

کیفیت نورگیرها در گنبدهای ایرانی (با رویکرد به مسائل سازه‌ای گنبد)*

The Quality of Light-Openings in Iranian Domes (With the Structural Approach)

محمدجواد مهدوی نژاد^۱، سپا مطور^۲

چکیده

نور در باور مردم ایران همواره از جایگاه ویژه‌ای برخوردار بوده‌است و تاکید بر تقدس و اهمیت استفاده از نور روز را باید در باورها و ادیان ایران باستان جستجو کرد، مسأله‌ای که بر اهمیت آن در دوران اسلامی افزوده شده‌است. از این رو، معماران در گنبد که پوشاننده‌ی مهم‌ترین فضای معماری و دهانه‌های وسیع در مساجد، بازارها و غیره بوده‌است، برای ایجاد نورگیر راهکارهایی را ارائه داده‌اند که در این پژوهش مورد تحلیل قرار گرفته‌اند.

هدف از این پژوهش، بازشناسی شیوه‌های نورگیری در گنبدهای ایرانی می‌باشد. در این حالت لازم است محل دقیق نورگیری در فرم کلی گنبد با توجه به سازه آن مشخص شود. پرسش اصلی پژوهش آن است که شیوه‌های نورگیری در گنبدهای ایرانی کدامند؟ و گنبدهای ایرانی با توجه به سازه خود چگونه نور می‌گیرند؟ برای انجام پژوهش، بر اساس دسته‌بندی چهارگانه ارائه شده، چارچوب نظری ترسیم می‌شود، سپس با کمک روش تحقیق نمونه موردی با استفاده از راهکارهای ترکیبی، گنبدهای نمونه انتخاب شده تجزیه و تحلیل می‌شوند. در این پژوهش میزان توجه معماران ایرانی به هر یک از مکان‌های جایگیری نورگیر در گنبد و همچنین پتانسیل‌های هریک از این چهار حالت جای گیری برای ایجاد نورگیرهای بیشتر در گنبد مشخص می‌شود. با توجه به گستردگی موضوع، مثال‌های شاخصی از فناوری ساخت نورگیر در انواع گنبدهای ایرانی مورد تحلیل قرار گرفته است. براساس مطالعات صورت گرفته در یک چشم انداز کلی، گنبدهای ایرانی چهار نوع نورگیری دارند که به ترتیب محل جای گیری در سازه گنبد عبارتند از: ۱- راس گنبد، ۲- قسمت منحنی گنبد، ۳- شکرگاه گنبد، ۴- ساقه گنبد. از آنجایی که محدودیت‌های سازه‌ای هر یک از انواع گنبد برای ایجاد نورگیر، بر مکان جای گیری آن بسیار موثر است، به تحلیل این محدودیت‌ها در هریک از انواع گنبد پرداخته شده‌است.

واژه‌های کلیدی: نور، نورگیر، گنبد ایرانی، سازه گنبد.

۱. مقدمه

حضور نور در آثار معماری، در طول دوره‌های مختلف تاریخی (پیش از اسلام و پس از ورود آن به ایران) چه از جنبه عملکردی نور که عاملی برای روشنایی و حیات بخشی در فعالیت‌های روزانه بوده است و چه از جهت اهمیت آن در مباحث اعتقادی ادیان، همواره مورد توجه و استفاده فراوان بوده است. قرن‌هاست که عارفان در ستایش نور در مقام جوهری معنوی سرودها خوانده و شعرها سروده‌اند. انگیزه روی کردن به سوی نور و فروغ در هنگام پرستش خداوند در آیین زردشتی به روشنی در این سخن آشوزردشت هویداست: "چون خداوند یا نور کل به دیده ظاهری ما دیده نمی‌شود، پس باید با دیده ظاهربین رو به سوی انوار صوری یا ظاهری نموده و از این راه وجدان معنی بین را به سوی نور معنوی یعنی اهورا مزدا راهنمایی کرد." (اوشیدری، ۱۳۷۹، ص ۲۵). نور در میان آیات قرآن نیز جایگاه ویژه‌ای دارد "الله نور السموات والارض" (سوره نور آیه ۲۵) و حدیث نبوی نیز وجود دارد که وجبی کیهان زایانه و کیهان‌شناسانه به این آیه می‌افزاید، "اولین چیزی که خداوند آفرید، نور بود." (نصر، ۱۳۸۹، ص ۶۲). مکتب خاصی از فلسفه اسلامی موسوم به "مکتب اشراق" که بالخصوص مبتنی بر تمثیل نور است را سهروردی بنا نهاد و طی قرن‌های بعد، حکمای دیگری چون قطب‌الدین شیرازی، ملاصدرا و ... آن را گسترش دادند. به عقیده سهروردی ادبیات ایرانی و عربی و حتی گویش روزمره مردم آکنده از توصیفات است که نور را با نشاط روح و عملکرد صحیح عقل همسان می‌گیرد و معمولاً بر پایه تمثیل نور در مقام حقیقت و نیکی‌ختی استوارند. این تمثیل در سنت اسلامی کاملاً تثبیت شده و البته بسیاری از ادیان قدیمی‌تر بویژه آیین مزدا هم آن را تصدیق می‌کرده‌اند." (نصر، ۱۳۸۹، ص ۶۴). وی در کتاب حکمت‌الاشراق در این باب چنین آورده است: "ذات نور اول، خداوند، اشراقی پایدار می‌بخشد که خود بدان موجب بروز می‌یابد و همه چیزی را به شعاع خود جان داده در وجود می‌آورد. همه چیزی در جهان ناشی از نور ذات اوست و جمال و کمال همه موهبتی است از سخای او و نیل بدین اشراق خود رستگاری است." (اردلان، بختیار، ۱۳۸۰، ص ۴۷). همانگونه که ذکر گردید از آنجا که هیچ نماد و مظهری مانند نور به وحدت الهی نزدیک نیست، هنرمندان اسلامی همواره کوشیده‌اند تا در آنچه می‌آفرینند از این عامل به منتهی حد ممکن بهره

گیری کنند. (بورکهارت، ۱۳۶۵، ص ۸۸). فضای معماری اسلامی که یکی از بزرگترین جلوه‌های ظهور یک حقیقت هنری در کالبد مادی به شمار می‌آید (مهدوی نژاد، ۱۳۸۳، ۵۸)، همواره آکنده از جلوه‌های بصری و معنوی نور است و معماران این ویژگی را در بخش‌های اصلی و نمادین معماری در طول دوران به نمایش درآورده‌اند. یکی از شاخصه‌های معماری اسلامی گنبد می‌باشد، گنبد را می‌توان طاقی برای پوشش دهانه بزرگ دانست که در آن نه تنها مسائل ساختمانی پوشش مطرح است بلکه مسائل شکلی و نمادین نیز در روند ساختمان آن مطرح بوده است (معماریان، ۱۳۶۷، ص ۱۰۷). گنبدها معمولاً پوشاننده مهم‌ترین فضای یک بنا هستند.

گنبد شکلی است واجد تصویرپردازی زنده و حیاتی و اندیشه‌ای است که به میانجی امکانات ماده تجلی می‌یابد (اردلان، بختیار، ۱۳۸۰، ص ۷۵). فرم‌های گنبدی شکل همواره در ذهن بیننده‌ای از قدرت‌های آسمانی و متافیزیکی به‌شمار می‌آمده‌اند و شکل کروی آسمان و سیارات نیز این تصورات و اشارات را تقویت می‌کرده است. احتیاجات مکانیکی و ارزش‌های نشانه‌ای وابسته به فرم‌های گنبدی شکل موجب آن بوده که تاریخ فنی ایران از این لحاظ بسیار غنی و پر ثمر باشد. معماری اسلامی در جهت رسیدن به اهداف زیبایی‌شناختی و نیل به رموز حقیقت و الاهیت، همواره برای مرتفع ساختن مشکلات و موانع سازه‌ای گنبدها و ایجاد روزن برای ورود نور به درون فضا تلاش کرده و راهکارهایی را ارائه و اجرا کرده است.

