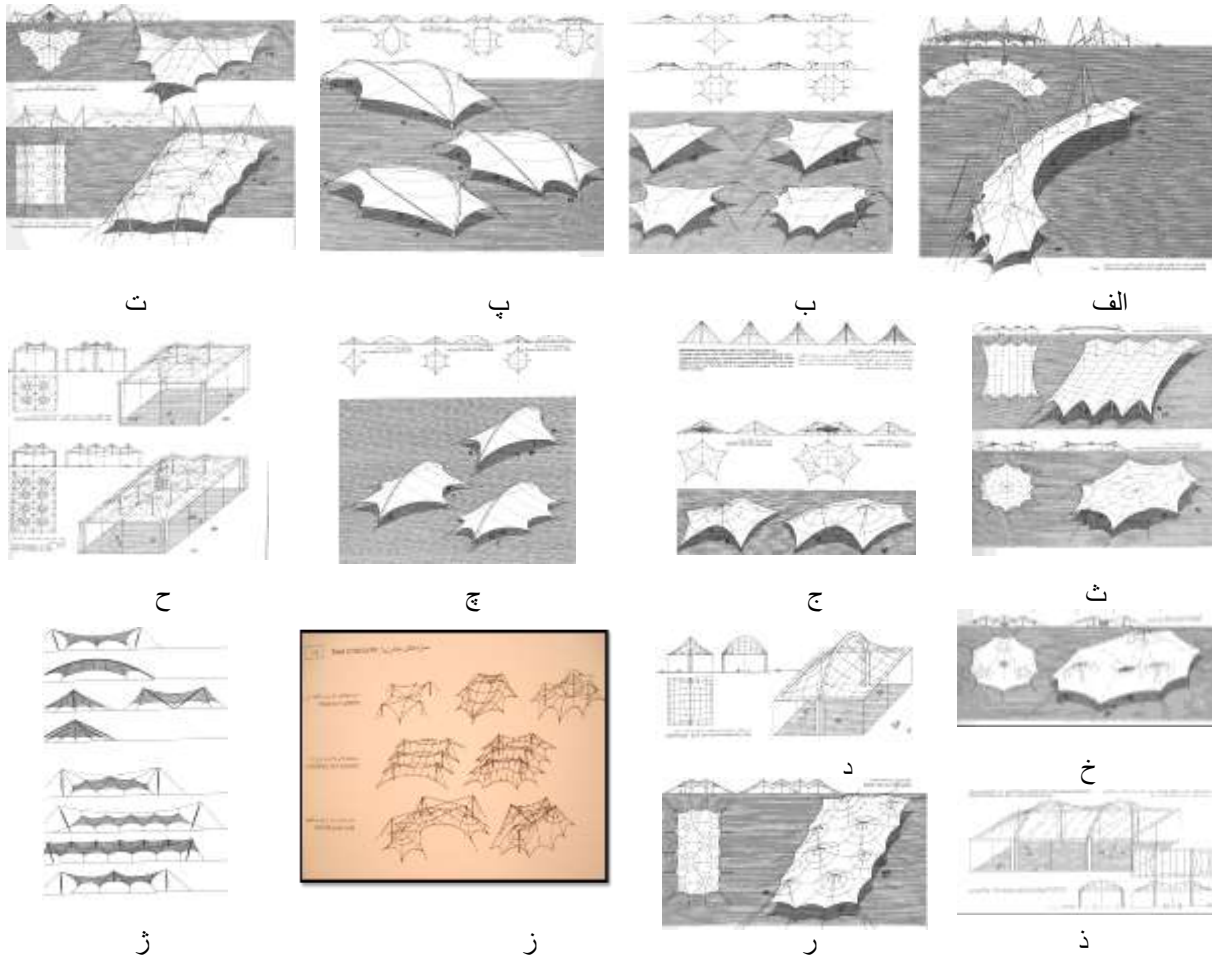


شکل ۵- فرمی که به وسیله کشیدن یک نقطه از غشا به مکانی خارج از صفحه به وجود می آید (۱)



