نقش جهان/ سال دوم/ شماره ۳
صفحات : .....

بررسی کاربردی سیستم‌های سـازه‌ای پنـاهگاه‌های متحرک و موقت*

An Investigation on Structural Systems of Mobile and Temporary Shelters

کتایون تقی زاده[۱] ، نفیسه سنایی[۲]

چکیده

در سال‌های اخیر با افزایش سرعت رشد صنایع و علوم و فنون، تغییرات در عرصه استانداردها، عملکردها وکاربری‌های معماری بیشتر عیان گشته است. این امر بیانگر آن است که معماری امروز نیازمند تغییرات و پویایی بیشتری نسبت به گذشته است و به‌نظر می‌رسد که باید ساختمان‌های جدید متنوع‌تر، انعطاف‌پذیرتر و قابل انطباق با تغییرات احتمالی آینده باشند. با نگاهی به گذشته می‌توان دریافت که انسان چگونه با خلق اولین و ابتدایی‌ترین ساختار متحرک با مشکلات زندگی خود کنار آمده است و خانه‌های متحرک و شهرسازی انعطاف‌پذیر را چنان با نیازهای خود طراحی کرده که بتواند از آن در آینده نیز بهره گیرد. امروزه در دنیا نیاز استفاده‌کنندگان و عملکردهای متنوع ساختمان‌ها به سرعت در حال تغییر است و ساختمان‌ها باید منعطف و انطباق‌پذیر با تغییر عملکردها یا تغییرات زمانی (مانند آب و هوا) و یا مکانی متناسب با تغییر شرایط اجتماعی و فرهنگی باشد.

آنچه که دراین مقاله مورد بحث قرار می گیرد، بررسی، تحلیل و تقسیم‌بندی سیستم‌های سازه‌ای پناهگاه‌های موقت و سیار است. هدف ازاین تقسیم‌بندی تعیین مدل‌های قابل تولید و متنوع برای توسعه فرم‌های پیشنهادی و سیستم‌های ساخت قابل دسترس و اجراست. با این نگرش به معرفی نمونه‌ها و روش های اجرایی و ممکن سیستم‌های ساخت پرداخته می‌شود.

واژه‌های کلیدی: معماری انعطاف‌پذیر، معماری قابل انطباق، ساختار متحرک، پناهگاه

۱. دانشیار، دانشکده معماری، پردیس هنرهای زیبا، دانشگاه تهران، تهران، ایران، دکتری، دانشگاه تهران
۲. کارشناسی ارشد تکنولوژی معماری، دانشگاه تهران
E-mail: ktaghizad@ut.ac.ir
Email:nsanaee@ut.ac.ir

Archive of SID
www.SID.ir

۱. مقدمه

سرچشمه حرکت در معماری حرکتی به هنر برمی‌گردد. در آغاز قرن ۱۹، هنرمندان تلاش کردند مجسمه‌هایی بسازند که دارای اعضای متحرک بودند. در زندگی چادرنشینان نیز معماری حرکتی مشاهده می‌شود. چادرهای آنها سازه‌هایی متحرک هستند که قابلیت جمع شدن دارند و چادرنشینان می‌توانند آنها را حمل کنند. سازه‌های متحرک به عنوان سازه‌هایی تاشو و قابل حمل همچنان در معماری متحرک قابل مشاهده هستند. مایکل فاکس[۱] در سال ۲۰۰۰ معماری متحرک را این چنین تعریف کرد: "بنایی است با موقعیت متغیر و سیار و هندسه‌ای متغیر و متحرک (Fox, 2007). بنابراین مفهوم معماری متحرک در اصل یک مفهوم هوشمندانه نیست، اما نوعی توانایی را در ذهن متبادر می‌سازد که می‌تواند سازه‌ها را کنترل کند و اجزای مختلف آن را حرکت دهد.

اگرچه فضای معماری، فضایی کاملاً مشخص است، اما به دلایل مختلف ممکن است به تغییر در الگوهای طراحی و پیش‌بینی امکان تغییر در ساختار و عملکرد فضایی نیاز باشد. این نوع ازمعماری برای ساخت انواع نمایشگاه‌ها و غرفه‌های سیار، پناهگاه‌ها، سرپناه‌ها، اورژانس‌ها و بیمارستان‌های موقت، سالن‌های تئاتر و حتی سقف استادیوم‌ها و باشگاه‌های ورزشی چندمنظوره و گاه در فضاهای آموزشی و فرهنگی چندمنظوره به‌کار می‌رود. صنعتی بودن، انعطاف‌پذیری و سازگاری سیستم‌های ساختمانی یکی از روش‌های کلیدی برای به دست آوردن کیفیت، اقتصاد و پایداری کامل در معماری است.

۲. انعطاف پذیری

انعطاف‌پذیری به‌طور عام به قابلیت تغییر در اشیاءِ و اجسام گفته می‌شود. در معماری و طراحی محیط، منظور از واژه انعطاف‌پذیری ساماندهی فضای انسان ساخت و تغییر در آن به منظور دستیابی به شرایط، نیازها و کاربست‌های جدید است (عینی فر، ۱۳۸۲). برخی از فضاها بدون نیاز به ساماندهی مجدد بسیاری از فعالیت‌ها را تأمین می‌کنند و بعضی دیگر، برای پاسخ به نیازهای مختلف قابل تغییرند. طراحان محیطی واژه‌های انعطاف‌پذیری و تطبیق‌پذیری را برای این دو مورد به‌کار برده‌اند. برای طرح بنای چندمنظوره دلایل موجهی وجود دارد. یک فضا می‌تواند در یک زمان یا در زمان‌های مختلف پاسخگوی عملکردهای گوناگون باشد (ونتوری، ۱۳۵۷).