در ابتدای ساخت گنبدها در دوران ساسانیان و اوایل ورود اسلام به ایران تنها از روزن‌های وسط گنبد برای ورود نور به فضا استفاده می‌شد ولی با پیشرفت تکنیک‌های ساخت گنبد و ایجاد درک بهتری از نحوه توزیع نیروها و تنش‌ها در ساختار آن، معماران با ایجاد فرم‌های بپینه و یا روش‌های سازه‌ای خاصی بر این مشکل تا حدی چیره شدند و توانستند از بدنه گنبد برای ایجاد نورگیر و روزن استفاده کنند. (نعمت گرگانی، ۱۳۸۲، ص ۳۵). پژوهش حاضر بر آن است تا جایگیری‌های مختلف نورگیر در گنبد را با توجه به نوع گنبد بررسی کند و با ارائه نمونه‌های موجود از آن‌ها بتواند به تکنیک‌های معماری اسلامی در جهت رفع محدودیت‌های سازه‌ای گنبد و ایجاد نورگیر در آن دست پیدا کند. در نهایت می‌توان روش‌های بپینه برای رسیدن به این هدف را شناسایی و معرفی کرد.

۲. گونه شناسی گنبدها در معماری ایران

در یک نگاه کلی و سازه ای به انواع گنبدهای منحنی (گنبد نار)، به دو دسته اصلی برمی خوریم. ۱- گنبدهایی که در آن ها کل پوسته گنبد باربر است و عضو دیگری در انتقال نیروها به جرزها و پایه ها درگیر نمی باشد. ۲- گنبدهایی که در آن ها طاق باریکه های باربر وجود دارد و پوسته آنها در انتقال نیرو نقشی نداشته و غیر باربر است. دسته اول از گنبدها شامل ۳ گونه گنبد می باشد که به همراه دسته دوم در زیر به تفکیک معرفی می شوند.

۲-۱. گنبدهای یک پوسته

این نوع از گنبدها دارای قدمت بیشتری نسبت به سایر گونه ها می باشند و می توان آن ها را ریشه تاریخی دیگر گونه ها دانست (معماریان، ۱۳۶۷، ص ۱۲۲). کل پوسته در این گونه گنبد، در فرآیند انتقال بار درگیر می باشد. ضخامت پوسته از ابتدا تا رأس گنبد کم می شود و این تغییر ضخامت در زوایای ۲۲.۵ درجه و ۶۷.۵ درجه از خط افق با کم کردن یک آجر ایجاد می شود.

۲-۲. گنبدهای دوپوسته پیوسته

این گنبدها دارای دوپوسته هستند که یکی درونی و یکی بیرونی می باشد که هر کدام می توانند مقاطع متفاوتی داشته باشند. این دو پوسته تا قسمت شکرگاه به هم پیوسته هستند (زاویه ۲۲.۵ درجه) و از این قسمت به بعد تدریجاً از هم جدا می شوند (پیرنیا، ۱۳۷۰، ص ۶۴). به همین جهت به آن ها گنبد دو پوسته پیوسته اطلاق می شود. گنبد مسجد جامع اردستان (۵۵۵ هجری قمری) یکی از قدیمی ترین گنبدهای دوپوسته پیوسته است. در قرن هشتم گنبد سید رکن الدین یزد به این روش ساخته شده است (همان، ص ۶۴).

۲-۳. گنبدهای دوپوسته گسسته

این گنبدها دارای دو پوسته کاملاً مجزا می باشند که بوسیله عناصری به نام خشخاشی به هم متصل شده اند. ساقه گنبد با ارتفاع های کوتاه (اربانه) و بلند (گریو) از دیگر مشخصات این گونه گنبد می باشد (معماریان، ۱۳۶۷، ص ۲۳۹). گنبد حرم امام رضا (ع) و مسجد امام اصفهان از نمونه های بارز گنبدهای دوپوسته گسسته می باشد (پیرنیا، ۱۳۷۰، ص ۷۹).

۲-۴. گنبدهای ترکیب یا با باریکه طاق

گنبدهای ترکیب از ترکیبی تشکیل شده اند و بین هر ترک، تویزه گچی که در طی مراحل کار به طاق باریکه تبدیل

می شود، تعبیه شده است (معماریان، ۱۳۶۷، ص ۱۸۵). فرآیند انتقال نیروها از طریق این باریکه طاق ها انجام می شود و پوسته مابین آن ها نقش باربری ندارد.

۳. فرآیند پژوهش

۳-۱. هدف پژوهش

هدف از این پژوهش، بازشناسی شیوه های نورگیری در گنبدهای ایرانی و محل قرارگیری آن ها در گنبد می باشد.

۳-۲. پرسش های پژوهش

شیوه های نورگیری در گنبدهای ایرانی کدامند و گنبدهای ایرانی با توجه به سازه خود چگونه نور می گیرند؟ در گنبدهای ایرانی برای مهار محدودیت های سازه ای و فرمی گنبد چه تمهیداتی به کار بسته شده است؟

۳-۳. روش پژوهش

بر اساس دسته بندی چهارگانه ارائه شده برای انواع گنبد، چارچوب نظری پژوهش ترسیم می شود، سپس با کمک روش تحقیق نمونه موردی با استفاده از راهکارهای ترکیبی، گنبدهای نمونه انتخاب شده تجزیه و تحلیل می شوند.

۳-۴. نمونه های موردی پژوهش

با توجه به گونه های چهارگانه گنبدهای منحنی (نار)، از هر گونه گنبد تعدادی به عنوان نمونه موردی انتخاب شده است. برای گنبدهای یک پوسته پنج نمونه موردی و برای دیگر نوع های گنبد، سه نمونه مورد مطالعه و تحلیل قرار گرفته است.

۴. مسائل سازه ای گنبد

به طور کلی مسائل ایستایی گنبد را می توان به دو دسته تقسیم کرد: ۱- مسائل مشترک میان کلیه پوشش های گنبدی و ۲- مسائل مربوط به هر گنبد و رفع مشکلات آن در هنگام طراحی و ساخت (مانند مسائل عملکردی گنبد و یا ایجاد روزن برای نور). مسائل مشترک میان کلیه سازه های گنبدی شامل مواردی چون کنترل خمش در سازه و جلوگیری از ایجاد تنش های کششی در گنبد و رانش بر روی پایه ها می شود. در گنبدهای آجری می بایست سعی نمود، نیروهای انتقالی به پایین همیشه در حالت فشاری عمل کند و از بوجود آمدن نیروهای کششی در آن جلوگیری شود (معماریان، ۱۳۶۷، ص ۱۰۸).

در گنبدهای با خیز زیاد (تصویر ۲) تحت بار مدارهای بالایی گنبد کوتاه شده تحت فشار قرار می‌گیرند در حالی که مدارها در قسمت پایینی گنبد طول‌تر شده تنش‌های کششی در آن‌ها ایجاد می‌شود (همان، ص ۲۵۷). در گنبدهای نیم‌دایره، توزیع نیروهای کششی و فشاری به این صورت است که در پایین خطی با زاویه ۳۸ درجه با خط افق نیروها به صورت کششی و در بالای آن به صورت فشاری عمل می‌کنند. این توزیع نیرو برای گنبدهایی است که تنها وزن بار مرده خود را تحمل می‌کنند (مور، ۱۳۸۵، ص ۲۲۳).