معماری و عملکرد مناسب

سازه های چادری استفاده گسترده ای به عنوان سازه های موقت برای نمایشگاه ها، بازارها و سایبان ها دارند. اگرچه، آنها برای سازه های دائمی مانند پایانه های هوایی، موزه ها و حتی آزمایشگاه ها هم استفاده می شوند. این سازه ها اغلب برای ساختمان های بیش از یک طبقه استفاده نمی شود، زیرا نمی توانند یک سیستم طبقه ای معمولی را شکل دهند. عایق کردن غشاهای چادری سخت است، بنابراین بیشتر در مکان هایی با آب و هوایی معتدل استفاده می شوند. به دلیل سبکی وزن، سازه های چادری انتخاب بسیار خوبی برای مناطق زلزله خیز هستند. چادرها به طور قابل ملاحظه ای برای مناطقی که بادهای شدید یک پدیده منظم هستند، نامناسبند. (۴)



شکل ۶- سازه های چادری



همایش ملی معماری و شهرسازی بومی ایران

یزد - بهمن ماه ۱۳۹۴

National conference of native architecture & urbanism of IRAN



- (الف) سازه نقطه مرتفع جهت سیستم های چادری
- (ب) سیستم های چادری با تکیه گاه خارجی مجهز به اعضای فشاری سیستم های با سطوح زین اسبی ساده
- (پ) سیستم های چادری با قوس داخلی جهت ساخت نقطه مرتفع
- (ت) سازه های نقطه مرتفع جهت سیستم های چادری، سازه سه ستونی جهت نقطه مرتفع مرکزی، سازه آویختگی جهت نقاط مرتفع واقع در یک خط
- (ث) (سیستم های چادری با استقرار متناوب تکیه گاه ها و نقاط مهار شده سیستم های دارای سطوح موج دار
- (ج) سیستم با یک نقطه مرتفع، سیستم با دو نقطه مرتفع
- (چ) سیستم های چادری با قوس داخلی جهت ساخت نقطه مرتفع
- (ح) سیستم های چادری جهت پوشش زیر سازه های مکعب مستطیلی ساختارهای نقاط مرتفع منکبی بر کابل
- (خ) نقطه مهاری اضافی در مرکز
- (د) سیستم های چادری جهت پوشش زیر سازه های مکعب مستطیلی قوس های داخلی به منزله ساختارهای نقاط مرتفع
- (ذ) قوس های نقاط مرتفع موازی واقع در بالای پلان کف مستطیلی
- (ر) سیستم های چادری با تکیه گاه داخلی مجهز به اعضای فشاری
- (ز) سیستم های چادری با نقطه اوج، سیستم های چادری موج دار، سیستم های چادری با اوج غیر مستقیم
- (ژ) (سیستم ساخت مستقیم جهت نقطه مرتفع، سیستم ساخت غیر مستقیم جهت نقطه مرتفع

مصالح

چادرها معمولاً برای استفاده در سازه های موقتی در نظر گرفته می شوند، زیرا پارچه مقاومت کمی در برابر نور خورشید داشته و سرعت از بین می رود. پیشرفت های اخیر، استفاده از پوسته ها (فایبرگلاس به میزان زیاد) و پوشش هایی که کمترین فرسایش را در برابر نور خورشید دارد (برای مثال، تفلون) را افزایش داده است. عمر مفید پوسته های چادری بیش از ۲۰ سال می باشد که آنها را برای استفاده در سازه های دائمی مناسب ساخته است. (۱)

اتصالات

با توجه به محل سازه، نوع اتصالات انتخاب می گردد و در محیط های خورنده از فلز گالوانیزه و در سایر موارد از ضد زنگ استفاده می شود. (۱)

تکیه گاه ها

بطور ساده آنها به وسیله ستونهای مرکزی نگاه داشته می شوند، ولی در عمل ممکن است به دلیل غیر سازه ای یا ناخواسته از روشهای دیگر استفاده شود. قوسها یا بیشتر سازه هایی ترکیبی فشاری ممکن است برای تأمین تکیه گاه



عمودی در آنها به کار برده شوند. کابل های زنجیره وار می توانند در کنار ستون ها برای نگه داری خط الرأس چادرها در چندین نقطه به کار برده شود(۱)