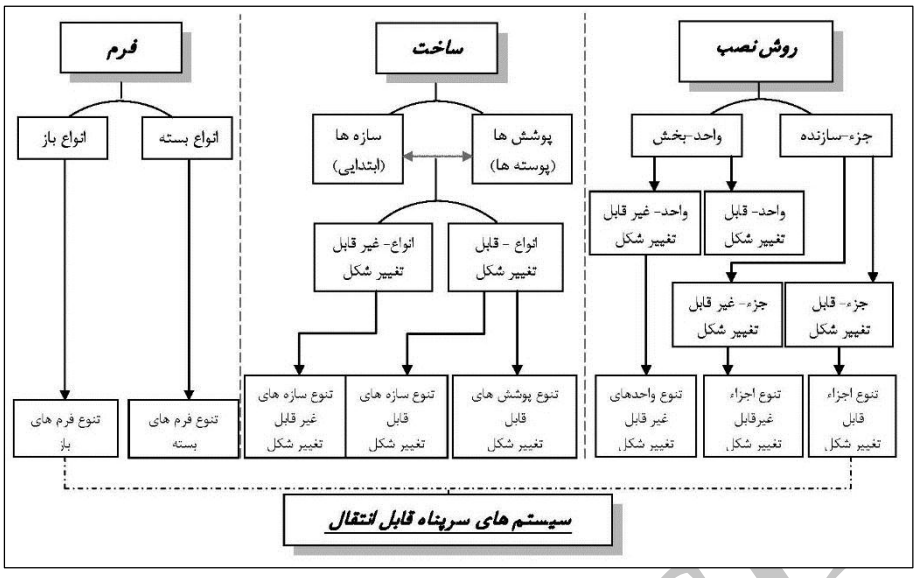
۳. پیشینه سازه‌های متحرک

مصریان باستان این سیستم را در صندلی‌های تاشو به‌کار برده و جوامع مغول خیمه‌های کروی و قابل انتقال خود را با استفاده از شبکه‌ای از مفتول‌های چوبی توسط مفصل‌های قیچی‌دار به‌هم متصل می‌ساختند. مخترعان عصر رنسانس مانند لئوناردو داوینچی آنها را در دستگاه‌ها و پل‌های متحرک و چترها به‌کار می‌بردند. یکی از افرادی که برای اولین بار به این موضوع علاقه‌مندی نشان داد، باک مینستر فولر[۲] بود که مفهوم مربوط به قابلیت بازشدن سازه‌ها را به عنوان بخشی از تئوری خود مطرح کرد. بعد از او امیلیو پرز پینرو[۳] از پیشگامان ساخت گنبدهای بازشونده، با استفاده از سازه‌های متحرک تئاتری با این قابلیت را طراحی کرد. همچنین گنبد آیریس[۴] اثر چاک هابرمن[۵] دیوار متحرک اثر برایانت یه[۶] از گروه طراحی انستیتوی تکنولوژی ماساچوست، قوس قیچی‌سان کابلی[۷] اثر کوکاوا[۸] از ژاپن پروژه‌هایی هستند که به‌تدریج در توسعه فرم‌های باز و بسته شونده تاثیر به‌سزایی داشته‌اند.

٤. پناهگاه‌ها

سیستم‌های سازه‌ای که برای پناهگاه‌های سیار با توجه به موقعیت زمانی و مکانی و جابه‌جایی و قابلیت انتقال بین فضاها و تغییرات فرم آنها طراحی می‌شوند، باید قابلیت انتقال و حمل و نقل را داشته و نصب آنها آسان و سریع باشد. در فرایند تغییرشکل و فرم پناهگاه‌ها، سیستم سازه‌ای روی زمین از یک سطح آغاز شده تا به یک فرم سه‌بعدی برسد. بنابراین احاطه کردن یک فضا با استفاده ازچنین روشی تابع دو عنصر مشخص سیستم سازه‌ای نگهدارنده و سطح پوششی فضا است.

Archive of SID
www.SID.ir



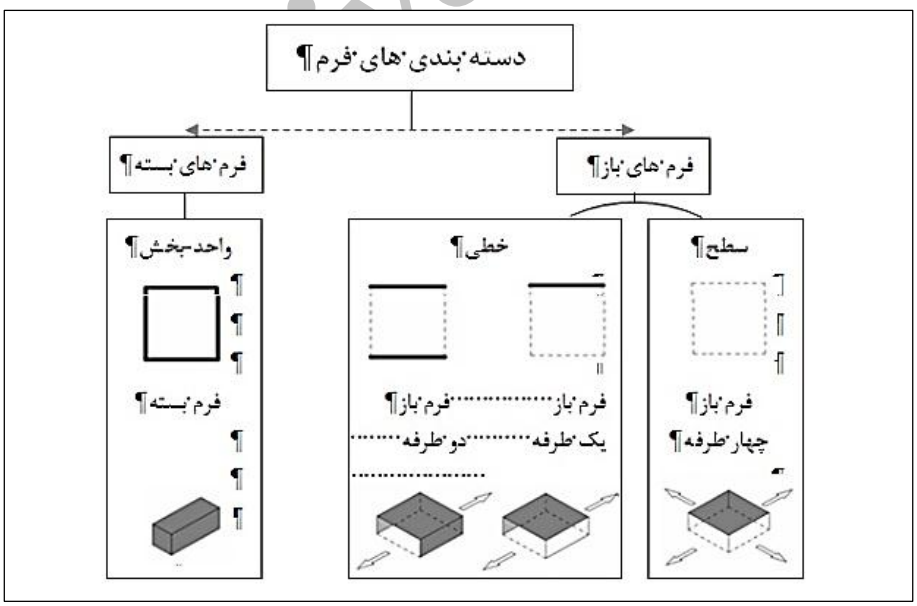
نگاره ۱: تقسیم‌بندی سیستم‌های سازه‌ای براساس شکل‌شناسی پناهگاه‌های سیار

۵- سازه، ساختار و فرم‌شناسی

شکل‌شناسی پناهگاه‌های سیار به تقسیم‌بندی سیستم‌های سازه‌ای آنها محدود می‌شود. اولین عامل تعیین‌کننده، ایستایی و پایداری است که پایه و اساس تمامی عوامل در طراحی پناهگاه‌های سیار است. اصول این عوامل عبارت است از فرم، ساخت و روش نصب.

۵-۱- فرم

فرم سیستم پناهگاه‌ها با توجه به درجه احاطه شدن فضا، مرزهای بسته و باز فضایی مطرح و تقسیم‌بندی می‌شوند (Burford, 2004).

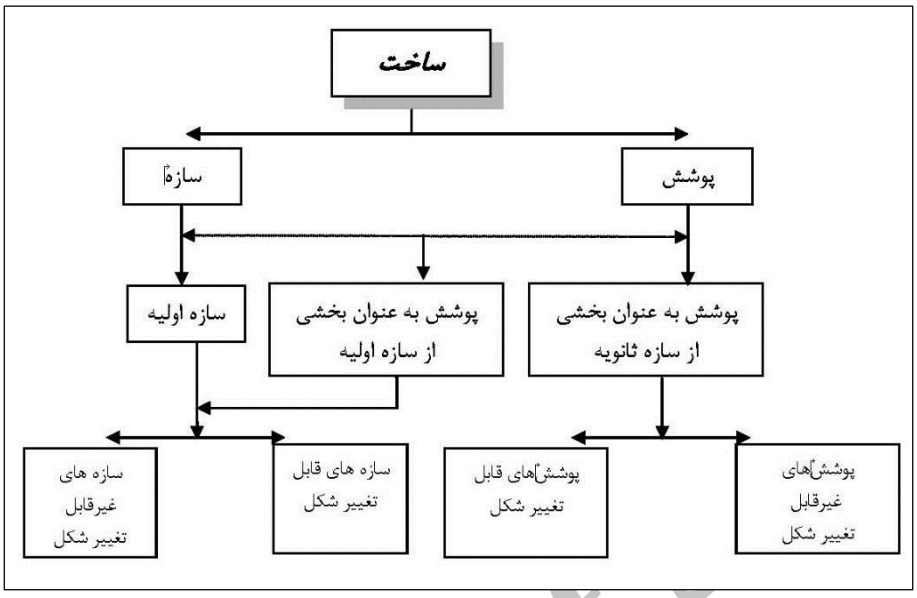


نگاره ۲: تقسیم‌بندی فرم باتوجه به سطح دسترسی و هندسه مقاطع (ماخذ:کنفرانس سیستم‌های سازه‌ای پناهگاه‌های سیار IASS (۲۰۰٤))

www.SID.ir

۵-۲- ساخت

ساخت در یک پناهگاه سیار شامل دو بخش کلی سازه و پوشش است.