فرمی که بواسطه آن بتوان نیروهای کششی را در گنبد حذف و از ایجاد رانش‌های افقی نیز جلوگیری کرد، فرم "منحنی طنابی" نام دارد. سازه‌های با فرم منحنی طنابی سازه‌هایی هستند که در برابر بارهای وارده از شکل و ترکیبی استفاده می‌کنند که تنش‌های داخلی حاصله فقط به صورت فشار و کشش مستقیم باشد (مور، ۱۳۸۵، ص ۱۳۲). این فرم در معماری ایران به فرم بیضی یا تخم مرغی شناخته و اجرا می‌شده‌است.

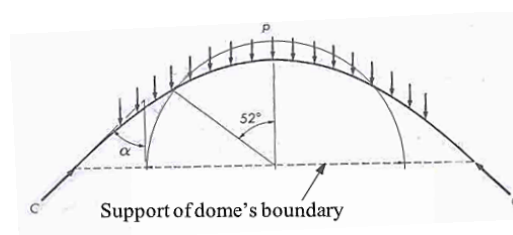
از آنجایی که گنبد از دوان یک قوس کامل حول یک محور ایجاد می‌شود، (همان، ص ۳۰۷) به مطالعه رفتار قوس‌ها می‌پردازیم. قوس با فرم منحنی طنابی فقط فشار محوری را تحمل می‌کند و در آن هیچگونه نیروی خمشی مورد مطالعه قرار نمی‌گیرد (همان، ص ۱۸۳). فرم منحنی طنابی یک قوس بر خط رانش آن (مجموعه برآیند حاصل از نیروی رانش و وزن هر بخش قوس) منطبق است. برای حذف کامل خمش در یک قوس، خط رانش آن باید با محور قوس بر هم منطبق باشند. اگر چه قوس‌های با مصالح بنایی فشاری هم می‌توانند انحراف کوچک از خط رانش از محور قوس را بدون افزایش شکاف‌های کششی تحمل کنند. اگر خط رانش درون یک سوم وسط یک قوس باقی بماند، در آن صورت فقط نیروی فشاری وجود دارد و هیچگونه کششی وجود نخواهد داشت (همان، ص ۱۸۶). برای ایجاد روزن در سطح گنبد توجه به نحوه توزیع نیروهای فشاری و کششی بسیار اهمیت دارد. ایجاد بازو در قسمت‌های پایین گنبد تحت نیروی کششی هستند موجب ایجاد ترک و ریزش گنبد می‌شود. این در حالی است که در قسمت‌های تحت نیروی فشاری امکان ایجاد روزن وجود دارد.

رفتار سازه‌ای گنبد دوار که در تمام مرز خود دارای تکیه‌گاه است و تحت اثر نیروهای عمودی قرینه نسبت به محور خود قرار دارد (مانند بار مرده) متاثر از خصوصیات هندسی گنبد می‌باشد. در این پوسته‌ها که نسبت به محورشان قرینه هستند، مقاطع نصف‌النهاری و مقاطعی که بر نصف‌النهارها عمود هستند (مدارها) مقاطع اصلی برای تنش‌های اصلی می‌باشند (سالوادوری، ۱۳۸۲، ص ۲۵۴).

تاثیر مدارها در رفتار طنابی گنبد با توجه به تغییر شکل نصف‌النهارها تحت اثر بارهای وارده مشخص می‌شود. در یک گنبد با خیز کم نصف‌النهارها به علت بروز فشار کوتاه می‌شوند و تحت اثر بارها به سمت داخل متمایل می‌گردند. به این صورت مدارها هم تحت فشار قرار می‌گیرند و سختی آن‌ها در برابر فشار (مقاومت فشاری بالای مصالح بنایی مانند آجر و خشت) حرکت نصف‌النهارها را به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌دهد. بنابراین در گنبدهای با خیز کم تنش‌های فشاری هم در جهت نصف‌النهارها و هم در جهت مدارها ایجاد می‌شود و می‌توانند از مصالحی که تحمل تنش‌های کششی را ندارند مانند آجر و مصالح بنایی ساخته شوند (همان، ص ۲۵۶). در این گنبدها با برطرف شدن مشکل تنش کششی در گنبد، به دلیل خیز کم گنبد رانش زیادی را در آن ایجاد می‌کنند (Cowan, 1977:4) که برای خنثی کردن نیروهای رانشی افقی می‌توان از پشت بندها و یا ضخامت زیاد گنبد در بخش تحتانی آن استفاده کرد (تصویر ۱).



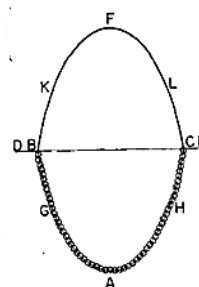
تصویر ۱: تغییر شکل گنبد کروی با خیز کم (سالوادوری، ۱۳۸۲، ۲۵۶)



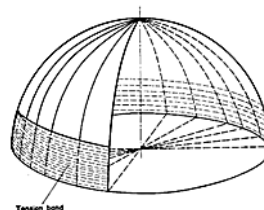
تصویر ۲: تغییر شکل گنبد کروی با خیز زیاد (سالوادوری، ۱۳۸۲، ۲۵۶)

۵-۱-۳. گنبد تاج‌الملک، مسجد جامع اصفهان: گنبد

تاج‌الملک در پشت ایوان شمالی مسجد جامع اصفهان، معروف به صغه درویش، در منتهی‌الیه شمالی بنای مسجد قرار دارد. این گنبد به امر ترکان خاتون، همسر ملک‌شاه در سال ۴۸۱ هجری ساخته شده‌است. ارتفاع آن از زمین ۱۹.۵ متر و قطر آن ۱۰.۵ متر است. (پیرنیا، ۱۳۸۶، ص ۱۸۲) خیز گنبد نسبتاً زیاد بوده و ارتفاع آن از پاکار تا تیزه در حدود ۷ متر و ضخامت آن متغیر می‌باشد. گنبد دارای ۲ نورگیر در سازه گنبد، ۱۲ نورگیر در دیواره اتاق گنبد می‌باشد (معماریان، ۱۳۶۷، ص ۱۲۵). فرم این گنبد بر اساس تحقیقات انجام گرفته (Farshad, 1977, 84) کاملاً بر فرم منحنی طنابی‌اش منطبق است. (تصویر ۷).



تصویر ۳. فرم منحنی طنابی گنبد منطبق بر فرم زنجیره وار آن (Cowan, 1977: 4)



تصویر ۴. مدارها و نصف النهارهای گنبد نیم دایره و محدوده تحت تنش کششی (Cowan, 1977: 4).

۵. معرفی نمونه‌های موردی

۵-۱-۱. گنبدهای یک پوسته

۵-۱-۱-۱. گنبد تیمچه حاج صفرعلی در تبریز: تیمچه

حاج صفرعلی در بازار جدید تبریز واقع است. این تیمچه از دو قسمت تشکیل شده: دالان و فضای میانی. فضای میانی آن گنبدخانه‌ای است با قاعده‌ای مرکب از یک هشت و نیم‌هشت در میان، که چهار نیم هشت به چهار ضلع آن متصل شده است. گنبد دارای دهانه‌ای حدود ۹ متر و ارتفاعی حدود ۱۶ متر می‌باشد (حاجی قاسمی، ۱۳۷۵، ص ۱۲۴). گنبد آن یک پوسته و نورگیرهایی در دو سطح مختلف در آن ایجاد شده‌است. (تصویر ۵).

