

نهمین سمپوزیوم بین‌المللی گرمایش، تهویه و تهویه مطبوع (ISHVAC) و سومین کنفرانس بین‌المللی انرژی و محیط زیست ساختمان (COBEE)

سیستم ساختمانی با انرژی بهینه با استفاده از منابع طبیعی تحقیقات سیستم ابرخشت

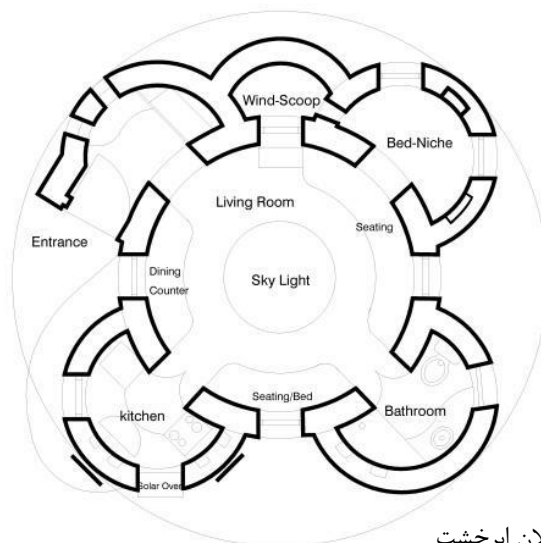
دریافت اصل مقاله: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705815029616>

چکیده

ابرخشت یک سیستم مقرون به صرفه، بهینه از نظر انرژی و زمان و سازگار با محیط زیست است که توسط نادر خلیلی، معمار متولد ایران ابداع شده است. سیستم ابرخشت مواد طبیعی و سنت‌های روستایی را به هم مرتبط می‌کند، تا روشی جدید برای استفاده از مواد طبیعی مانند خاک، آب، باد و آتش ایجاد کند که می‌تواند در مدت زمان کوتاهی بدون هیچ‌گونه تجهیزات ساختمانی بزرگ به پایان برسد. این یک گزینه ساختمانی بسیار مناسب برای مناطق بحران زده و همچنین مناطق محروم است. ارزش اجتماعی و زیست‌محیطی زیادی دارد. هدف از این مطالعه معرفی سیستم ساختمان، تجزیه و تحلیل تهویه، روشنایی و عایق بندی پیش‌نمونه سیستم ابرخشت می‌باشد. در همین حال، در مورد اینکه چرا ویژگی‌های محلی دارد و در مورد دامنه احتمالی کاربرد آن صحبت می‌شود.

مقدمه

ابرخشت شکلی از سازه کیسه‌خاکی است که توسط معمار ایرانی نادر خلیلی ایجاد شده است. در این تکنیک از لوله‌های فابریک بلند یا کیسه‌های پر شده با خاک به صورت لایه لایه برای تشکیل ساختار فشرده‌سازی استفاده می‌شود. این سیستم منابع سنتی و طبیعی مانند خاک، آب، باد و آتش را به هم مرتبط می‌کند تا خانه‌هایی با انرژی بهینه ایجاد کند. این راه موثر برای فرد فراهم می‌کند تا در مدت زمان بسیار کوتاه و بدون کمک سکونتگاهی بسازد. با توجه به ساختار سقف قوسی خود-نگهدار ابرخشت می‌تواند یک فضای واحد باشد یا از طریق ادغام چندین سیستم قوس، فضاهای بیشتری را تشکیل دهد. (شکل ۱)



شکل ۱. پلان ابرخشت

منبع: www.calearth.org

این امر امکان انعطاف پذیری و تنوع فضا را فراهم می‌کند. به دلیل اینکه مواد بومی و قابل بازیافت هستند و همچنین ساختار آن نیازی به تجهیزات ساختمانی ندارد و نمونه اولیه آن از تهویه، روشنایی و عایق خوبی برخوردار است. ابرخشت نوعی سیستم ساختمانی زیست‌محیطی و پایدار است.