پارچه

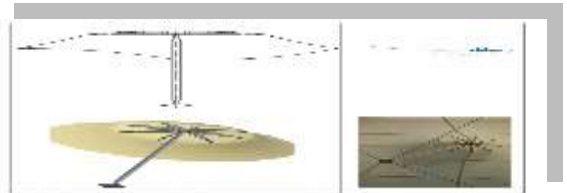
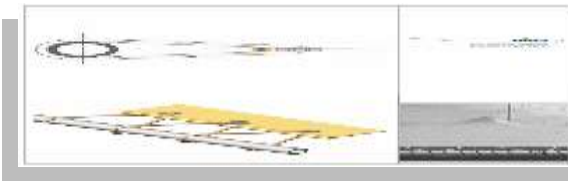
پارچه های مورد استفاده در سازه های غشایی به شرح ذیل می باشد.(۱)

جدول ۲-مقایسه خواص غیر سازه ای غشاهای پارچه ای (۸)

| پارچه های فایبرگلاس (الیاف شیشه) | | پارچه های پلی استری | | | |
|----------------------------------|---------------|---------------------|----------------|----------------|--------------------|
| سلیکون (Si) | تفلون (PTFE) | پی وی سی (PVC) | پی وی سی (PVC) | پی وی سی (PVC) | روکش |
| | | پی وی سی اف (PVDF) | پی وی اف (PVF) | اکریلیک | روکش ثانویه فوقانی |
| بیش از ۳۰ سال | بیش از ۳۰ سال | ۱۲-۱۵ سال | ۱۲-۱۵ سال | ۸-۱۰ سال | عمر مفید |
| خیلی خوب | خیلی خوب | خوب | خوب | متوسط | حفظ جلوه ظاهری |
| متوسط | خیلی خوب | خوب | خوب | متوسط | حفظ تمیزی |
| خیلی خوب | خوب | خوب | خوب | خوب | شفاقیت |
| خیلی خوب | خیلی خوب | خوب | متوسط | خوب | کند سوزی |
| متوسط | بد | خوب | متوسط | خیلی خوب | انعطاف پذیری |

جدول ۳-مقایسه خصوصیات سازه ای دو تا از معمولترین مواد مورد استفاده در سازه های غشایی

| نوع محصول | | مقاومت کششی | ویژگی های سازه ای کوتاه مدت |
|--------------------------------|---------------------------|--|-----------------------------|
| فایبرگلاس یا روکش PTFE (تفلون) | پلی استر با روکش PVC | | |
| زیاد | متوسط | مقاومت کششی | مقاومت گسیختگی |
| زیاد | متوسط | مدول کششی | |
| زیاد | متوسط | مقاومت | |
| PVC | تظیر پلی استر با روکش PVC | در حالت عادی، در جهت تار (الیاف طولی) سخت تر از جهت پود (الیاف عرضی) می باشد. لذا پارچه هایی با خصوصیات همسان در هر دو جهت وجود دارد | جهت گیری خاص |
| کم | متوسط | کشش ساختاری | ویژگی های سازه ای بلند مدت |
| زیاد | متوسط | پایداری ابعادی | |



شکل ۷-دوخت پارچه و اتصالات مربوطه(۱)