۵-۱-۲. گنبد مجموعه امیر در بازار تبریز: مجموعه

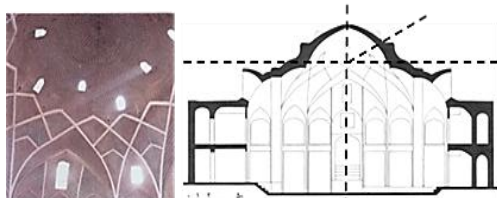
سرا و تیمچه امیر واقع در جنوبی‌ترین قسمت بازار تبریز است. این بنا در زمان فتح‌علی‌شاه قاجار ساخته شده‌است. گنبد میانی تیمچه دارای دهانه‌ای حدود ۱۰.۵ متر و ارتفاعی حدود ۱۷.۵ متر می‌باشد (حاجی قاسمی، ۱۳۷۵، ص ۱۵۶). این گنبد به صورت یک پوسته ساخته شده که بر زمینه‌ای از کاربندی استوار است. (تصویر ۶).

۵-۱-۴. مسجد امام سمنان: مسجد امام سمنان به

فرمان فتح‌علی‌شاه قاجار ساخته شده‌است و از ابنیه نیمه اول قرن سیزدهم هجری قمری می‌باشد. در گنبدخانه مسجد تاریخ ختم بنا ۱۲۴۲ ذکر شده‌است (حاجی قاسمی، ۱۳۷۵، ۹۶). در مسجد امام سمنان، هشت نورگیر در گرداگرد گنبد وجود دارد و یک نورگیر در رأس آن که بر رویش کلاه فرنگی با نورگیرهایی در گرداگرد آن ساخته شده است (تصویر ۸).

۵-۱-۵. مسجد شیخ لطف‌الله اصفهان: گنبد مسجد

شیخ لطف‌الله متعلق به (۱۰۱۲ - ۱۰۲۸ ه.ق) و معمار آن محمدرضا اصفهانی می‌باشد (پیرنیا، ۱۳۸۶، ص ۲۹۸). گنبد بر روی دیواری به ضخامت تقریبی ۳ متر برپا شده‌است و دارای دهانه‌ای در حدود ۱۹ متر است. مقطع آن از نوع بیضی با خیز کم می‌باشد (معماریان، ۱۳۶۷، ص ۱۲۷). این گنبد دارای شانزده نورگیر در گرداگرد گنبد است (تصویر ۹).



تصویر ۵: گنبد یک پوسته تیمچه حاج صفرعلی بازار تبریز. مقطع گنبد و نحوه قرارگیری نورگیرها نسبت به زاویه ۲۲.۵ درجه شکرگاه گنبد (حاجی قاسمی، ۱۳۷۵، ۱۲۶). و نمای زیر گنبد (حاجی قاسمی، ۱۳۷۵، ۱۲۴).

۵-۲. گنبد دوپوسته پیوسته

۵-۲-۱- مسجد کبود تبریز: مسجد کبود تبریز در

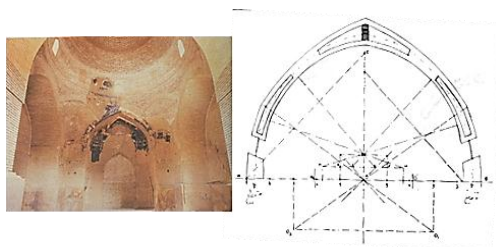
سال ۸۷۰ هجری قمری ساخته شده است و در زمان خود به فیروزه اسلام نام آورده است. این مسجد میانسرا ندارد و به صورت برون‌گرا ساخته شده است (پیرنیا، ۱۳۸۶، ص ۲۶۶). گنبد مسجد به دلیل زلزله تبریز ویران شد و گنبد فعلی توسط استاد رضا معماران تبریزی با توجه به آثار گنبد قبلی ساخته شد. آهیانه گنبد با چغد خاکی و خود آن چغد شبدری تند می‌باشد (همان، ص ۲۶۷). گنبد دارای چهار نوگیر در قسمت تحتانی گنبد می‌باشد (تصویر ۱۰).

۵-۲-۲- بقعه سیدرکن‌الدین یزد: آرامگاه

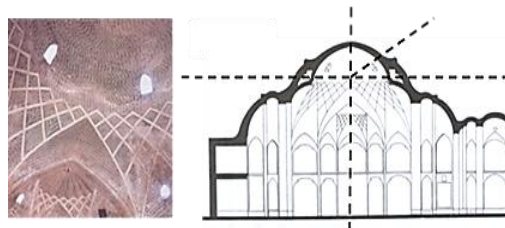
سیدرکن‌الدین نزدیک مسجد جامع یزد و در سال ۷۲۵ ه. ق. ساخته شده است (پیرنیا، ۱۳۸۶، ص ۲۳۸). گنبد از نوع دوپوسته گسسته می‌باشد. پوسته درونی آن از نوع بیضی و پوسته خارجی با خیز بیشتری ساخته شده است. گنبد داخلی دهانه‌ای در حدود ۱۲ متر دارد (معماران، ۱۳۶۷، ص ۱۶۳) و از گنبد خارجی در محل تقریبی زاویه شکرگاه جدا می‌شود. گنبد دارای چهار نورگیر در ساقه گنبد می‌باشد (تصویر ۱۱).

۵-۲-۳- مسجد برسیان: گنبد مسجد برسیان متعلق

به ۴۹۱-۴۹۳ هجری قمری در فاصله ۴۲ کیلومتری شرق اصفهان بنا شده است که به صورت دوپوسته پیوسته می‌باشد. گنبد داخلی به روش ترکیب ساخته شده و دهانه‌ای در حدود ۱۰ متر دارد. ارتفاع گنبد داخلی از تیزه تا کف زمین ۱۹ متر و گنبد خارجی ۲۱ متر می‌باشد. گنبد در ناحیه پاکار در حدود ۱ متر ضخامت دارد (معماران، ۱۳۶۷، ص ۱۸۶) که این ضخامت تا تیزه گنبد کاهش می‌یابد. دو نورگیر گنبد در شکرگاه آن جای دارند. (تصویر ۱۲).



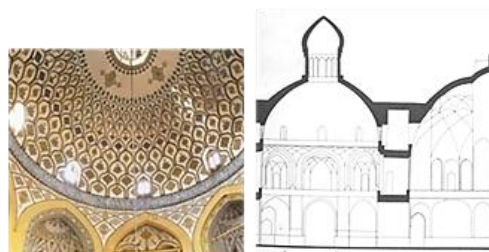
تصویر ۱۰: گنبد دو پوسته پیوسته مسجد کبود تبریز. مقطع گنبد و ایجاد نورگیر از میان بخش پیوسته آن (پیرنیا، ۶۶، ۱۳۷۰). و نمای زیر گنبد (حاجی قاسمی، ۱۳۷۵، ۶۱).



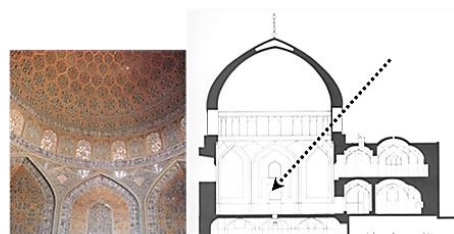
تصویر ۶: گنبد یک پوسته تیمچه مجموعه امیر بازار تبریز. مقطع گنبد و نحوه قرارگیری نورگیرها نسبت به زاویه ۲۲.۵ درجه شکرگاه گنبد (حاجی قاسمی، ۱۳۷۵، ۱۵۹). و نمای زیر گنبد (حاجی قاسمی، ۱۳۷۵، ۱۶۳).



تصویر ۷: گنبد یک پوسته گنبد تاج الملک مسجد جامع اصفهان. مقطع گنبد (Ashkan, 2009, 103). و نمای زیر گنبد (حاجی قاسمی، ۱۳۷۵، ۶۳).

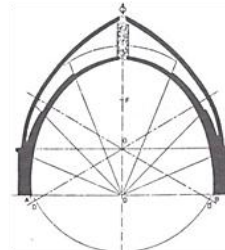


تصویر ۸: گنبد یک پوسته مسجد امام سمنان. مقطع گنبد (حاجی قاسمی، ۱۳۷۵، ۱۰۲). و نمای زیر گنبد (حاجی قاسمی، ۱۳۷۵، ۱۰۱).