الهام و مفهوم سیستم ابرخشت نه از تجربه طراحی معماری مدرن، بلکه از تأثیر ساختمان‌ها و مناظر سنتی روستایی همراه با شاعر ایرانی قرن سیزدهم به نام مولانا رومی نشأت می‌گیرد. نادر خلیلی که در ایران متولد شد، گواهینامه طراحی معماری خود را در سال ۱۹۷۰ در کالیفرنیا

دریافت کرد. خلیلی مانند بسیاری از معماران دیگر، آسمان‌خراش‌های زیادی طراحی کرده بود و سپس متوجه شد که باید کاری معنادار برای نیازمندان انجام دهد. خلیلی کار خود را به عنوان معمار مدرنیسم در آمریکا رها کرد و به مدت پنج سال به مناطق کویری ایران سفر کرد با نگرستن به همه اینها با نگاهی نو، خلیلی معماری سنتی روستایی را شگفت‌انگیز، ناب و ارزشمند دید و دهها هزار اتاق گلی روستایی او را تحت تأثیر قرار داد و به فکر واداشت. مولانا تصور می‌کرد که عناصری مانند آب، باد و آتش در زمین دارای قدرت زیادی هستند که می‌توانند درون و بیرون زندگی را به گردش درآورند. اگر بتوان این عناصر را به خوبی متعادل کرد، محیط و تمام زندگی در جهان از وضعیت خوبی برخوردار خواهند شد. مولانا گفته بود: خاک طلای خردمندان می‌شود (کاملی گر خاک گیرد زر شود). خلیلی با تأثیر از مولانا به ارزش خاک پی برد و مفهوم طراحی خود را با استفاده از خاک رس برای ساخت (شکل ۲) و آتش برای پختن شکل داد (خانه سرامیکی).