-پلی اتیلن سنگین HDPE

-الیاف پلی استر با روکش PVC

-الیاف شیشه ای با روکش PTFE

برشکاری و دوخت پارچه و اتصالات مربوط

- تهیه الگوی برشکاری پارچه

- برشکاری پارچه

دوخت پارچه و اتصالات مربوطه

نصب پارچه

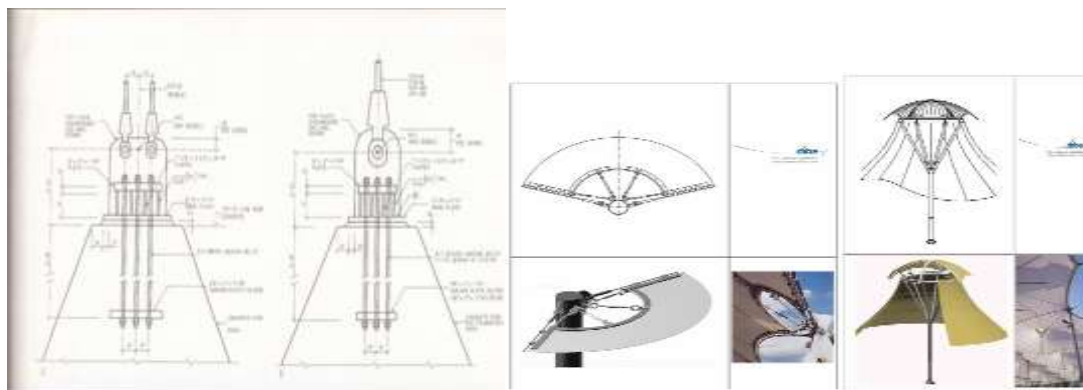
نصب سازه و پارچه اکثراً بصورت همزمان صورت می گیرد.

تهیه و نصب اتصالات با استفاده از پیچ و مهره، زنجیر و کابل

نصب پارچه و رگلاژ آن (۱)

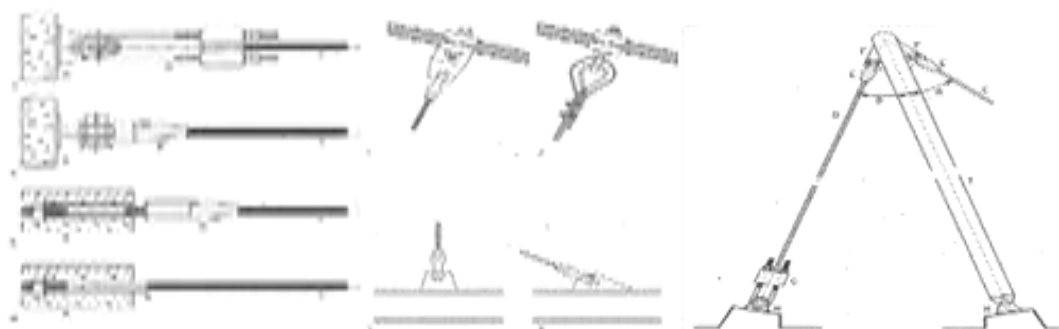


دیتیل و جزئیات اتصال



شکل ۸- دیتیل و اتصالات (۱)

جزئیات اجرایی و اتصالات



شکل ۱۰- اتصال کابل ها به تکیه گاه و کابل (۱)

شکل ۹- اتصال کابل ها به دیرک ها (۱)



شکل ۱۱- اتصال کابل به دیرک و پارچه (۱)