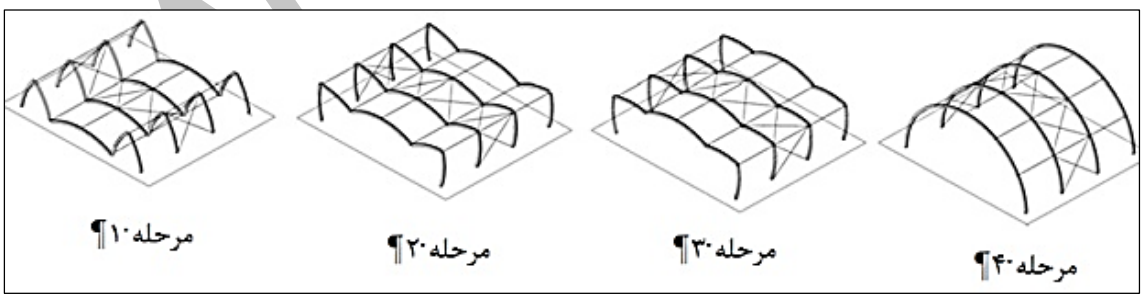
نگاره ۳:: تقسیم‌بندی فرم باتوجه به سطح دسترسی و هندسه مقاطع (ماخذ:کنفرانس سیستم‌های سازه‌ای پناهگاه‌های سیار IASS (۲۰۰٤))

۵-۲-۱- سازه

سه معیار و فاکتور در تعیین تقسیم‌بندی انواع سیستم‌های سازه‌ای اصلی در پناه‌گاه‌ها عبارت است از سلسله مراتب، شرایط نگهداری سیستم سازه‌ای و نسبت بین سازه و پوشش (Burford, 2004).

الف- سازه

یک سازه قابل تغییر، سازه‌ای است که قادر به تغییر فرم خود طی یک مکانیزم به فرم هندسی با قابلیت پایداری و ایستایی برای توزیع بارهای اعمال شده و وزن سازه باشد. بنابراین به عنوان یک مکانیزم باید بتواند از یک شکل و فرم هندسی به شکلی دیگر برسد. اعضای سازه اصلی طی ساخت هنگامی که سیستم کامل شود، باید قادر به تغییرشکل باشند. تغییرشکل سازه باتوجه به فرایند تغییر فرم تعیین می‌شود. در گروهی از سازه‌ها اعضای سازه‌ای طی فرایند باز شدن به عنوان نتیجه‌ای از تغییرات هندسی در شکل کشیده می‌شوند.



نگاره ٤:: سیستم های قابل تغییر شکل با اعضای مفصلی و صلب (ماخذ:کنفرانس سیستم‌های سازه‌ای پناهگاه‌های سیار IASS (۲۰۰٤))

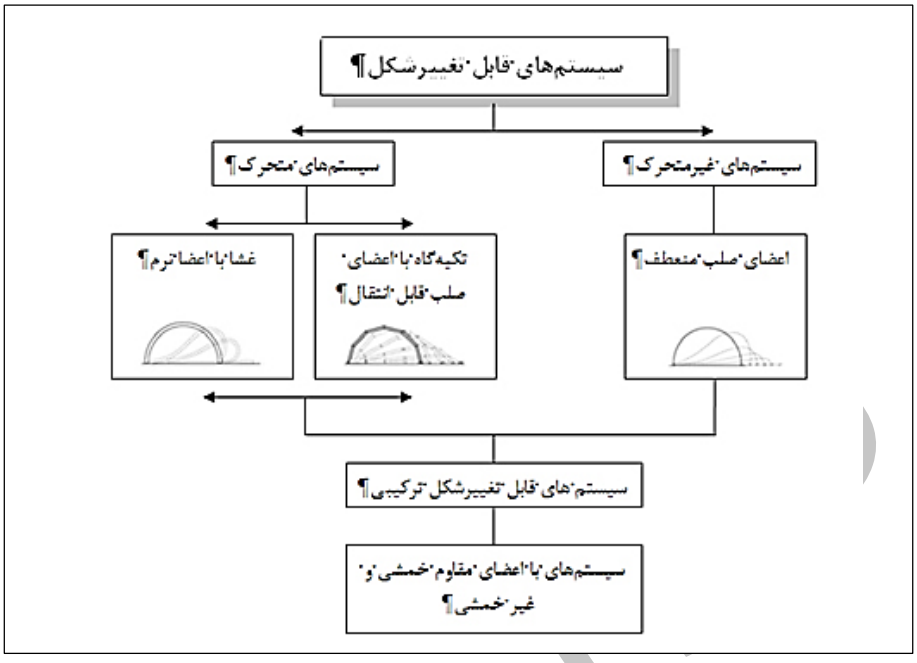
سیستم‌های متحرک، سیستم‌های قابل تغییر شکلی هستند که از اعضای نرم، یا اعضای مفصلی صلب و سخت یا اعضای لغزشی تشکیل می‌شوند. سیستم‌های قابل تغییرشکل به سیستم‌های زیر تقسیم می‌شوند:

۱- سازه‌های غیرمتحرک: سیستم‌های قابل تغییرشکلی هستند که از اعضای سخت بدون مفصل ساخته می‌شوند و فرم یا هندسهٔ سیستم سازه‌ای می‌تواند در فرایند مکانیزم شکل یا فرم اعضای سازه با ایجاد کشیدگی الاستیک داخل اعضا تغییر کند.

۲- سازه‌های متحرک: سیستم‌هایی متشکل از عضوهای صلب، فرم صلب و یا اتصال تکیه‌گاهی صلب و یا ترکیبی از این سه گزینه هستند (Burford, 2004).

Archive of SID

www.SID.ir

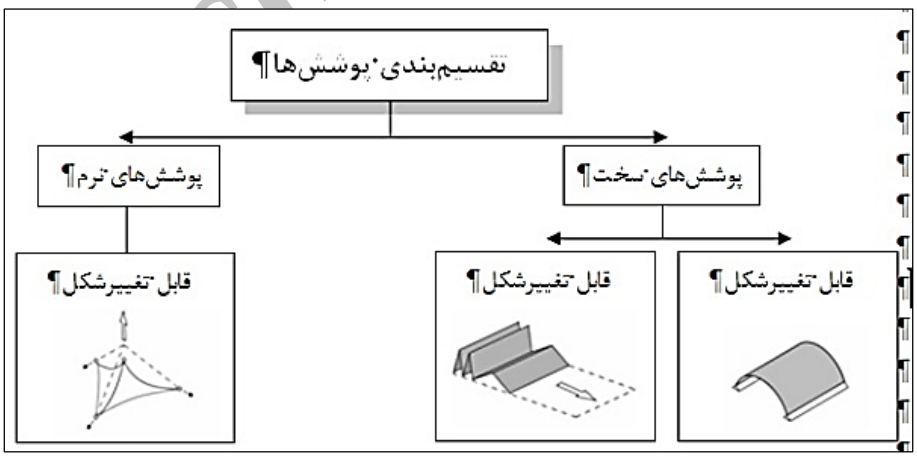


نگاره ۵:: تقسیم‌بندی سیستم‌های قابل تغییرشکل (ماخذ:کنفرانس سیستم‌های سازه‌ای پناهگاه‌های سیار IASS (۲۰۰٤))

ب- پوشش

پوشش‌ها را نیز می‌توان براساس آنچه که در سازه‌ها گفته شد به پوشش‌های متحرک و پوشش‌های ثابت (غیرمتحرک) تقسیم‌بندی کرد:

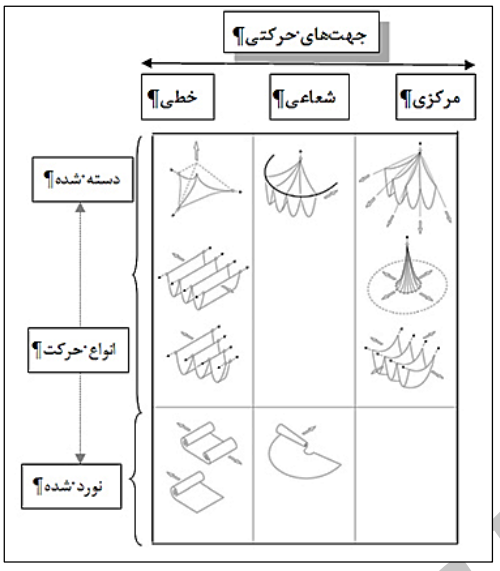
تمامی پوشش‌های نرم قابل تغییرشکل بوده که این نوع پوشش‌ها برای سیستم‌های پناه‌گاه‌های سیار مناسب‌ترند و پوشش‌های سخت نیز به دلیل نوع اتصالات از جمله اتصالات لغزشی، لولاهای مفصلی و یا خمش‌های سطحی برای ایجاد یک شکل منحنی، قابل تغییر کل هستند. اما ازآنجاکه نیاز سیستم‌های پناه‌گاه‌های سیار در کنترل محیط داخلی بیشتر است، لذا بیشترین استفاده در مصالح پوششی نرم سیستم‌هایی است که به راحتی باز و بسته می‌شوند (Alexnader, 1980).