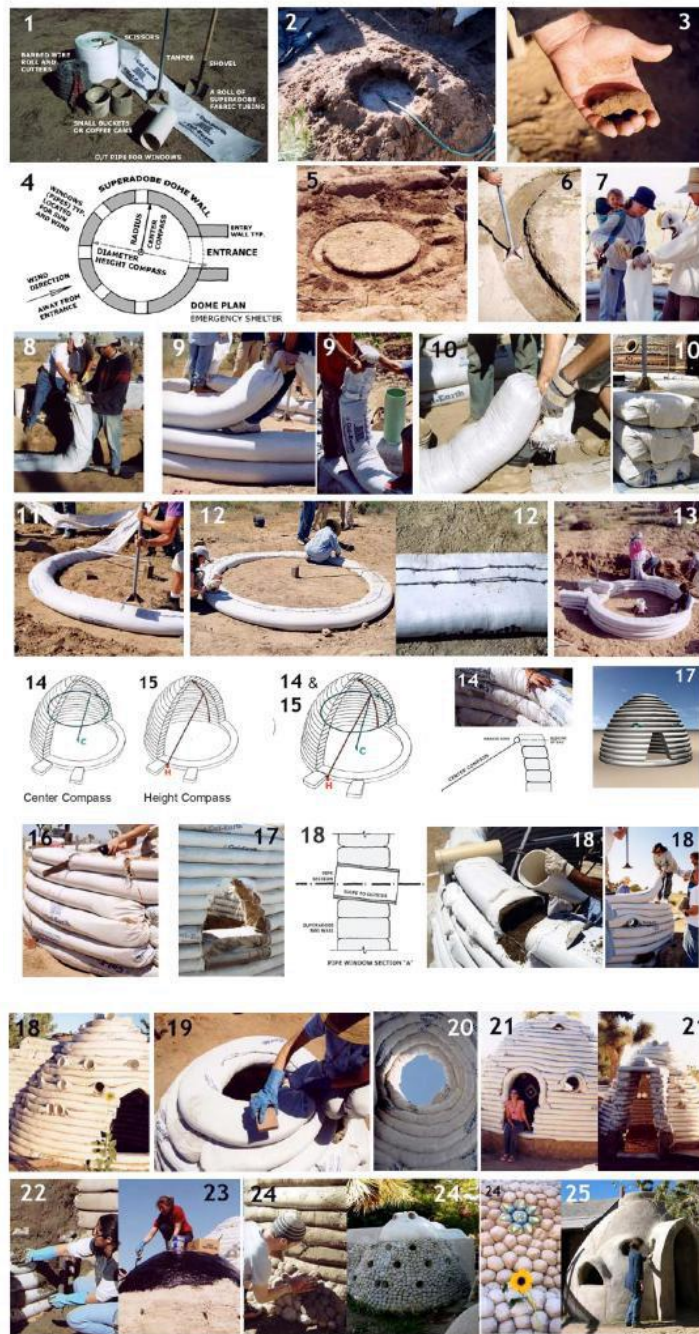
شکل ۲. نمای بیرونی ابرخشت

منبع: www.calearth.org

نادر خلیلی شروع به تحقیق در مورد چگونگی استفاده هر چه بیشتر از منابع طبیعی و بررسی امکان عدم استفاده از تکنولوژی پیشرفته برای ساخت خانه در دنیای مدرن کرد. سیستم ابرخشت می‌تواند خواست فوق را برآورده کند و عملکرد لرزه‌ای خوبی دارد. برای فقرا گزینه خوبی بوده و برای ماه نیز مناسب است. در سال ۱۹۸۶، خلیلی یک سازمان تحقیقاتی به نام Cal Earth را تأسیس کرد که کار عملی را در منطقه هیسپریای کالیفرنیا در صحرای موهاوی آغاز کرد. مطالعات اصلی او در مورد هنر خاک و مشکلات فنی سازه سفالی است. دامنه تحقیقات او شامل ساخت خانه ای در ماه با نوآوری های فنی برای ناسا (اداره ملی هوانوردی و فضایی) و همچنین ساخت مسکن برای افراد بی خانمان در ایالات متحده است. فلسفه ساختمان به دنبال هماهنگی بین هنر و طبیعت است. نمونه اولیه مهندسی کیسه شنی برنده جایزه آقاخان در سال ۲۰۰۴ شد. Cal-Earth مفاهیم و روش های خود را در اینترنت منتشر کرده است. کارها و عملکردهای Cal Earth توسط سایر مؤسسات تحقیقاتی به عنوان مدل مورد مطالعه قرار گرفته است.

روش و مواد

خاک، آب، هوا و آتش مواد اصلی سیستم ابرخشت هستند. فرآیند ساخت آسان بوده و در زمان صرفه جویی می‌شود، اما صبر و بردباری زیادی لازم دارد. (شکل ۳)



شکل ۳. روند ساخت ابرخشت
منبع: www.calearth.org

ابتدا تعدادی ابزار مانند قیچی، میله، بیل، رول گونی های بافته شده، لوله های کوتاه، بشکه یا مخزن قهوه، یک رول سیم فلزی خاردار و یک انبردست جمع آوری کنید. سپس خاک بکر را، بکنید و مقداری سیمان و آب را با هم مخلوط کنید، سیمان یا آهک یا امولسیون آسفالت را برای تقویت اضافه کنید. به اندازه کافی آب اضافه کنید و آن را به صورت یک توپ فشار دهید تا به دستتان نچسبد. محل ورودی باید طوری انتخاب شود که از باران و باد جلوگیری شود. یک ترانشه به عمق ۳۰ سانتی متر در خاک بکر حفر کنید و خاک را صاف کنید تا متراکم شود. سپس، یک کیسه را به روی این ترانشه بخوابانید. قسمت دم را تا کنید تا بسته شود، و پس از این، کیسه مانند ستون کوتاهی می شود که در حال رشد است. خاک را داخل کیسه بریزید و مدام آن را به سمت انتهای گونی، تکان دهید یک روش خوب برای جلوگیری از پیچ خوردگی کیسه ها، کج کردن کیسه به سمت پا با کمک گرانش زمین است و بعد از اینکه کیسه به خوبی پر شد، پای خود را بردارید. سپس موقعیت آن را با هنجار