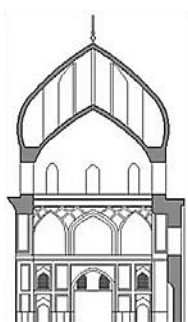
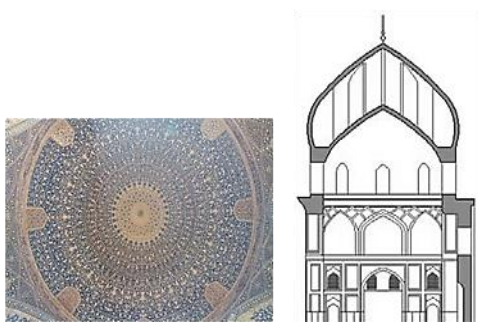


تصویر ۹: گنبد یک پوسته مسجد شیخ لطف الله اصفهان. مقطع گنبد (حاجی قاسمی، ۱۳۷۵، ۱۲). و نمای زیر گنبد (حاجی قاسمی، ۱۳۷۵، ۱۲).

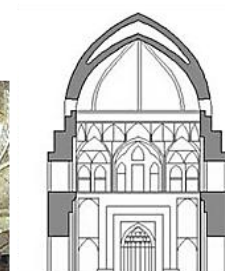
دوپوسته گسسته است و مقطعی بیضی دارد. دهانه گنبد داخلی ۱۵ متر و ارتفاع تیزه گنبد داخلی تا کف ۲۴ متر می‌باشد. ساختمان درونی بین دو گنبد توسط ۱۲ جرز آجری به هم متصل شده اند (معماریان، ۱۳۶۷، ۲۴۵). در این گنبد آهیانه ناری و خود آن چقد شبدری کند بوده که در حین انجام کار به صورت شبدری تند زده می‌شود (پیرنیا، ۱۳۸۶، ص ۲۴۳) و چهار نورگیر نیز در درون آن ایجاد شده‌است (تصویر ۱۵).



تصویر ۱۱: گنبد دو پوسته پیوسته بقعه سید رکن الدین یزد مقطع گنبد (پیرنیا، ۲۳۸، ۱۳۸۶). و نمای خارجی گنبد (www.mahoor.org)



تصویر ۱۳: گنبد دو پوسته گسسته مسجد امام اصفهان مقطع گنبد (Ashkan, 2009, 109). و نمای داخلی گنبد مسجد امام اصفهان و نورگیرهایش (حاجی قاسمی، ۱۳۷۵، ۲۵).

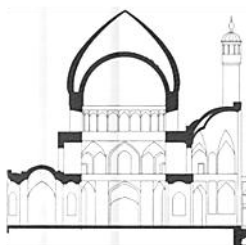


تصویر ۱۲: گنبد دو پوسته پیوسته مسجد برسیان اصفهان. مقطع گنبد (Ashkan, 2009, 105). و نمای زیر گنبد مسجد برسیان (www.shw.kousha.fotopages.com).

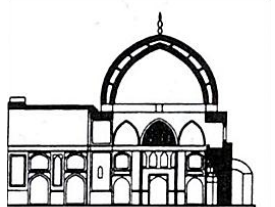
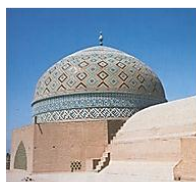
۳-۵. گنبد دوپوسته گسسته

۳-۵-۱. مسجد امام اصفهان: ساختمان مسجد امام

اصفهان در سال ۱۰۲۰ ه.ق آغاز شده و معمار آن یکی از بزرگ‌ترین معماران ایران، استاد علی اکبر اصفهانی است. گنبد بزرگ مسجد دو پوسته گسسته است و آهیانه آن که حدود ۲۰ متر دهانه دارد گنبد سبویی است و خود آن ناری است (پیرنیا، ۱۳۸۶، ص ۲۹۱). ارتفاع تیزه گنبد داخلی تا کف ۲۵ متر و ضخامت آن در پا کار ۲/۱ متر می‌باشد (معماریان، ۱۳۶۷، ص ۲۵۸). هشت نورگیر در ساقه این گنبد ایجاد شده است (تصویر ۱۳).



تصویر ۱۴: گنبد دو پوسته گسسته مسجد آقابزرگ کاشان. مقطع گنبد (حاجی قاسمی، ۱۳۷۵، ۱۵۷). و نمای خارجی گنبد آقابزرگ کاشان (حاجی قاسمی، ۱۳۷۵، ۱۵۳).



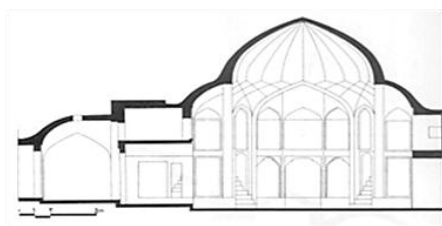
تصویر ۱۵: گنبد دو پوسته گسسته مسجد جامع یزد. مقطع گنبد (پیرنیا، ۲۳۴، ۱۳۸۶) و نمای خارجی گنبد مسجد جامع یزد (حاجی قاسمی، ۱۳۷۵، ۱۷۱).

۳-۵-۲. مسجد آقابزرگ کاشان: در دوران قاجاریه

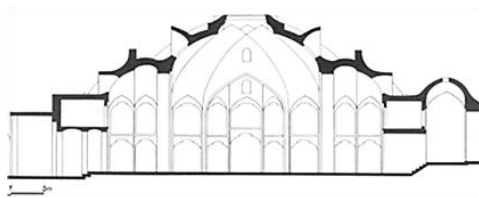
و در سال ۱۲۶۸ هجری قمری مسجد آقابزرگ در شهر کاشان ساخته شد که گنبدی زیبا و دوپوسته گسسته می‌باشد. دهانه گنبد داخلی ۱۰/۳ و ارتفاع آن ۱۸ متر از کف می‌باشد. چنانکه معماریان (۱۳۶۷، ص ۲۶۱) گزارش می‌کند، مقطع آن با خیز کم است و گنبد خارجی بر روی ساقه‌ای با ارتفاع ۴ متر و ضخامت حدود ۱/۵ متر ساخته شده‌است. در این گنبد تعداد زیادی نورگیر در ساقه گنبد وجود دارد (تصویر ۱۴).

۳-۵-۳. مسجد جامع یزد: آغاز ساخت گنبد مسجد

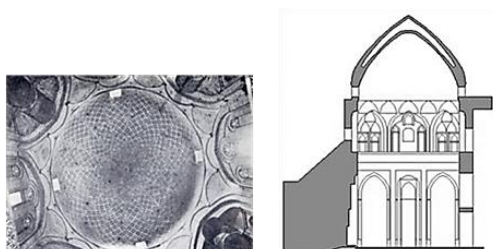
جامع یزد، حدود سال ۷۲۴ هجری قمری بوده‌است. گنبد



تصویر ۱۶: گنبد با باریکه طاق‌های باربر تیمچه ملک در بازار تبریز. (حاجی قاسمی، ۱۳۹۰، ۱۳۷۵). و نمای زیر گنبد تیمچه ملک. (حاجی قاسمی، ۱۳۷۵، ۱۳۷).



تصویر ۱۷: گنبد با باریکه طاق‌های باربر مقطع از تیمچه حاج شیخ کاظم بازار تبریز. (حاجی قاسمی، ۱۳۷۵، ۱۲۲). و نمای زیر گنبد تیمچه حاج شیخ کاظم. (حاجی قاسمی، ۱۳۷۵، ۱۲۲).