همایش ملی معماری و شهرسازی بومی ایران

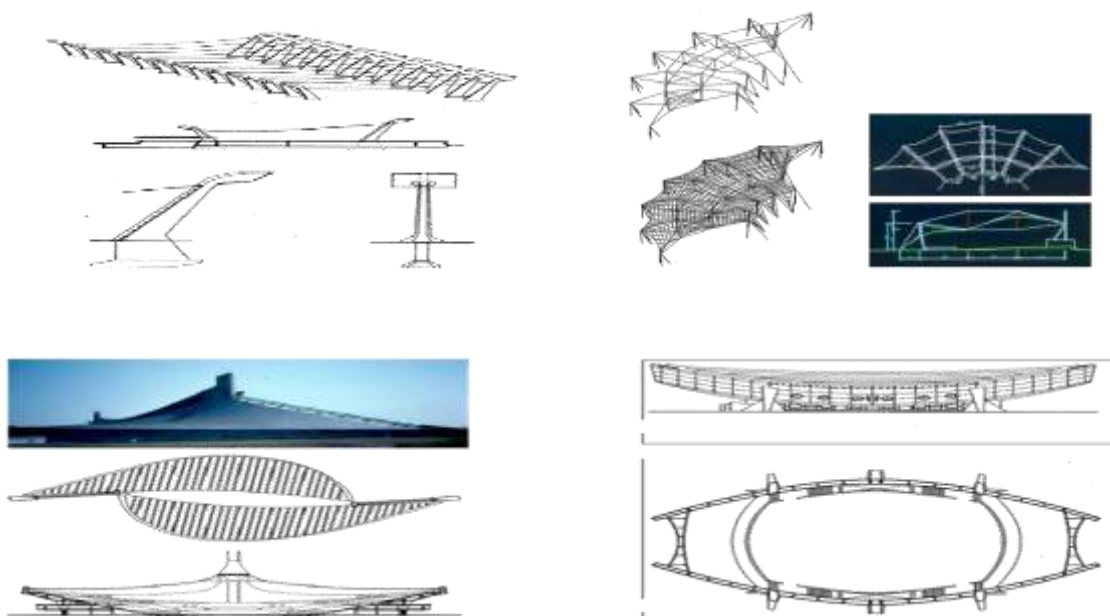
یزد - بهمن ماه ۱۳۹۴

National conference of native architecture & urbanism of IRAN



شکل ۱۲- شکل هندسی کابل (۱)

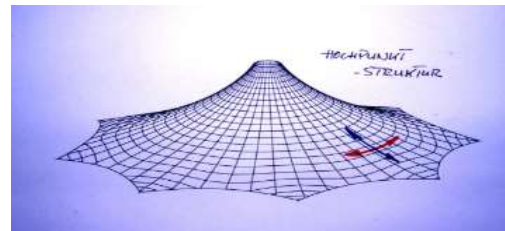
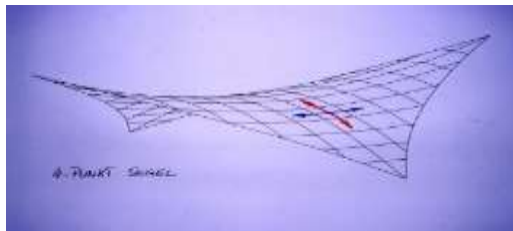
روند توسعه سازه های غشایی



شکل ۱۳- روند توسعه سازه (۱)

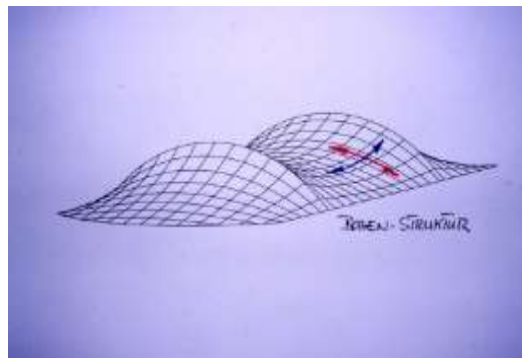


بارگذاری سازه‌های غشایی



قرمز = جهت مکش باد

آبی = جهت فشار باد و بار برف



- نیروی باد

- نیروی وزن برف

شکل ۱۴- بارگذاری سازه (۱)

نمونه‌هایی از کاربرد سازه‌های غشایی

- پارکینگها
- آلاچیق‌ها و سایبانهای در فضای باز
- فضاهای عمومی (فرهنگی، تجاری، تفریحی و ...)
- سایبان پنجره‌ها و بدنه‌های شیشه‌ای ساختمان‌ها
- پوشش حیاط منازل
- فضاهای موقت نمایشگاهی
- مصارف داخلی (سقف کاذب، پارتیشن و...)
- فضاهای با دهانه بزرگ از قبیل سقف استادیوم‌ها و اماکن ورزشی آشیانه هواپیما، سالنهای چند منظوره و... (۱)



طراحی سازه های چادری

هورست برگر، یکی از مهندسين درگير با طراحي تعداد زيادي از سازه هاي چادري اخير مي نويسد: «با وجود پيشرفت بسيار زياد مصالح ساختماني و فن آوري در سالهاي اخير، فقدان اساسي شناخت، طراحي و رفتار سازه هاي چادري در بين بيشتر معماران وجود دارد. طبيعت موقتي و آسيب پذيري با كلمات پوسته و چادر براي مبهم کردن اين حقيقت که چنين سازه هايي امن تر و قابل اطمينان تر از بسياري از سيستم هاي سنتي مي باشند، ترکيب شده اند. زيرا آنها در عمل بسيار سبک بوده و یک پوسته ضد آب يکپارچه قابل انعطاف را فراهم مي سازند.» (۱)