اصلاح کنید. اطمینان حاصل کنید که قسمت دم کیسه به خوبی تا شده است تا بسته شود. اطمینان حاصل کنید که قسمت دم کیسه به خوبی تا شده است تا بسته شود. برای متراکم کردن کیسه شن از کوبیدن استفاده می شود برای اینکه صاف، ثابت و یکنواخت خوب درزگیری شود تا زمانی که به اندازه کافی محکم شود. سیم خاردار بین لایه‌های مختلف کیسه‌های شن، به منظور پایداری آنها، بسته می‌شود. سیم اول ۴ متر طول دارد، سیم بعدی به ۶۵ سانتی متر بیشتر نیاز دارد تا از قسمت همپوشانی در هنگام شکست اطمینان حاصل شود. هر وقت تا ارتفاع معینی ساخته شد، از دو هنجار استفاده میشود تا از شکل گنبدی سقف اطمینان حاصل شود. یکی از هنجارها، هنجار مرکزی است که با یک طناب سیمی یا زنجیری که خاصیت ارتجاعی ندارد، در مرکز زمین تشکیل شده است. هنجار دیگر، هنجار ارتفاع است که طول آن می‌تواند با توجه به لایه گونی‌ها (رَج) افزایش یابد و اگر کیسه شن با مسیر هنجار مطابقت نداشته باشد باید دوباره مرتب شود.

مرحله بعدی ساخت در و پنجره است. برش بخش‌هایی از کیسه‌های شن و ماسه برای ایجاد بازشوها. برش خاک بواسطه ضربه باید به گونه‌ای باشد که اطمینان حاصل شود که خاک درگونی اصلی حفظ میشود. بعد از بالا آمدن ۵ ردیف گونی درب را میتوان کار گذاشت. لوله را به عنوان پنجره داخل کیسه شن قرار دهید. برای جلوگیری از ورود باران به داخل، لوله باید به سمت بیرون متمایل شود. در بالای لوله، با حفظ فرم کیسه را بگذرانید و خشت را ایجاد کنید. برای حمایت و محافظت از ورودی، درگاه قوسی شکل را اضافه کنید. راه در می‌تواند قوسی یا شیب دار، بالاتر یا پایین تر باشد. (شکل ۴)



شکل ۴. روند ساخت ابرخشت

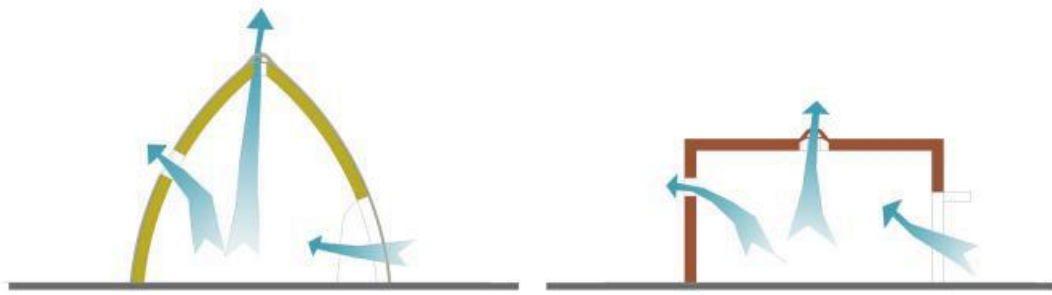
منبع: www.calearth.org

در نهایت مرحله حفاظت از کار است. قبل از هوازدگی کیسه سطح را با بتن بپوشانید. و با مواد ضد آب بپوشانید تا ضد رطوبت و ضد خوردگی باشد. در اساس کارهای فوق، می‌توان آن را با سطح صاف یا آهکی ختم کرد.

نتایج

به منظور بحث در مورد کاراکترهای بهره‌وری انرژی سیستم، می‌توان آن را از جنبه‌های تهویه، روشنایی و عایق تجزیه و تحلیل کرد. نمونه اولیه انتخاب شده یک تک گنبد است. اول از همه، سقف گنبدی در صورتی که که طول دیوار داخلی یکسان باشد، نسبت به سقف مسطح تهویه بهتری دارد. (شکل ۵). با بررسی همپوشانی مدل‌ها، ارتفاع از پنجره‌های سقف تا کف گواهی می‌دهد که سقف گنبدی جریان هوا را بهتر تسریع کرده است زیرا یک اثر دودکشی (Stack Effect)^۱ را تشکیل می‌دهد. به منظور تجزیه و تحلیل تهویه نمونه اولیه ابرخشت، نویسنده از PHOENICS برای شبیه‌سازی استفاده کرده و به نتیجه‌ای می‌رسد که در شکل ۷ و ۶ قابل مشاهده است.