نگاره ۶:: تقسیم‌بندی پوشش‌ها

پوشش‌های نرم به دلیل آنکه از مصالحی با مقاومت کششی و خمشی ساخته می‌شوند، قابل تغییر فرم بوده و نیروهای فشاری را انتقال نمی‌دهند. به‌طور عمده سه روش تاشدن[۹]، نورد کردن[۱۰] و دسته یا خوشه کردن[۱۱] برای ایجاد یک پوشش صاف به صورت یک سیستم فضایی وجود دارد.

www.SID.ir



نگاره ۷:: تقسیم‌بندی پوشش‌های نرم

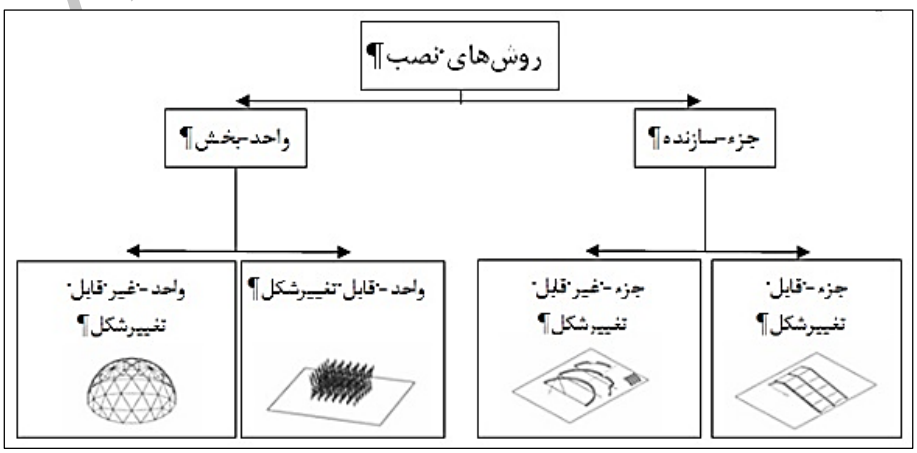
پوشش‌های سخت دارای مقاومت و پایداری بوده و قادر به تحمل بارهای خارجی می‌باشند، درحالی‌که پوشش‌های غشایی و نرم از مصالحی ساخته می‌شوند که مقاومت برشی یا خمشی ندارند و باید فرم و یا تنش‌های کششی داخلی آنها را طراحی کرد. غشاها تنها نیروهای محوری سطح را تحمل می‌کنند، بنابراین شکل، فرم و پیش‌تنیدگی در آنها بسیار مهم است. کاربرد پوشش‌های غشایی بدون داشتن ویژگی منحنی‌های مضاعف و پیش‌تنیدگی به دهانه‌های کوچک محدود می‌شود. بنابراین پوشش غشایی در سیستم پناه‌گاه‌های سیار به دلیل فرم‌های معمول را می‌توان به چهار نوع مسطح، منحنی، فرم‌های با انحنای مضاعف (زین اسبی) و فرم‌های تک انحنا (گنبدی) تقسیم‌بندی کرد (Burford, 2004).

انواع متفاوتی از تغییرشکل‌ها برای پوشش‌های نرم وجوددارد که شامل متحرک، نورد شده و انواع حرکت‌های جهت دار، خطی، شعاعی و مرکزی است، که براساس فرم سازه، موقعیت یا چگونگی باز و بسته شدن پوشش روی سازه تعیین می‌شود.

۵-۳- روش نصب

سیستم‌های ساخت و نصب در پناهگاه‌های سیار به دو نوع تقسیم‌بندی می‌شوند: سیستم ساخت به صورت واحد[۱۲] و سیستم ساخت به صورت اجزا[۱۳].

در روش واحد، اجزا از پیش آماده و سرهم گشته و در محل کارگاه تحویل و آماده نصب می‌شوند. اما در روش اجزا، بخش‌ها و عناصر سازه به‌صورت جدا در محل سایت و کارگاه تحویل داده شده و در محل سرهم و نصب می‌گردند.



نگاره ۸: سیستم‌های ساخت و نصب در پناهگاه‌ها

Archive of SID
www.SID.ir

نحوه ساخت و شیوه اجرا وابسته به روش انتقال اجزا یا واحدها در سیستم‌های سیار پناهگاه‌ها و محدودیت‌های خاص آن از جمله اتصالات، مقیاس ساخت در بخش‌ها و واحدها، اندازه، وزن و حجم اجزا و واحدها است (Burford, 2004). ساخت، نصب و سرهم سازی به سه روش زیر امکان‌پذیراست:

الف- روش پیش ساختگی و طراحی مدولار؛

ب- روش نصب و سرهم سازی بخش‌های مجزا؛

ج- روش تغییر فرم و شکل سازه یا پوشش و یا هر دو روش هم‌زمان (Burford, 2004).

فرایند نصب در سیستم ساخت؛ از نصب بخش‌های مختلف اجزا آغاز شده تا به شکل و فرم نهایی مورد نظر می‌رسد. این فرایند می‌تواند تنها شامل روش نصب و سرهم‌سازی اعضای مجزا باشد، یا شامل یک یا تعداد بیشتری مسیر تغییر در یک روش ساخت و نصب بوده و یا اینکه شامل ترکیبی از تغییرشکل سازه‌ای و روش ساخت و نصب بخش های مجزا و جدا باشد. ایده‌های اولیه‌ای که در ابتدا برای پناهگاه‌ها مطرح بود، شامل سیستم‌های سازه‌ای هوای فشرده یا پرشده از هوا بوده و یا سازه‌هایی که در مکان و محل سایت با اجزا و عناصر جدا سرهم می‌گردند (Burford, 2004).