روش های طراحی

استفاده از شبکه های منحنی شکل و مدل های حباب صابون برای فهم اولیه چادرها بسيار مناسبند. آنها مي توانند برای تعيين فرم های منحنی طنابی به وسيله صفحاتی که تحت تنش کششی مساوی در سرتاسر غشا هستند، استفاده شوند. اگرچه، مدل های پایدار بيشتری برای مطالعه فرم های معماری حين روند طراحی نیاز خواهد بود. برای بررسی ديگر فرم های چادري جوراب های نایلونی اغلب نخستین انتخاب است. صفحات فلزی ساخته شده با اتصالات قابل چرخش، مانند پوسته ها، برای سازه های چادري هم مي توانند به فرم های سين کلاستيك و آنتی کلاستيك درآیند. برای آزمایش، مدل های با مقیاس مناسب از جزئیات و مدل های در مقیاس حقيقي ممکن است نیاز شود. چون باد مسئله ای بحرانی است، ممکن است مدل تونل باد نیاز باشد. در حالی که شکل تعيين شده کلی چادر ممکن است به طور آسان و مساعد با استفاده از مدل های بالا کامل شود، آنالیز وسير تکاملی سازه ای خاصی آن سوی طراحی مقدماتی اولیه مورد نیاز است.» (۴)



شکل ۱۶- روش حباب صابون (۴)



شکل ۱۵- روش منحنی طنابی (۴)

الگوی توسعه

سازه های چادري با اضافه کردن یک چادر یا یک سازه صلب در مجاورشان توسعه پیدا مي کنند. آنها به آسانی مي توانند مماس شوند یا روی هم قرار گیرند، هرچند، اگر دو چادر کاملاً به هم متصل شوند، نیروهای وارده در هر دو چادر تغییر



خواهند کرد. بنابراین چنین اتصالی امکان پذیر اما غیر معمول خواهد بود. این توسعه می تواند در یک نقطه مشترک، در امتداد یک خط مشترک یا در یک سطح مشترک اتفاق بیفتد. (۴)

ساخت و اجرا

ساخت

پارچه ها یا همگن (دارای مقاومت یکسان در تمام جهات) یا ناهمگن (در یک محور قوی تراز بقیه) هستند. با توجه به مصالح انتخاب شده و شکل برش آنها، سطوح قابل توسعه یا غیر قابل توسعه ایجاد می شوند. این امر توالی حمل و نقل و ساخت ایجاد می کند، زیرا در یک زمان در محل، برش های خاص و اشکال غیر معمول باید به خوبی به هم متصل شوند. (۴)

توالی ساخت

به دلیل تفاوت در اندازه، شکل و نوع سازه های چادری هیچ توالی ساختی نمی تواند تعریف شود. ساخت در محل می تواند به سه دسته یا ترکیبی از این سه دسته تقسیم شود. غشاها و شبکه های کوچک تر از قبل در کارخانه برش داده و به صورت پانل به محل تحویل داده می شوند و در سطح زمین روی هم نصب و سپس در موضع بالا کشیده می شوند. اگر یک چادر برای این روش بسیار بزرگ باشد، پانل ها می توانند به طور جزئی در مقطعی در سطح زمین روی هم نصب شده و سپس بالا برده شوند. بیشتر سازه های چادری برای پایداری نهایی متکی بر پیش تنیدگی هستند. اگر چه، هنگامی که سازه به طور جزئی ساخته شد، چنین پایداری متوازی هنوز موجود نیست. در حین ساخت، غشاهای چادری حتی نسبت به بادهای ملایم هم کاملاً آسیب پذیرند. (۴)