^۱ اثر پشته‌ای یا اثر دودکشی (Stack effect)، حرکت هوا به داخل و خارج ساختمان‌ها از طریق دهانه‌های آب بندی نشده، دودکش‌ها، پشته‌های گاز دودکش یا سایر ظروف است که در اثر شناوری هوا ایجاد می‌شود.

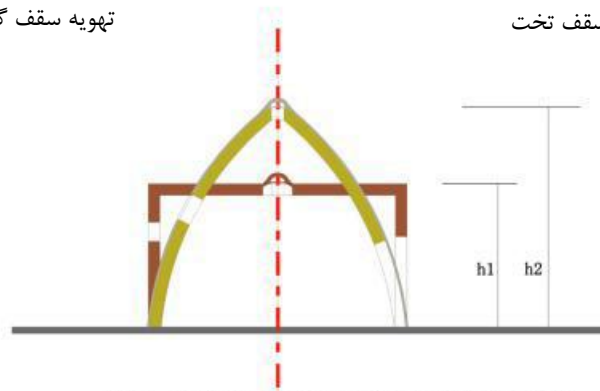


a. 穹顶通风示意
Dome Roof Ventilation

تهویه سقف گنبدی

b. 平顶通风示意
Flat Roof Ventilation

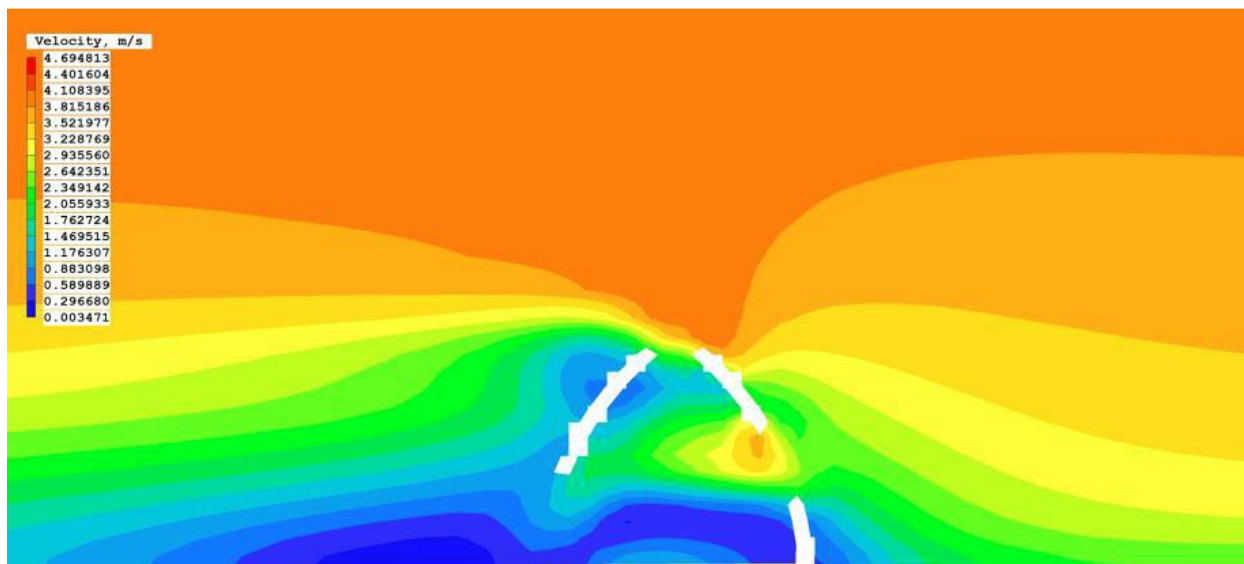
تهویه سقف تخت



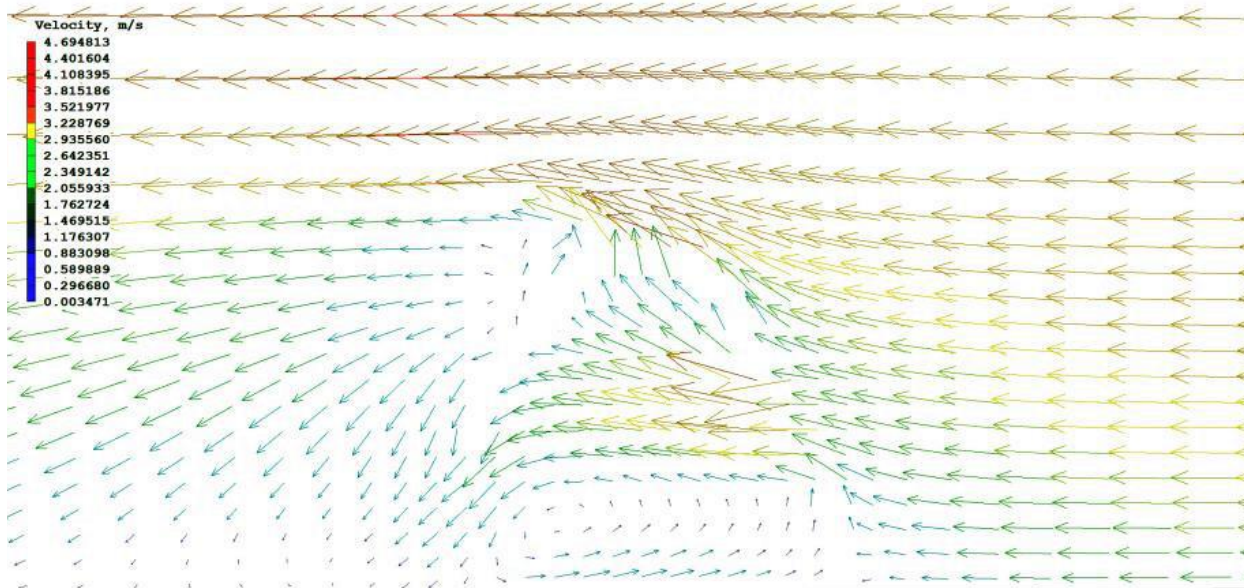
c. 等长内壁穹顶及平顶窗顶离地高度差
The Different Height from Roof Windows to Floor
with the Same Inner Wall Length

ارتفاع متفاوت از پنجره های سقفی به کف با طول دیوار داخلی یکسان

شکل ۵. مقایسه تهویه بین گنبد و سقف تخت
منبع: طراحی توسط نویسنده



شکل ۶. نمودار توزیع سرعت بخش ساختمان در تابستان
منبع: طراحی توسط نویسنده



شکل ۷. توزیع سرعت بخش ساختمان نمودار برداری در تابستان
منبع: طراحی توسط نویسنده

سپس، انتخاب مواد را دیدم. خاک طبیعی دارای اینرسی حرارتی خوبی بوده و نسبت به آجر و بتن عایق بهتری است. دهانه‌های ابرخست همگی خیلی بزرگ نیستند. این عمل می‌تواند پل حرارتی^۲ (Heat bridge) را کاهش دهد و