۶- روش‌های اجرای پناهگاه‌های سیار

۶-۱- تیرهای متصل و کمانی شکل مدولار

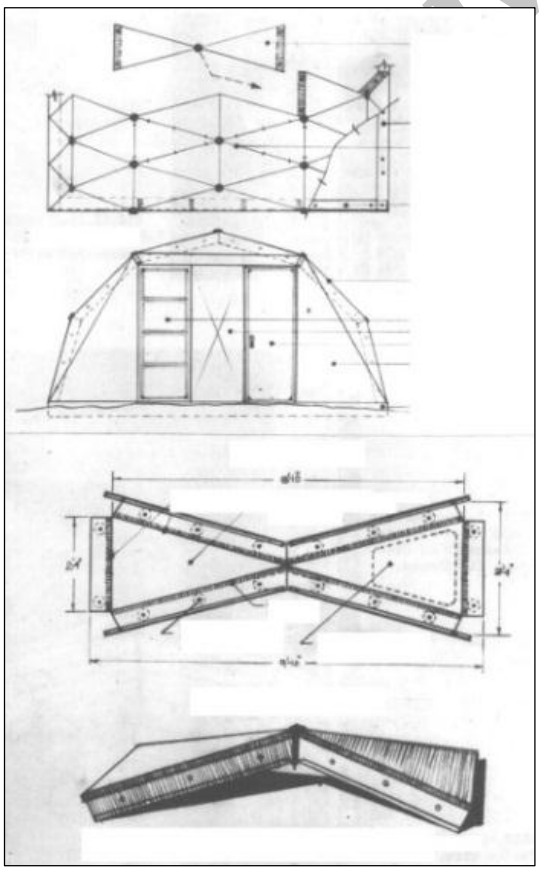
مجموعه مطالعات انجام شده روی تغییرشکل‌های هندسی و مختلف درزمینه مدول‌های فرم داده شده تیرهای کمانی (تویزه‌ای) نشان دهندهٔ آن است که طرح تیرهای کمانی پیشرفت‌های بسیاری داشته است که از آن جمله می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- داشتن مدول‌های پایه که شامل پانل‌های کامل و نیمه پانل‌ها است.
- سازه‌های مثلثی شکل و قوسی پانل‌ها؛ باعث ایجاد تنش‌های محوری و صلبیت در مدول‌ها می‌شود.
- نصب اجزای سازه از روی زمین و از درون سازه اتفاق می‌افتد.
- تویزه‌ها و تیرهای کمانی امکان نصب پارتیشن‌ها و مبلمان و انعطاف‌پذیری را در بخش‌های داخلی فراهم می‌کنند.
- توسعه خطی نامحدود.
- سیستم مدولار مثلثی امکان ایجاد بازشوهای محدود جهت ایجاد تهویه، در و پنجره را با حذف چندین مدول یا نیم مدول فراهم می‌سازد. شکل شمارهٔ ۳ اتصال ستاره‌ای شکل را در سیستم پناهگاه‌ها نشان می‌دهد.
- واحدها می‌توانند به آسانی از هم باز شده و برروی زمین برای انبار کردن و حمل و نقل آماده شوند.

اتصال کمان‌ها به روش‌های زیر انجام می‌شود:

الف- روش اتصال با میخ و پرچ: مصالح به‌کار رفته از نوعی فیبر موجدار قوطی شکل است، که در اتصال پانل‌ها به یکدیگر از میخ یا پرچ با واشرهایی برای حفظ مدول‌های همجوار استفاده می‌شود.

ب- استفاده از تاق‌هایی از صفحات فلزی و ستاره‌ای شکل: در این روش علاوه بر صلبیت و سختی سازه و صفحات، یک اتصال ستاره‌ای شکل و پیش‌ساخته طراحی می‌شود. این اتصالات با حذف سوراخ‌ها در تقاطع صفحات صلب موجب تحمل بسیاری از تنش‌های کششی در میانه مدول‌ها می‌گردند. این صفحات فلزی به‌صورت زاویه‌دار روی لبه‌ها در تقاطع و یا رأس پانل‌ها قرار می‌گیرند و به‌وسیله مهره‌هایی به هم متصل می‌گردند. اما این اتصالات سنگین و

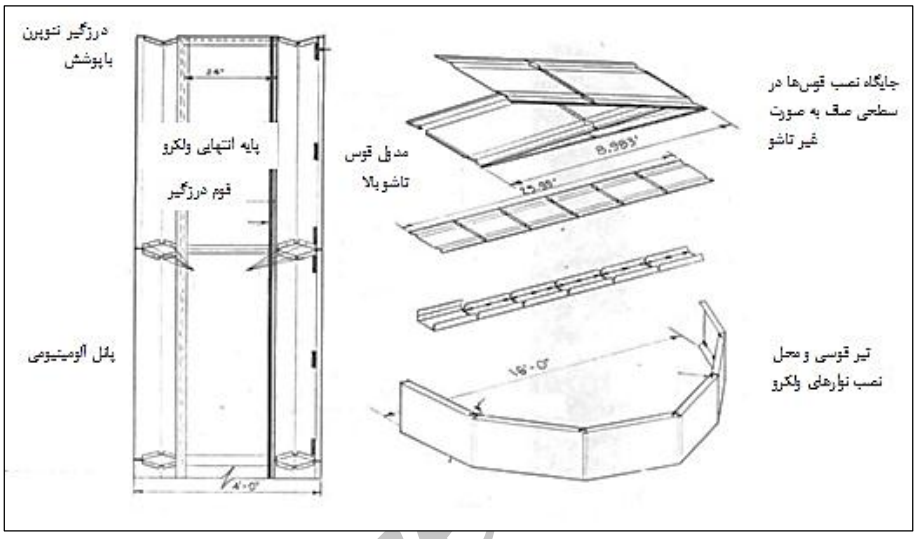


Archive of SID
www.SID.ir

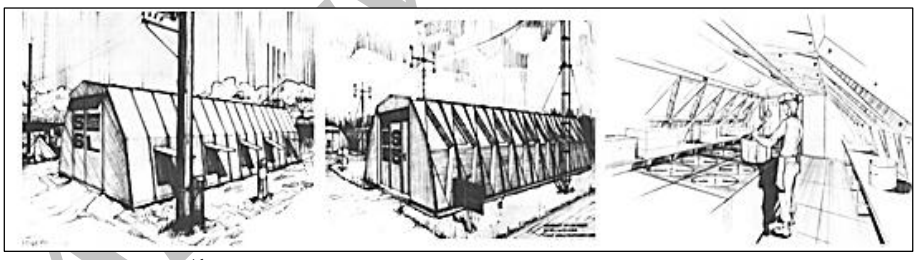
حجیم بوده و قوی‌تر از صفحات پانل‌های به‌کار رفته هستند و سبب افزایش وزن سیستم می‌گردند.

ج- کمان‌های (تویزه‌ها) تقویت شده با ورق‌های فلزی: این روش نوعی ساندویچ پانل است (Alexander, 1980) که شامل دو لایه کاغذ کرافت و یک لایهٔ میانی از فوم یورتان بوده و ضخامت آن ۳/۵ تا ۹/۵ سانتیمتر است.

تویزه‌ها مدول‌های تاشو هستند که با نوارهای آهنی گالوانیزه با مقطع ا تقویت می‌شوند. اندازه مشخص شده برای این نوع پناهگاه‌ها، مدول‌هایی به ابعاد ۹۵ سانتیمتر طول و ٤٠ سانتیمتر عرض برای ابعاد در و پنجره است که به‌صورت پیش‌ساخته بوده و در محل نصب می‌شوند. این مدول‌های تاشو، تویزه‌هایی تقویت شده با ورق آلومینیوم و واشر و پیچ دستی در محل اتصالات است و با اندودی از نوع اپوکسی و تفاوت رنگ درنمای داخلی و خارج روکش می‌شوند (Alexander,1980).