تصویر ۱۸: گنبد با باریکه طاق‌های باربر مقطع از گنبد مسجد جامع اردستان (Ashkan, 2009, 105) و نمای زیر گنبد مسجد جامع اردستان (معماریان، ۱۳۶۷، ۲۰۲).

۵-۴. گنبد با باریکه طاق‌های باربر

۵-۴-۱. گنبد تیمچه ملک در بازار تبریز: تیمچه ملک

از تیمچه‌های زیبای قاجاری در بازار تبریز است. کاربردی گنبد میانی، به جای آنکه بر طبق معمول به شمسه‌ای در اوج طاق ختم شود، به تیزه گنبد منتهی می‌شود. از این رو، گنبد روزن میانی ندارد و دارای روزن‌های متعدد جانبی است. گنبد دهانه‌ای در حدود ۹.۵ متر و ارتفاعی در حدود ۱۴ متر دارد (حاجی قاسمی، ۱۳۷۵، ص ۱۳۶) (تصویر ۱۶).

۵-۴-۲. گنبد تیمچه حاج شیخ کاظم در بازار تبریز:

مجموعه تیمچه شیخ کاظم در محل تقاطع راسته جدید و راسته کفاشان بازار تبریز قرار گرفته است. تیمچه اصلی این مجموعه از یک‌هشت و نیم‌هشت در میان و چهار نیم‌هشت در اطراف آن تشکیل شده است. طاق بندی فضا نیز با این هندسه هماهنگ است و به صورت یک طاق بلند و گنبدین در میان و چهار نیم طاق کوتاه‌تر در اطراف جلوه می‌کند. رسمی بندی ساده در اوج طاق به نورگیر هشت‌گوش بزرگی منتهی می‌شود (حاجی قاسمی، ۱۳۷۵، ص ۱۱۸) (تصویر ۱۷).

۵-۴-۳. مسجد جامع اردستان: بخش‌هایی از مسجد

جامع اردستان در شیوه خراسانی (قرن اول ه.ق تا قرن چهارم ه.ق) و بخش‌هایی از آن مانند ایوان جنوبی و گنبدخانه در شیوه رازی (قرن چهارم ه.ق تا قرن ششم ه.ق) و در سال ۵۵۵ هجری قمری ساخته شده است. این گنبد دپوخته پیوسته است و پوسته درونی به روش ترکیب و پوسته بیرونی شبدری تند ساخته شده (پیرنیا، ۱۳۸۶، ص ۱۹۷). ضخامت گنبد در محل پاکار حدود ۸۰ سانتیمتر و دهانه گنبد داخلی ۱۰ متر است (معماریان، ۱۳۶۷، ص ۱۸۷) و چهار نورگیر در گرداگرد آن وجود دارد (تصویر ۱۸).

۶- تحلیل نمونه‌های موردی

۶-۱- تعداد و محل قرارگیری نورگیرها

به منظور بررسی نحوه جایگیری نورگیرها در گنبدهای ایرانی، ۱۴ بنای گنبدی با توجه به نوع ساختمان گنبد (یک پوسته، دوپوسته گسسته و ...) انتخاب شد و سپس تعداد و محل قرارگیری در هریک مشخص شد. از این طریق محدودیت‌های سازه‌ای و ساختمانی در هر نوع گنبد مشخص می‌شود. مقایسه نوع گنبد، تعداد نورگیرها و محل قرارگیری آن‌ها، راهگشای پاسخ به پرسش‌های تحقیق خواهد بود. با توجه به جدول ۱ می‌توان برای جایگیری‌های نورگیر در گنبد، چهار حالت مختلف در نظر گرفت: راس گنبد، ۲- بخش منحنی گنبد، ۳- شکرگاه گنبد و ۴- ساقه گنبد.

در گنبدهای یک پوسته ساقه گنبد به بخشی از بنا اطلاق شده که جدا از گنبد بوده و به صورت عمودی در زیر آن اجرا می‌شود و فارغ از مسائل رانشی و تنش‌های کششی موجود در گنبدها می‌باشد. این بخش در معماری اسلامی "چنبره" نام دارد. ساقه گنبد در گنبدهای دو پوسته ارتفاع بیشتری داشته و به نام‌های گریو یا اربانه نیز از آن یاد شده‌است.

شکرگاه گنبد به آن بخش از گنبد اطلاق می‌شود که در اکثر فرم‌های گنبدی تحت نیروهای کششی قرار دارد و تا زاویه ۲۲.۵ درجه از خط افق را شامل می‌شود. معماران در این قسمت که شروع آجرچینی گنبد نیز محسوب می‌شود، ضخامت بیشتری را در نظر می‌گرفتند. ایجاد نورگیر در این قسمت از گنبد با توجه به تنش‌های کششی موجود در آن از حساسیت ویژه‌ای برخوردار است.

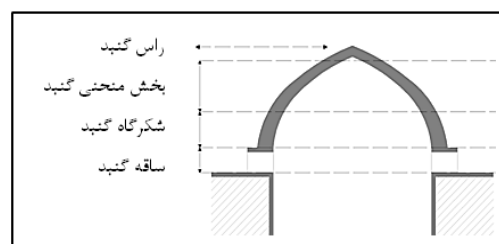
جدول ۱: مکان جایگیری و تعداد نورگیرها در نمونه‌های مطالعه شده (ماخذ: نگارندگان).

نام بنا	نوع گنبد	تعداد نورگیرها	محل نورگیری
گنبد مجموعه امیر در بازار تبریز	یک پوسته	۴	شکرگاه گنبد
گنبد تیمچه حاج صفرعلی تبریز	یک پوسته	۸	شکرگاه و بخش منحنی گنبد
گنبد تاج الملک، مسجد جامع اصفهان	یک پوسته	۲	شکرگاه گنبد
مسجد امام سمنان	یک پوسته	۹	ساقه گنبد و راس گنبد
مسجد شیخ لطف الله	یک پوسته	۱۶	ساقه گنبد
مسجد کبود تبریز	دو پوسته پیوسته	۴	شکرگاه گنبد
بقعه سید رکن الدین یزد	دو پوسته پیوسته	۴	ساقه گنبد
مسجد برسیان	دو پوسته پیوسته	۲	شکرگاه گنبد
مسجد امام اصفهان	دوپوسته گسسته	۸	ساقه گنبد
مسجد آقابزرگ کاشان	دوپوسته گسسته	۱۲	ساقه گنبد
مسجد جامع یزد	دوپوسته گسسته	۴	ساقه گنبد
گنبد تیمچه ملک، بازار تبریز	باریکه طاق‌های باربر	۱۰	شکرگاه گنبد
گنبد تیمچه شیخ کاظم، بازار تبریز	باریکه طاق‌های باربر	۵	شکرگاه و راس گنبد
مسجد جامع اردستان	باریکه طاق‌های باربر	۴	شکرگاه گنبد

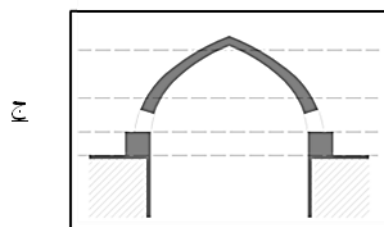
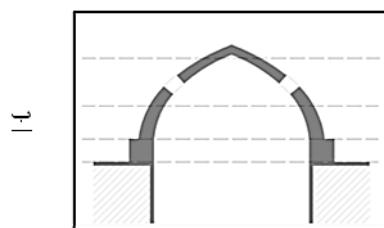
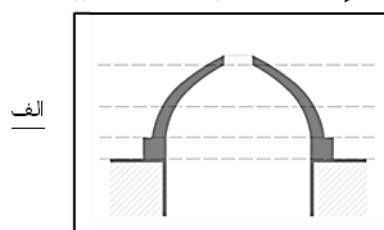
رأس گنبد و بخش منحنی گنبد هر دو در ناحیه تحت تنش‌های فشاری قرار دارند و ایجاد نورگیر و بازشو در آن‌ها مسائل سازه‌ای کمتری ایجاد می‌کند. ایجاد نورگیر در رأس گنبد برای مقاصد روشنایی طبیعی و تهویه فضای معماری از دیرباز و آغاز ساخت گنبد مرسوم بوده و تنش‌های فشاری این ناحیه به خوبی توسط مصالح بنایی مانند خشت و آجر تحمل می‌شود.