ساختار تعمیر و نگهداشت سازه از یکپارچگی به خوبی برخوردار باشد. علاوه بر این، سقف گنبدی سطح تابش گرما را افزایش می‌دهد. این سیستم می‌تواند از نورگیر سقف برای صرفه جویی در نور مصنوعی استفاده کند. با استفاده از گچ سفید داخلی خانه بازتاب پراکنده نور را ایجاد می‌کند. به دلیل دیوار ضخیم، پنجره‌ها دارای فضای سایه هستند که می‌تواند تابش خورشید را کاهش دهد. همه موارد فوق نشان می‌دهد که ابرخست دارای ویژگی فیزیکی خوبی است.

^۲ زمانی که دیوار یا جداره به خوبی عایق کاری نشده باشد بین محیط داخلی و خارجی اتصال حرارتی (تقریباً چیزی همانند اتصال کوتاه در برق) برقرار می‌شود که به این اتصال حرارتی، پل حرارتی گفته می‌شود. پل حرارتی باعث نشت و نفوذ حرارت از محیط گرمتر به محیط سردتر می‌شود. البته به این معنا نیست که در فضای خانه ی شما فقط گرما از دست می‌رود، بلکه گرما و حرارت داخل خانه، هنگامی که با سطوح سرد برخورد می‌کند، دچار کاهش دما شده و با ایجاد میعان مشکلاتی نظیر بوی نم و پوسیدگی و ... را بوجود می‌آورد. در واقع پل حرارتی به یک رخنه در سطح گفته می‌شود که نسبت به سطوح اطراف خود دارای ضریب انتقال حرارت بیشتری است.