نگاره ۹: طرح مدول‌های تاشو و لوزی شکل



نگاره ۱۰: قوس فرم داده در موقعیت افقی و حجم داخلی و خارجی[14]

۶-۱- ۲- طرح مدول‌های تاشو و لوزی شکل

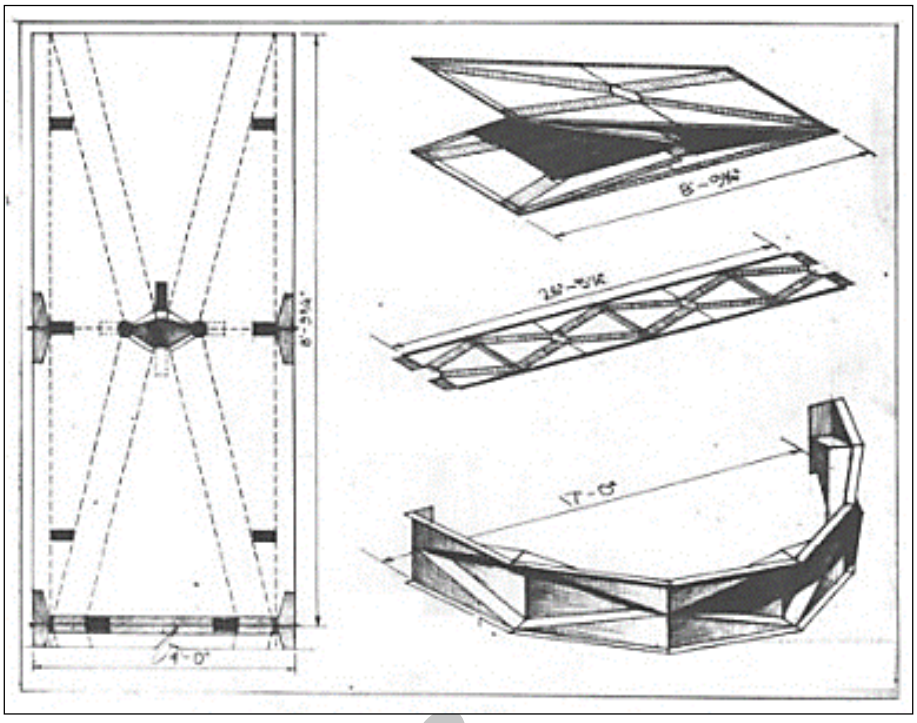
در این طرح از صفحات تاشو چهارگوش و مسطح استفاده می‌شود که متشکل از صفحاتی با هسته مرکزی از جنس پلی یورتان بوده و در آن مصالح کمتری به‌کار می‌رود. سه عدد ازمدول‌ها در این فرم چهارگوش در کنار هم قرارگرفته و در حالت غیرتاشو یک قوس کامل را شکل می‌دهند.

الف- طرح تیرتاشو[15]

در این طرح یک قوس تاشو ازاتصال سه پانل چهارگوش حاصل می‌شود، که هر مدول از عرض برای تا شدن آماده می‌گرددو به این ترتیب یک تیر با مقطع مثلثی فرم داده می‌شود. برای تقویت دربرابر نیروهای فشاری و تنظیم هنگام تاشدن مدول‌ها، زبانه و شیارهای کوچکی به عنوان نشانه روی قوس دیده می‌شود و لبهٔ مدول‌های لوزی شکل به وسیله مجراهایی از جنس آلومینیوم پوشیده می‌شود. مقاومت کششی در این مدول‌ها به وسیله نوارها و تسمه‌هایی که (و با نام کارخانه‌ای ولکرو[16] شناخته می‌شوند) به پایه‌ها متصل شده و به عنوان پوشش روی نمای تیر به‌کار می‌روند، حاصل می‌شود. نوارهای ولکرو برای اتصال قوس‌های همجوار داخلی و بیرونی قوس‌های اصلی به‌کار می‌رود. در نمای داخلی پناه‌گاه‌ها نوارهای ولکرو تیرهای نزدیک و مجاور هم را به هم وصل می‌کنند و در خارج یک نوار نئوپرن باپوشش نایلون روی لبه قوس چسبانده شده و قوس‌های مجاور هم را که به وسیله قلاب‌های ولکرو به

www.SID.ir

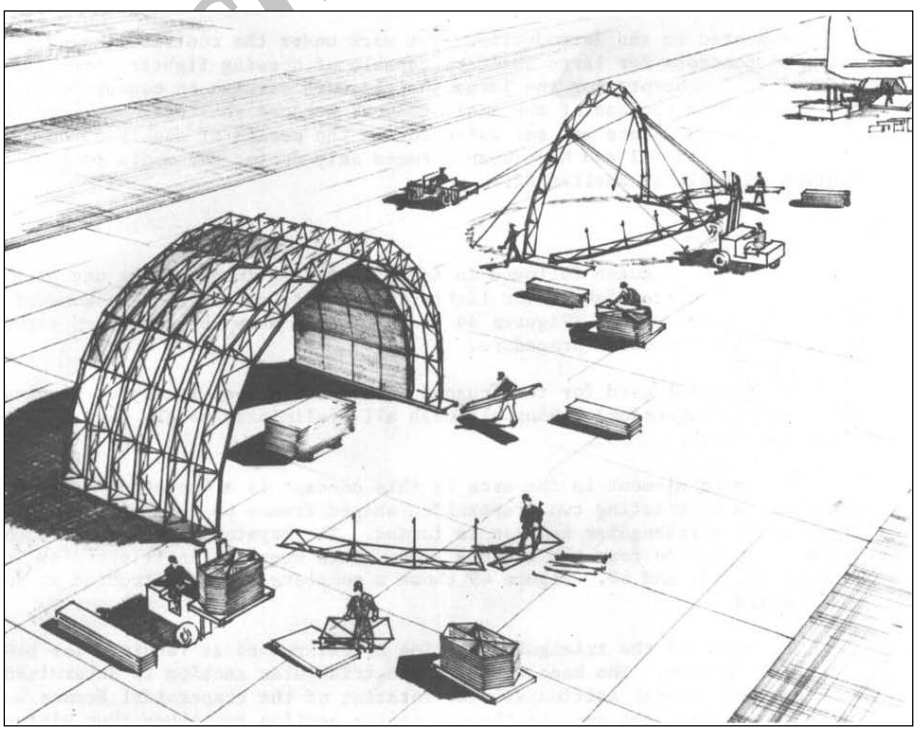
یکدیگر نزدیک شده‌اند را در محل درزها فشرده و حفظ می‌نماید. این درزگیرها در واقع نوعی واشر نئوپرن بوده که نوارهای ولکرو را هم راستا می‌نماید تا یک اتصال عایق دربرابر رطوبت و هوا ایجاد کند (Alexander, 1980).



نگاره ۱۱: مدول های هندسی قوس تاشو

۶-۲- پناه‌گاه‌های بزرگ

در این پناه‌گاه‌ها قوس‌های خرپایی از جنس آلومینیوم و یا منیزیوم با اعضای قوطی شکل و نوعی پوشش فلزی سبک ساخته می‌شوند. اساس این اعضا در قوس، قاب‌های ذوزنقه‌ای شکل با مقطع مثلثی است، عمق این مقاطع مثلثی برای یک تیر قوسی شکل خمشی تعیین و عرض پایه‌های این مقاطع برای مقاومت دربرابر نیروهای مورب و جانبی تعیین و طراحی می‌شود.