ویژگی های زیبا شناختی

زیبای یک چادر از انحنا، رفت و برگشتی صفحات و لبه ها نیمه شفافی بافت و امکان استفاده از رنگ های زنده و لطیف است. به دلیل قابلیت پوشاندن دهانه های طویل، سازه های چادری می توانند به میزان قابل توجهی از مقیاس انسان فراتر روند. مدل های کوچکی از سازه های چادری اغلب به عنوان سایه بان در ورودی مغازه ها، جایی که هویت تجاری منحصر به فردی با هزینه کم به وجود می آورند، استفاده می شوند. بافت و الگو نقشی قوی در زیبایی شبکه های کابلی دارد، تار و پود شبکه کابلی حس انحنا را در سطح چادر تشدید می کند. (۴)



شکل ۱۷- مقیاس بزرگ سازه های چادری در مقایسه با مقیاس انسانی (۴)



بررسی مطالعات موردی در زمینه طراحی و ساخت سازه های پارچه ای کششی در یزد



شکل ۱۸- در پوشش معلق یک بنای قدیمی در یزد با پوشش غشایی کاملاً شفاف (۳)



شکل ۱۹- جهت میزبانی عزاداران اربعین حسینی چادر عزا داری در یزد (۲)



شکل ۲۰- حسینیه بزرگ فهادان در یزد (۳)



همایش ملی معماری و شهرسازی بومی ایران

یزد - بهمن ماه ۱۳۹۴

National conference of native architecture & urbanism of IRAN



ایران دارای پیشینه بسیار غنی در زمینه چادر و سازه های غشایی است که بقایای آن هنوز در میان عشایر و کوچ نشینان دیده می شود. علیرغم این پیشینه، در معماری امروز ما از این نوع سازه غشایی به ندرت دیده می شود. تکیه دولت، حیاط مرکزی حسینیه یزد و پوشش حسینیه کرمان، از نمونه های خاص سازه های پارچه ای و سایبان علی کوچ نشینان در مناطق مختلف ایران نمونه هایی از موارد استفاده عمومی سازه پارچه ای به شکل سنتی در ایران هستند. بقایای آن هنوز در میان عشایر و کوچ نشینان دیده می شود. (۷)

ارائه ی الگوهای طراحی

در بسیاری از طرح های معماری با توجه به تشابه موضوعات بین بناهای مختلف و تجربیات گوناگونی که در طول زمان در رابطه با این موضوعات مشترک صورت گرفته است می توان با جمع بندی و بهینه نمودن این تجربیات، الگوهایی را مشخص نمود تا مسیر طراحی را سرعت داده، تسهیل نموده و از تکرار بسیاری از خطاها در این مسیر جلوگیری نماید. توجه اصلی در این الگوها بیشتر متمرکز جنبه های عملکردی و ساختاری بنا بوده و آنچه مربوط به فرم می شود کمتر به خاص و هنرمندانه بودن آن ارتباط داشته، بلکه بیشتر متمرکز بهینه بودن و هماهنگی و ارتباط تنگاتنگ با جنبه های عملکردی و ساختاری بنا می باشد. بر اساس نتیجه ای که از مطالعه ی نمونه های داخلی بدست می آید پوشش های چادری را می توان دارای شرایط مناسبی برای پوشانیدن موقت حیاط بناهای تاریخی در نظر گرفت و در بین این نمونه ها فقط آنهایی که به آسانی قابل برپایی و برچیدن هستند مورد نظرند. همان طور که بررسی شد این ساختارهای سبک در حالت کلی دو دسته می باشند. یکی چادرهایی که فرم خیمه ای داشته و به کمک یک یا چند دکل قائم در حیاط قسمت میانی شان بالاتر نگاه داشته شده و لبه های محیطی به تکیه گاه هایی در لبه های پیرامون بام متصل گردیده اند. نوع دوم چادرهایی که بدون داشتن دکل های میانی فقط به تکیه گاه های لبه بام اتصال دارند. هندسه این گونه پوشش ها که در چند نمونه ی محدود مورد بررسی قرار گرفت می تواند تکامل یافته و با توجه به قابلیت هایشان برای حیاط های مختلفی که با ساختار هندسی آنها هماهنگ است به کار روند. در جدول ۴ سعی شده این تنوع هندسی به صورت تصویری برای الگوهای مورد نظر به نمایش گذاشته شود. الگوهایی که می توانند به عنوان راهنمایی برای طراحی پوشش های مشابه قرار گیرند. برای قابل درک شدن سلسله مراتب ساختاری بنا، اعضای ثانویه سازه ای و پوشش نهایی به صورت تصاویری مجزا ارائه شده اند. (۷)