این سیستم با توجه به مزایایش، به جلسه گفتمان ناسا معرفی شد. طراحی آن همچنین می تواند در خدمت مناطق محروم و بازسازی مناطق پس از بلایا باشد. ابرخشت با مصالح طبیعی و ویژگی سنتی خود پاسخ مناسبی برای نحوه ساخت معماری روستایی است.

سیستم ابرخشت توسط بسیاری از اساتید یا دیگر موسسات مورد مطالعه و توسعه قرار گرفته است. در باهاما، استیو کمبل و کارول اسکورت سعی کردند از کیسه پلی استایرن کرباسی^۳ پر از ماسه و مرجان خرد شده برای ساختن خانه استفاده کنند. زیرا مرجان خرد شده آهکی به اندازه ماسه چسبناک طبیعی است و می تواند کامپوزیت های سیمانی مشابهی را تشکیل دهد. این یادگیرندگان خانه های خود را بر اساس سیستم ابرخشت ایجاد کردند و در عین حال با محیط محلی خود هماهنگ شدند. علاوه بر این، تسوکی^۴ اروپایی، ژیری زدرزلیلوا^۵، نادا وودیکوا^۶، مارتینا^۷ در مورد خاصیت هوابندی و آکوستیک سیستم ابرخشت تحقیق کرده اند. این تحقیق در دانشکده مهندسی عمران در دانشگاه فنی وی اس بی استراوا^۸ در جمهوری چک انجام می شود. اندازه گیری های آنها هوابندی کافی سیستم ابرخشت را نشان می دهد.

بحث

بر اساس تفسیر مصالح، روش ساخت و دستاوردهای کل ارت، این سیستم را می توان از چهار جنبه تجزیه و تحلیل کرد:

۱- اول از همه انتخاب مواد است. مواد ابرخشت تقریباً همه طبیعی هستند، مانند گل، آب، هوا و آتش که به راحتی به دست می آیند. آنها از طبیعت هستند و پس از ساخت زمانی که باید رها شوند به طبیعت باز می گردند. میتواند در اکوسفر(بوم سپهر) به چرخه درآمد علاوه بر این، اینرسی حرارتی خاک باعث می شود، فضای داخلی خانه عایق خوبی داشته و همچنین مواد استفاده شده باعث می شود هوابندی خوبی داشته باشد.

۲- سپس به روش ساخت آن توجه کنید. هیچ تجهیزات ساختمانی بزرگی در ساختمان مورد نیاز نیست و تنها توسط چند نفر در مدت زمان کوتاهی به پایان می رسد. بدون صدا، بدون آلودگی و تاثیر کمی بر محیط اطراف.

۳- از طرف دیگر، سیستم ابرخشت این امکان را برای کسانی که در مواقع اضطراری نیاز به اسکان موقت دارند، فراهم می کند زیرا به راحتی می توان آن را مونتاژ و از هم جدا کرد.

علاوه بر این، ابرخشت به شکل ظاهری خود، از روش ساخت سنتی اسلامی پیروی می کند که از گنبد استفاده می کرد. و روش ساخت آن نیز الهام گرفته از سلسله ساسانی ایرانی (۶۵۱-۲۲۶ پس از میلاد) است که روش پتکانه آجری^۹ رایج بود (شکل ۸). تفاوت او در این است که او از کیسه های شن برای پتکانه استفاده می کند و هر برش عرضی یک دایره است. مزیت های فضای گنبدی که انتخاب می کنند در ادامه متن از نظر تکنولوژی صحبت شده است. توضیح دیگر در مورد گنبد مورد استفاده خلیلی این است که ساختمانی به روانی بدن انسان و بدون لبه و گوشه مانند خود طبیعت است. سطح صاف آن نمای خاصی به بیرون و فضای امنی برای بازی کودکان در داخل می دهد.