نگاره ۱۲: نمونه‌ای از پناه‌گاه‌های بزرگ

Archive
www.SID.ir

۶-۲-۱- گزینه‌های طراحی

- قوس سه مفصلی: در این حالت بال چپ و راست قوس در مرکز با یک مفصل به هم متصل شده و سپس در محل کارگاه با جرثقیل به وسیله کابل‌های مابین بال‌های چپ و راست قوس و نقطه مفصلی به بالا کشیده شده تا به فرم نهایی خود می‌رسد.
- سازه کششی: نوعی سازه کششی با طرح مدول‌های شش وجهی است که به وسیله دکل‌های فشار قوی و کابل‌های کششی نگهدارنده پوشش غشایی برپا می‌شود.
- قوس فشاری: شامل پوسته‌هایی ساخته شده از ورق پلاستیک است که در لبه‌ها با نوعی پیچ دستی هم پوشانی دارند و صلبیت و سختی را در اطراف سازه ایجاد می‌نمایند.
- ترکیب قوس خرپایی و پانل‌های عایق حرارتی
- استفاده از سازه‌های فضاکار

۶-۳- سیستم‌های سازه‌ای با سرعت و سهولت بازوبسته شدن

سیستم پناهگاهی M28 که توسط ارتش امریکا طراحی گردید، سازه‌ای متشکل ازتیرهای پر شده از هواست، که با کابل‌های کششی و یک قاب فلزی صلب منطبق با عملکردهای مختلف در هر شرایطی حفظ و نگهداری می‌شود و یک مدول غشایی قابل توسعه را فراهم می‌سازد.

اولین پناه‌گاه‌های باز و بسته شونده در سال ۱۹۶۰ طراحی شد. این سیستم‌ها که تحت عنوان M-S1 شناخته می‌شوند شامل تریلر حمل، نگهدارنده‌ها، منابع تولید نیرو، واحدهای کنترل محیط و تجهیزات فیلتر هوا هستند، که از دیوارهای دو جداره با سازه هوای فشرده و سطح اشغال ۱۸ مترمربع ساخته می‌شوند. ساختار این نوع پناه‌گاه‌ها دیوار غشایی دو لایه از پارچه چند لایه[۱۷] با پوشش نئوپرن با تنظیم فشار هوای داخل آن است که به صورت یک اتاقک پیش ساخته توسط ۵ نفر در ۳۰ دقیقه نصب و برپا می‌شوند. ابعاد داخلی این سازه ۲/۲۵ متر ارتفاع، ٤/۵ متر عرض و ٤/۲ متر طول است. همچنین در بخش ورودی این پناهگاه یک سازه هوای فشرده به ابعاد ۲/۱ × ۱ × ۳/۳ متر قرار می‌گیرد (Verge, 2001).

اما ارتش به سازه‌هایی با وزن کمتر، واحدهایی با حجم کمتر و نصب و سرهم‌سازی سریع‌تر نسبت به سیستم M-S1 نیاز داشت. پیشرفت در سازه‌های هوای فشرده، موجب اضافه شدن عضوهای سازه‌ای از جمله تیرهای پرشده از هوا بود که باعث استفاده از قوس‌هایی با تنظیم فشار هوای داخلی آنها که قادرند در دهانه‌های ۵/٤ متری با بار برف psf ۱۰- ۵ و نیروی mph ۳۰ باد را تحمل کند، شد. در چنین حالتی قطر تیرها حدود ۳۵- ۲۷/۵ سانتیمتر خواهد بود.

این پارامترها براساس کشش مورد نیاز در دیوارهٔ قوس‌ها مطرح می‌شود که برابر است با حداکثر نیروی تنش‌های خمشی که از خارج وارد می‌شود. اجزای استوانه‌ها به گونه‌ای انتخاب شده که قابل باز شدن و حمل و نقل بوده و از جنس نوعی نایلون است. ابعاد فضاهای داخلی در این سیستم ۳ ×۷/۵×۵/٤ متر و دارای ۳۶ مترمربع سطح زیربناست. مصالح مختلفی برای این نوع سیستم طراحی و آزمایش شد که شامل نایلون، تفلون، کتدوینیل، پلی استر و نئوپرن بود که در نهایت تفلون با نوعی پوشش مخصوص (Fowler, 1986) انتخاب شد که این پوشش مقاومت حرارتی پوسته را نیز افزایش می‌دهد (Verge, 2001).

روش نصب این سیستم به‌گونه‌ای است که هم‌زمان با بازشدن قوس‌ها یک قاب نگهدارنده نیز به‌کار می‌رود. این قاب نگهدارنده همان هندسه پروفیل غشاهای استفاده شده از جنس تفلون را دارد که با ۵ میله کامپوزیت فایبرگلاس با کابل‌های پیش تنیده حفظ می‌شود. میله‌های فایبرگلاس به ضخامت و قطر ۲/۵ سانتیمتر به‌کار می‌رود و انتخاب آن به دلیل انعطاف‌پذیری و مقاومت زیاد دربرابر تنش است، سطح مقطع این میله‌ها می‌تواند مربع و یا دایره باشد (Amy, 2001). استفاده از میله کامپوزیت با کابل کششی به عنوان عضو کششی و فشاری تواماً در سازه عمل می‌کند. بنابراین بارهای کششی اعمال شده بر روی پناهگاه به کابل و فشار و تنش به میله‌ها منتقل می‌شوند و نگهدارنده‌های جانبی برای جلوگیری از کمانش دربرابر نیروهای جانبی روی این سیستم به مراتب بسیار کمتر از سیستم هوای فشرده و قاب صلب است. مصالح سیستم پناهگاه تفلون بوده اما در مورد قوس‌ها از نئوپرن بافته شده با نایلون است که به دلیل عایق‌بندی لایه نئوپرن مابین دولایه نایلون قرار می‌گیرد (Fowler, 1986)

۶-٤- طراحی پناهگاه‌های موقت و سیار

روش‌های زیر برای طراحی و اجرای ی پناه‌گاه‌های موقت و سیار در بسیاری از کشورهای جهان به‌کار گرفته می‌شوند.

۱- استفاده از تیر قوسی شکل تاشو با واحدهای قابل انتقال روی یک شبکه سه طرفه: این سیستم یک سازه باز و بسته شونده تک منحنی و ترکیبی از واحدهای قابل انتقال برروی یک شبکه سه طرفه است که فرم آن یک شکل نیمه استوانه بوده و اساس آن واحدهای قیچی‌سان قابل انتقال

Archive of SID

www.SID.ir

می‌باشد، تا فرم یک سازه مشبک دولایه را فراهم سازد. این واحدهای قیچی سان برروی یک شبکه سه طرفه مثلثی شکل (که در پایداری سازه نقش به‌سزایی دارد)، قرار می‌گیرند. سرانجام یک پوشش غشایی کششی از جنس پلی‌استر با روکش PVC به این سازه میله آلومینیومی نصب می‌شود. این سازه دارای ۱۰ متر طول، ۱۳ متر ارتفاع و ۶ متر دهانه است (Fowler, 1986).

۲- استفاده از یک تیر قوسی باز و بسته شونده و انتقال واحدها برروی یک شبکه دو طرفه: انتقال واحدهای قیچی‌سان روی یک شبکه دو طرفه و مورب صورت می‌گیرد و دو نیم‌کره در انتهای سازه‌ها به انتهای قوس اضافه می‌گردد (Fowler, 1986).

۳- استفاده از سازه میله‌ای باز و بسته شونده که اساس آن بر هندسه و رفتار متحرک سازه‌های صفحه‌ای تاشو است که همانند هنر سازه‌های کاغذی تاشو عمل می‌کند. اما در اینجا به جای یک صفحه تاشو می‌توان از میله‌های نازک آلومینیومی با اتصالات مفصلی استفاده کرد.