جدول ۴- الگوهای طراحی برای پوشش های قابل برپایی و برچیدن حیاط مرکزی بناهای تاریخی بر اساس نمونه های مطالعه شده ی داخلی (۷)

| الگوهای طراحی پوشش های قابل برپایی و برچیدن حیاط مرکزی بناهای تاریخی | | | |
|--|------------------------------|-----------------------------------|---|
| پوشش نهایی | اعضاء سازه ای اولیه و ثانویه | تکیه گاه ها و اعضاء سازه ای اولیه | |
| | | | نمونه پایه مستطیل اعضای سازه ای اولیه: دکل مرکزی، قاب کلاف های چهارگانه، دکل و تکیه گاه های منفرجه اعضای سازه ای ثانویه: کلاف های شعاعی، سقف شیب شده بین دکل مرکزی و تکیه گاه های منفرجه نمونه بام |
| | | | نمونه پایه مستطیل اعضای سازه ای اولیه: دکل مرکزی، قاب کلاف های چهارگانه، دکل و تکیه گاه های منفرجه اعضای سازه ای ثانویه: کلاف های شعاعی، سقف شیب شده بین دکل مرکزی و تکیه گاه های منفرجه نمونه بام |
| | | | نمونه پایه مربعی اعضای سازه ای اولیه: دکل مرکزی، قاب کلاف های چهارگانه، دکل و تکیه گاه های منفرجه اعضای سازه ای ثانویه: کلاف های شعاعی، سقف شیب شده بین دکل مرکزی و تکیه گاه های منفرجه نمونه بام |
| | | | نمونه پایه مستطیل اعضای سازه ای اولیه: دکل مرکزی، قاب کلاف های چهارگانه، دکل و تکیه گاه های منفرجه اعضای سازه ای ثانویه: کلاف های شعاعی، سقف شیب شده بین دکل مرکزی و تکیه گاه های منفرجه نمونه بام |



نتیجه گیری

سازه های غشایی (چادری) می تواند بارهای وارده را تحت کشش تحمل کند، این سازه ها نه تنها سبک وزن و استفاده موثر از مصالح محدود از مزایای این سیستم است. بلکه زیبا، نیمه شفاف و همچنین دارای طول عمر زیاد و غالباً نیز اقتصادی می باشند. این سازه ها می توانند به عنوان پوشش برای بناها، زمینهای بازی، باغها، تراسها، پارکینگ ها و با نور پردازی خلاقانه به عنوان یک فضای شهری مطلوب و شاخص جلوه کند.

قدردانی

شکر شایان نثار ایزد منان که توفیق را رفیق راهم ساخت تا این مقاله را به پایان برسانم و از استاد فاضل و اندیشمندم جناب آقای دکتر حمیدرضا رهبری به عنوان استادی راهنما که همواره نگارنده را مورد لطف و محبت خود قرار داده اند، کمال تشکر را دارم.

منابع

[1] www.saze20.ir

[2] www.yazdfarda.com

[3] www.chidaneh.com

[4] محمود گلابچی، کتایون تقی زاده، محمد رضا گلابچی، سیستم های ساختمانی، انتشارات دانشگاه پارس، ۱۳۹۲.

[5] ماریو سالوادوری، سازه در معماری، ترجمه: دکتر محمود گلابچی، انتشارات دانشگاه تهران، ۲۲۷۴.

[6] نویسنده: هینوانگل، سیستم های سازه، مترجم: علی گل صورت پهلویانی، انتشارات کارنگ.

[7] نشریه هنرهای زیبا، معماری و شهر سازی، دوره ۱۹، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۳

[8] الهام سرکرده ئی، محمد رضا مجاهدی، بررسی مواد مورد استفاده در سازه های غشایی و مقایسه خواص آنها، همایش عمران، معماری و شهر سازی کرمان