در این چهار حالت گنبد امکان ایجاد نورگیر را دارد ولی در برخی از انواع گنبد امکان نورگیری در همه حالات وجود ندارد. که منجر به ایجاد محدودیت برای معمار در جهت ایجاد بازشو در گنبد خواهد شد. محدودیت‌های گنبدها با توجه به نمونه‌های موردی مطالعه شده در جدول ۲ آورده شده است.

بر طبق جدول ۲ در گنبدهای یک پوسته و گنبدهای با طاق باریکه باربر محدودیت جایگیری نورگیر وجود ندارد. در گنبدهای یک پوسته این امکان به این دلیل اتفاق می‌افتد که همه قسمت‌های گنبد با محیط بیرون ارتباط دارد و در صورت ایجاد گشودگی می‌تواند نور و هوای تازه وارد ساختمان کند. این در حالی است که در قسمت شکرگاهی گنبد با توجه به مسائل سازه‌ای گنبد که در ابتدا مطرح شد، باید از تمهیدات ویژه‌ای جهت ایجاد گشودگی استفاده کرد تا بتوان بر تنش کششی گنبد در این منطقه کاست و آن را مهار کرد. در گنبدهای ایرانی راهکارهایی برای مهار تنش‌های کششی در این ناحیه وجود دارد.



تصویر ۱۹: بخش‌های مختلف جایگیری نورگیر در گنبدهای ایرانی. نورگیر در ساقه گنبد. (ماخذ: نگارندگان).



تصویر ۲۰: الف: نورگیر در رأس گنبد. ب: نورگیر در بخش منحنی گنبد. ج: نورگیر در شکرگاه گنبد. (ماخذ: نگارندگان).

جدول ۲: نحوه جایگیری نورگیر در هر نوع از گنبدها (محدودیت‌ها و امکانات). (ماخذ: نگارندگان)

نوع گنبد	یک پوسته	دوپوسته پیوسته	دو پوسته گسسته	با طاق باریکه باربر
موقعیت نورگیر گنبد	رأس گنبد	شکرگاه گنبد	ساقه گنبد	رأس گنبد
	بخش منحنی گنبد	ساقه گنبد	—	قسمت منحنی گنبد
	شکرگاه گنبد	—	—	شکرگاه گنبد
	ساقه گنبد	—	—	ساقه گنبد

۲-۶. راهکارهای مهار تنش‌های کششی در گنبدهای یک پوسته

۱-۲-۶. افزایش ضخامت در شکرگاه گنبد

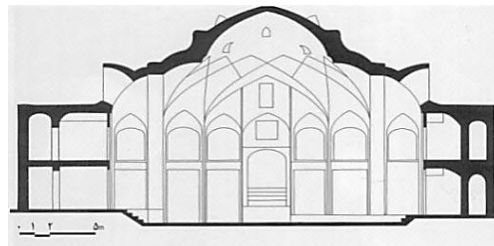
ایجاد ضخامت بیشتر در ناحیه شکرگاهی و جذب تنش‌های کششی از طریق وزن بیشتر مصالح در این ناحیه صورت گرفته است. این راهکار در گنبد تیمچه حاج صفرعلی تبریز و گنبد مسجد امام سمنان مشاهده می‌شود. گنبد تیمچه حاج صفرعلی تبریز دارای چهارنورگیر در بخش شکرگاه گنبد و چهار نورگیر در بخش منحنی آن می‌باشد. از آنجایی که بخش منحنی گنبد تحت تنش‌های فشاری بوده ایجاد نورگیر با ابعاد و تعداد محدود مشکل سازه‌ای برای گنبد ایجاد نمی‌کند. ولی ایجاد بازشو در بخش زیر ۲۲.۵ درجه می‌تواند مشکلات ترک خوردگی و فروپاشی را برای گنبد به دنبال داشته باشد که از طریق ایجاد ضخامت در این ناحیه مهار می‌شود (تصویر ۲۱).

۲-۲-۶. استفاده از پشت‌بند

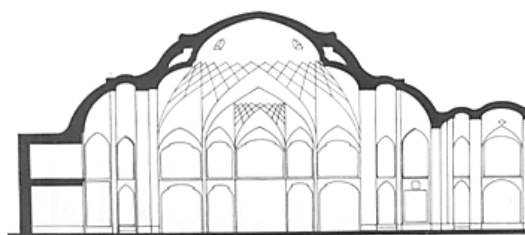
استفاده از پشت‌بند و انتقال نیروهای کششی توسط آن در ناحیه شکرگاهی گنبد، در گنبد مجموعه امیربازار تبریز، دیده می‌شوند. در این گنبد به دلیل خیز کم گنبد نسبت به حالت نیم کره، ناحیه تحت کشش کمتر می‌باشد ولی ایجاد رانش در آن مشکل‌ساز می‌باشد که در این گنبد این رانش به خوبی توسط پشت‌بندها مهار می‌شود (تصویر ۲۲).

۳-۲-۶. استفاده از فرم منحنی طنابی در فرم گنبد

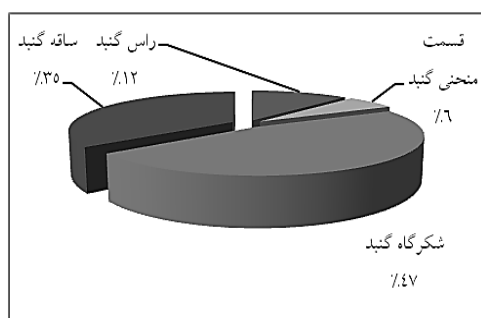
از آن‌جا که گنبد تاج‌الملک مسجد جامع اصفهان یکی از نمونه‌هایی است که فرم آن کاملاً بر فرم منحنی طنابی‌اش مطابقت دارد، این مسئله باعث شده که میزان تنش‌های کششی در آن صفر باشد و کل گنبد به صورت فشاری عمل کند. در این حالت ایجاد نورگیر و بازشو در آن مشکل سازه‌ای ایجاد نمی‌کند.



تصویر ۲۱: ایجاد ضخامت بیشتر در ناحیه تحت تنش کششی در گنبد تیمچه حاج صفرعلی تبریز.



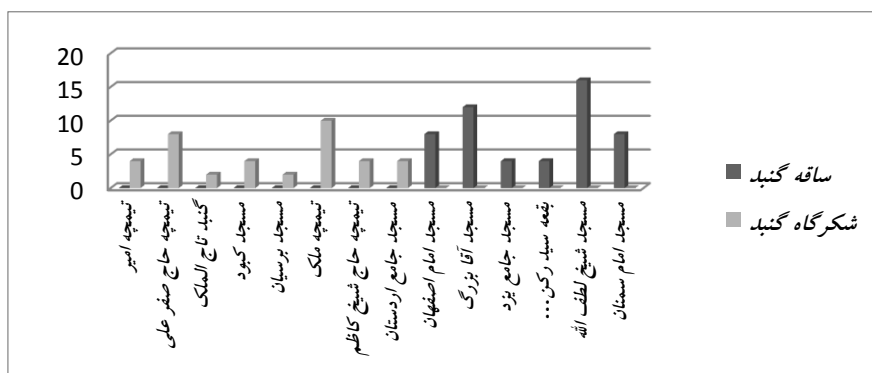
تصویر ۲۲: استفاده از پشت بند در بخش شکرگاهی گنبد مجموعه امیر بازار تبریز.