٤- استفاده از دکل‌های باز و بسته شونده با اجزای زاویه‌دار: این طرح یک سازه خطی باز و بسته شونده با واحدهای قیچی‌سان زاویه‌دار خواهد بود که به عموان یک دکل برای یک سطح سازه کششی موقت به‌کار می‌رود و به عنوان یک عضو فعال در طول طول فرایند نصب عمل می‌کند (Zuc, 1970).

نتیجه گیری

با توجه به مطالب ارائه شده در این مقاله می‌توان نتیجه گرفت که ساده‌ترین راهکار برای پناه‌گاه‌ها ساختمان‌هایی است که برای قرارگیری و قابل استفاده بودن در مکان و موقعیت‌های مختلف قابل استفاده باشد. انعطاف‌پذیری به عنوان روشی با قابلیت حمل و نقل و انتقال در یک سازه پایدار می‌تواند در ساختار اصلی و پوشش آن در نظر گرفته شود. بنابراین یکی از راهکارهای پیشنهاد شده که قادر است انواع مختلفی از ساخت اشکال ساختمان‌های پناه‌گاهی را دربرگیرد، عناصر ساخت کارخانه‌ای است که به عنوان یک بخش کامل و آماده در کارخانه ساخته شده و به سرعت به محل اجرا منتقل و در محل خود نصب و جای‌گذاری می‌گردد. نوع دیگر از روش‌های پناه‌گاه‌های قابل انتقال، ترکیبی از سیستم‌های مدولار است که به آسانی قابل انتقال بوده و به سرعت در محل نصب می‌شوند. این روش بیشترین سطح انعطاف‌پذیری را برای قابلیت انطباق با محیط‌های مختلف داراست. بنابراین با توجه به اهمیت پروژه‌ها و قابلیت انتقال ساختمان‌ها در صورت طراحی آنها در کارخانه، راه‌حل مناسبی برای سرعت باز و بسته شدن و قابلیت دسترسی آنها در زمان مکان‌های مختلف است. بسیاری از گزینه‌های ساخت پناه‌گاه‌ها مانند پانل‌های یکپارچه، قاب‌ها، سازه‌های غشایی و سیستم‌های هوای فشرده برای تولید انواع فرم در ساختمان‌ها و ساخت به‌کارگرفته می‌شوند.

آنچه که ازبخش اول این مقاله نتیجه می‌شود دسته‌بندی سیستم‌های سازه‌ای برای پناه‌گاه‌های سیار است که باتوجه به موقعیت زمانی و مکانی و جابه‌جایی و قابلیت انتقال بین فضاها و تغییرات فرم آنها طراحی می‌شوند و باید قابلیت انتقال و حمل و نقل را داشته و نصب و سرهم‌سازی آنها آسان و سریع باشد. اولین عامل تعیین کننده شکل‌شناسی پناه‌گاه‌های سیار، پایداری و ایستایی آن است که پایه و اساس دیگر عوامل طراحی چنین ساختمان‌هایی است.. فرم سیستم پناه‌گاه‌ها با توجه به درجه احاطه شدن فضا و مرز فضاهای بسته و باز طراحی و دسته بندی می‌شود و ساخت و اجرای یک پناه‌گاه سیار شامل دو بخش کلی سازه و پوشش است.

آنچه که از بررسی نمونه‌ها و انواع روش‌های اجرای پناه‌گاه‌های سیار نتیجه می‌شود، طرح تیرهای کمانی شکل مدولار است که با طرح مدول‌های تیر تاشو و لوزی شکل قابل اجراست. همچنین برای اجرای پناه‌گاه‌های بزرگ می‌توان از قوس‌های خرپایی سه مفصلی، دکل‌های فشاری با کابل‌های کششی نگهدارنده یا قوس‌های فشاری به عنوان سازه اصلی استفاده کرد. برای برپایی پناه‌گاه‌هایی باسرعت سهولت باز و بسته شدن نیز از قاب‌های مدولار قوسی و پوشش پارچه به عنوان روش‌های معمول می‌توان استفاده نمود.

Archive of SID
www.SID.ir

پی نوشت ها

1. Micheal Fox
2. Buckminster Fuller
3. Emilio Pérez Pinero
4. Iris Dome
5. Chuck Hoberman
6. Brayant Yeh
7. Cable Scissors Arch
8. Kokawa
9. Folding
10. Rolling
11. Flaking- Bunching
12. Unit
13. Component

۱٤. مشخصات سازه قوس با تیر تاشو عبارت است از: پانل‌هایی با هسته عایق حرارتی با نصب نوارهای ولکرو روی آن، تیرهای اصلی، درزگیر تیرهای اصلی و پانل‌های ابتدا و انتهای پناهگاه. تیرهای اصلی از جنس آلومینیوم پیش ساخته، عایق‌بندی شامل پانل‌هایی با ضخامت ۲/۵ سانتیمتر، پر شده با فوم پلی یورتان و متصل به نوارهای ولکرو، نورگیرها از جنس صفحات اکریلیک به ضخامت۶ میلیمتر.

15. Fold Beam
16. Velcro
17. Laminated Fabric

فهرست منابع

۱. عینی‌فر، علیرضا؛ ۱۳۸۲؛ **الگویی برای تحلیل انعطاف‌پذیری در مسکن سنتی ایران**، نشریه هنرهای زیبا، شماره ۱۳.

۲. لنگ، جان؛ ۱۳۸۱؛ **آفرینش نظریه معماری ،نقش علوم رفتاری در طراحی محیط**، ترجمه علیرضا عینی‌فر، مؤسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران؛ چاپ اول.

۳. ونتوری، رابرت؛ ۱۳۵۷؛ **پیچیدگی و تضاد در معماری**، ترجمه محمود بشارتی‌راد و واهان پزشکیان، نشر نی.

4. Alexander, JAMES. M. (1980), **Lightweigth -Expandable-Support Shelter System,** College of Design Architecture &Art University Of Cincinnati, A collaborative design project accomplished by Junior Architecture and Industrial Design students, College of Design, Architecture, and Art, University of Cincinnati, USA.
5. Burford, N. and C. Gengnagel (2004), **A Morphology of Mobile Shelter Systems**, Conference Proceedings IASS Symposium, France.
6. Fox, M. (2007), **Flexible: Architecture that Responds to Change**, Laurence King Publishers.
7. Folwer, Walter and Mark Sinofsky (1986), **Development of a Frame and Fabric Battalion Aid Station**, Natick/TR-88/036L, ChemFab New York, Inc., Buffalo, NY 14225.
8. Fowler, Walter and Mark Sinofsky (1986), **Development of an Improved Air-Supported Battalion Aid Station**, Natick/TR-88/029L, ChemFab New York, Inc., Buffalo, NY 14225.
9. Fowler, Walter and Mark Sinofsky (1987), **Development of Trailerless Collective Protection Shelter**, Natick/TR-88/028L, ChemFab New York, Inc., Buffalo, NY 14225.
10. Verge, Amy Soo (2001), **Rapidly Deployable Structures In Collective Protection Systems.** natick.army.mil/soldier/jocotas/ColPro_Papers/Verge.pdf
11. Zuk, William and Roger Clark (1970), **Kinetic Architecture**, Van Nostrand Reinhold, New York, USA
12. http://www-civ.eng.cam.ac.uk/dsl/, 2008
13. http:// www.drash.com.2004
14. http://www.kinetic-art.org, 2008
15. http://www.sciencedirect.com/science/journal/00457949, 2008
16. http://ww.usgbc.org,2009
17. http://www.censdta.com, 2009
18. http://airchange.ir/

Archive of SID
www.SID.ir