۴- در نهایت، دامنه کاربرد سیستم ابرخشت باید مورد بحث قرار گیرد. برای ساخت سیگنال(signal building)، انعطاف پذیری سازمان فضایی آن انتخاب برای تعداد مختلف جمعیت را فراهم می کند. یک خانواده و بیشتر با هم (والدینی که با فرزندان خود زندگی می کنند که متاهل هستند) هر دو امکان پذیر است. می تواند فضا را با توجه به شرایط مختلف گسترش دهد.

^۳ کرباس نوعی پارچه درشت بافت و سنگین است که از الیاف پنبه، کتان یا کف بافته می شود. از این پارچه برای ساخت بوم نقاشی استفاده می شود.

^۴ Teslík

^۵ Jirí Zdrzilová

^۶ Nada Vodicková

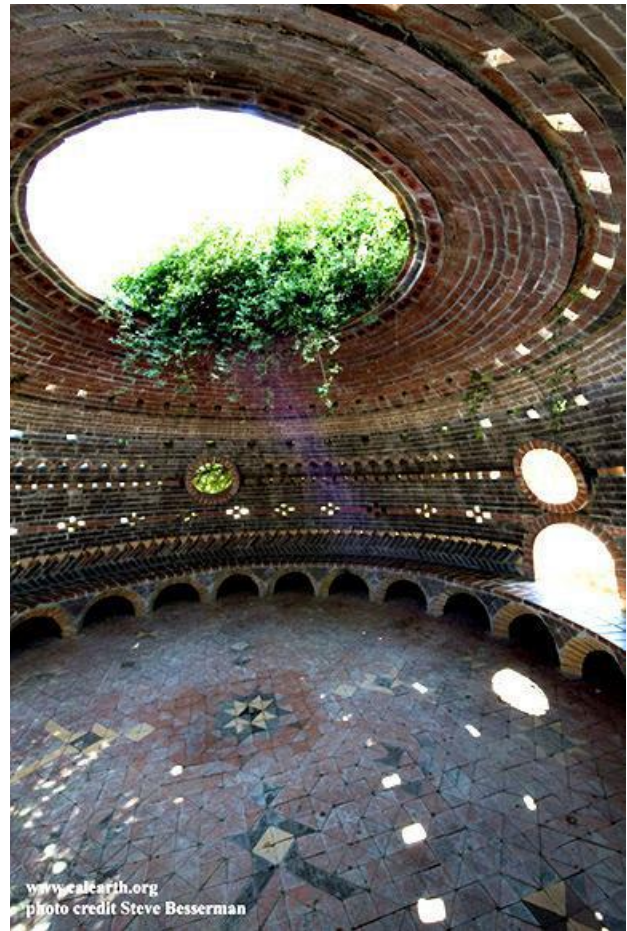
^۷ Martina

^۸ VSB technical university of Ostrava

^۹ brick corbel

برای ساختمان گروهی (building group) یک سوال دیگر این است که آیا برای همه شهرها یا کشورها مناسب است؟ این باید به دقت مورد بحث قرار گیرد. اول از همه، مواد اصلی سیستم ابرخشت خاک رس است. در شهرهای پرجمعیت خاک رس کافی نمیتواند ساخته شود. نکته دیگر اینکه، خود سیستم نمی تواند نیاز ساختمان مرتفع را برآورده کند. اما برای مناطق روستایی کم تراکم به دلیل هزینه کم، سازگار با محیط زیست و زمان کارآمد واقعا مناسب است. در همین حال، ابرخشت به دلیل نفوذپذیری آب خاک، سازگاری بیشتری با مناطق خشک دارد تا مناطق مرطوب، به ویژه برای مناطق بیابانی.

در نتیجه، سیستم ابرخشت یک سیستم اقتصادی، زیست محیطی و کارآمد انرژی است. دامنه کاربرد آن در مناطق روستایی خشک و کم تراکم است. ابرخشت طبیعت و سنت را به هم متصل می کند. این می تواند نقطه مرجع بسیار موثری برای ساخت و ساز کشور ما در غرب چین باشد.



شکل ۸. روش کوربل آجری
منبع: www.calearth.org



شکل ۹. نمای داخلی یک ابرخشت
منبع: www.calearth.org