نمودار ۱: میزان استفاده از جایگیری‌های مختلف نورگیر در گنبدهای مطالعه شده. (ماخذ: نگارندگان)

می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد (جدول ۲) که گنبدهای یک پوسته در حالی که محدودیت جایگیری نورگیر ندارند ولی مسائل و محدودیت‌های سازه‌ای بیشتری نسبت به سایر انواع گنبد دارند و گنبدهای با طاق باریکه‌های باربر هم کمترین محدودیت را چه از جهت مکان جایگیری و چه از جهت سازه‌ای ایجاد می‌کنند. در گنبدهای دوپوسته گسسته تنها از بخش ساقه گنبد می‌توان نورگیری را انجام داد، چراکه در سه بخش دیگر، فضای داخلی ارتباطی با بیرون ندارد. تحلیل توصیفی تعداد نورگیرها (نمودار ۲) نشان می‌دهد که در گنبدهای ایرانی از قسمت منحنی گنبد به کمترین میزان برای نورگیری استفاده شده‌است. این در حالی است که این ناحیه از گنبد محدودیت سازه‌ای کمتری برای ایجاد بازشو دارد ولی از ایجاد نورگیر در این ناحیه اجتناب شده‌است و قسمت شکرگاهی و ساقه گنبد مکان‌های مورد توجه معماران برای ایجاد نورگیر بوده‌است.

جای گیری نورگیر در ساقه گنبد می‌تواند موجب ایجاد تعداد بیشتری نورگیر در گنبد شود چرا که این بخش کاملاً فشاری عمل می‌کند و در اکثر گنبدها ضخامت زیادی دارد. همانطور که از در نمودار بالا می‌بینیم، بیشترین تعداد نورگیر در قسمت ساقه گنبدها ایجاد شده و توانسته مکان مناسبی برای جایگیری نورگیر در گنبدها باشد.



نمودار ۲: مقایسه تعداد نورگیرهای ایجاد شده در بخش های شکرگاهی و ساقه گنبد (ماخذ: نگارندگان).

شکرگاه گنبد با توجه به حساسیت سازه‌ای که دارد حتی با وجود راهکارهای مهار تنش‌های کششی نمی‌تواند تعداد زیادی بازشو داشته باشد. در گنبد تیمچه ملک بازار تبریز که گنبدی با طاق باریکه باربر می‌باشد، محدودیت جابجیری

بازشو وجود ندارد و پوسته‌های پرکننده میان طاق باریکه‌ها می‌تواند حتی در شکرگاه گنبد نورگیر به تعداد زیاد داشته باشد.

نتیجه گیری

با توجه به نتایج حاصل از تحلیل نمونه‌های موردی می‌توان چنین نتیجه گرفت که در گنبدهای ایرانی، چهار حالت نورگیری از گنبد وجود دارد که در حالت نورگیری از قسمت منحنی گنبد کمترین آمار ساخته شده وجود دارد. گنبدها در ناحیه شکرگاهی احتیاج به تمهیدات ویژه‌ای دارند تا تنش‌های کششی موجود در این ناحیه را مهار کنند. حتی در این حالت هم این ناحیه نمی‌تواند پذیرای تعداد زیادی نورگیر باشد. در نمونه‌های مطالعه شده، در این ناحیه حداکثر چهار نورگیر ایجاد شده است. ناحیه منحنی گنبد کمترین اهمیت را برای ایجاد نورگیر داشته است و این موضوع با توجه به محدودیت‌های کمتر سازه‌ای در این ناحیه، می‌تواند خود موضوع پژوهش‌های آینده در پی یافتن چرایی این مسئله باشد. گنبدهای با طاق باریکه باربر در صورت یک پوسته بودن می‌توانند در همه قسمت‌ها نورگیر داشته باشند و کمترین محدودیت را دارا هستند.

فهرست منابع

۱. اردلان، نادر و بختیار، لاله؛ ۱۳۸۰؛ **حس وحدت**؛ ترجمه حمید شاه‌رخ؛ انتشارات خاک؛ اصفهان.
۲. اوشیدری، جهانگیر؛ ۱۳۷۹؛ **نور، آتش، آتشکده در آیین زردشت**؛ نشر مرکز؛ تهران.
۳. بورکهارت، تیتوس؛ ۱۳۶۵؛ **هنر اسلامی زبان و بیان**؛ ترجمه مسعود رجب نیا؛ چاپ اول؛ انتشارات صداوسیما جمهوری اسلامی ایران؛ تهران.
۴. پیرنیا، محمد کریم؛ ۱۳۸۶؛ **سیک شناسی معماری ایران**؛ تدوین غلامحسین معماریان؛ چاپ پنجم؛ انتشارات سروش دانش؛ تهران.
۵. پیرنیا، محمد کریم؛ ۱۳۷۰؛ **گنبد در معماری ایران**؛ مجله اثر؛ شماره ۲۰.
۶. سالوادوری، ماریو؛ ۱۳۸۴؛ **سازه در معماری**؛ ترجمه محمود گلابچی؛ چاپ پنجم؛ انتشارات دانشگاه تهران؛ تهران.
۷. حاجی قاسمی، کامبیز؛ ۱۳۷۵؛ **گنجنامه فرهنگ آثار معماری اسلامی ایران، بناهای بازار**؛ (دفتر نهم)؛ انتشارات دانشگاه شهید بهشتی؛ تهران.
۸. حاجی قاسمی، کامبیز؛ ۱۳۷۵؛ **گنجنامه فرهنگ آثار معماری اسلامی ایران، مساجد جامع**؛ (دفتر هفتم)؛ انتشارات دانشگاه شهید بهشتی؛ تهران.
۹. حاجی قاسمی، کامبیز؛ ۱۳۷۵؛ **گنجنامه فرهنگ آثار معماری اسلامی ایران، مساجد**؛ (دفتر ششم)؛ انتشارات دانشگاه شهید بهشتی؛ تهران.
۱۰. معماریان، غلامحسین؛ ۱۳۶۷؛ **نیارش سازه های طاقی در معماری اسلامی ایران**؛ جلد اول؛ چاپ اول؛ انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه علم و صنعت ایران؛ تهران.
۱۱. مور، فولر؛ ۱۳۸۵؛ **درک رفتار سازه ها**؛ ترجمه محمود گلابچی؛ چاپ چهارم؛ انتشارات دانشگاه تهران.
۱۲. مهدوی نژاد، محمد جواد؛ ۱۳۸۳؛ **حکمت معماری اسلامی**؛ نشریه هنرهای زیبا؛ شماره ۱۹.
۱۳. نصر، سید حسین؛ ۱۳۸۳؛ **سنت عقلانی اسلامی در ایران**؛ ترجمه سعید دهقانی؛ چاپ اول؛ انتشارات قصیده سرا؛ تهران.
۱۴. نصر، سید حسین؛ ۱۳۸۹؛ **هنر و معنویت اسلامی**؛ ترجمه رحیم قاسمیان؛ چاپ اول؛ انتشارات حکمت؛ تهران.
۱۵. نعمت گرگانی، ام البنین؛ ۱۳۸۲؛ **پیشینه نور در معماری و وسایل روشنایی در هنر اسلامی ایران**؛ مجله اثر، شماره ۳۵.
16. Ashkan, M. & Ahmady, (2009) **Persian Domes: History, Morphology and Typologies**; Archnet-IJAR; Volume 3; Issue 3; 98-115.
17. Cowan, H. J. A; (1977) **History of Masonry and Concrete Domes in Building Construction**; Building and environment; volume 12; 81-85.
18. Farshad, M; (1977) **On the shape of Moment less Tensionless Masonry Domes**; Building and environment; volume 12; 1-24.