



ارزش ناملموس نیارش میراث جهانی گنبد سلطانیه

میرموسی انیران^۱، زهره ترابی^۲ * میترا آزاد^۳

^۱ دانشجوی دکترا، گروه معماری، واحد بین المللی کیش، دانشگاه آزاد اسلامی، جزیره کیش، ایران. Aniran2535@yahoo.com

^۲ * (نویسنده مسئول) استادیار، گروه معماری، واحد زنجان، دانشگاه آزاد اسلامی، زنجان، ایران. zohreh.torabi@lauz.ac.ir

^۳ استادیار، گروه مستند نگاری و مطالعات معماری و مرمت ابنیه و بافت، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران. m_azad@sbu.ac.ir

چکیده

علم نیارش برای پایداری و ایستایی بنا انجام می‌شود و حاصل سه علم استاتیک، مصالح شناسی و فن ساختمان است. این پژوهش بر آن است که با مطالعه و بررسی نحوه عملکرد سازه گنبد سلطانیه به‌عنوان هفتمین اثر ایران از بناهای مهم ثبت شده در فهرست یونسکو، نشان دهد که چگونه این بنای باشکوه و سنتی با تلفیقی از معماری و سازه شکل گرفته است. سازه در گنبد سلطانیه به‌مثابه معماری عمل کرده است. راز ثبات این ساختمان آجری در طول قرن‌های گذشته، در ساختار و مواد استفاده شده برای ساخت آن است. در این نوشتار از روش توصیفی-تحلیلی استفاده شده است. در ابتدا مطالعات تاریخی و معماری بنای گنبد سلطانیه معرفی شده سپس با جستاری در بخش‌های مختلف پی، ساقه گنبد، پوشش بنا، تزئینات و مصالح کاربردی به بیان این خصائص که به نوعی در پایداری این بنا مؤثرند، می‌پردازد. این پژوهش سعی در بررسی دقیق‌تر این موضوع دارد که چگونه بنای سنتی با استفاده از حداقل مصالح و حداکثر تکنولوژی زمان خود به معماری یکپارچه‌ای دست یافته است. باتوجه‌به اینکه ساختار و نحوه انتقال نیرو در این بنای عظیم به‌صورت آشکار و عیان قابل مطالعه نیست، لذا بررسی‌های صورت گرفته باتوجه‌به شواهد موجود و مطالعه ترک‌های عمیق امکان‌پذیر بوده است. در این مقاله به نقشی که سازه گنبد سلطانیه در بیان هویت معماری داشته و نقشی که می‌تواند در بیان هویت معماری امروزی بنا داشته باشد، پرداخته است.

اهداف پژوهش:

۱. بررسی ارزش ناملموس نیارش میراث جهانی گنبد سلطانیه.
۲. بررسی بنای سنتی با استفاده از حداقل مصالح و حداکثر تکنولوژی زمان خود.

سؤالات پژوهش:

۱. ارزش ناملموس نیارش میراث جهانی گنبد سلطانیه چگونه است؟
۲. گنبد سلطانیه چگونه با استفاده از حداقل مصالح و حداکثر تکنولوژی زمان خود به معماری یکپارچه‌ای دست یافته است؟

اطلاعات مقاله

مقاله پژوهشی

شماره ۵۰

دوره ۲۰

صفحه ۵۹ الی ۷۷

تاریخ ارسال مقاله: ۱۴۰۱/۱۱/۱۱

تاریخ داوری: ۱۴۰۲/۰۲/۲۳

تاریخ صدور پذیرش: ۱۴۰۲/۰۴/۱۴

تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۰۶/۰۱

کلمات کلیدی

نیارش،
گنبد سلطانیه،
میراث جهانی،
سازه.

ارجاع به این مقاله

انیران، میرموسی، ترابی، زهره، آزاد، میترا. (۱۴۰۲). ارزش ناملموس نیارش میراث جهانی گنبد سلطانیه. مطالعات هنر اسلامی، ۲۰(۵۰)، ۵۹-۷۷.



[dori.net/dor/20.1001.1.1735708140220501567/](https://doi.org/10.22034/IAS.1735708140220501567)

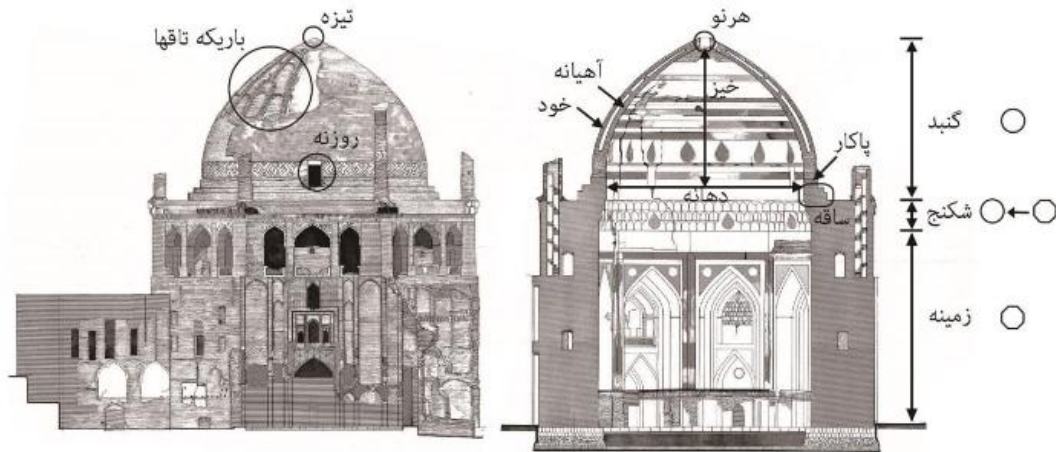


dx.doi.org/10.22034/IAS.2023.404966.2322

مقدمه

سازه باعث قوام و دوام معماری می‌شود. تحمل تمام بارهای اضافی برای جلوگیری از صدمه زدن به معماری بر دوش سازه است. معماری فضا را ایجاد و خلق می‌کند و سازه، فضا و ساختار را شکل می‌دهد و می‌سازد. هیچ معماری بدون سازه نمی‌تواند باقی بماند و هنر معماری ایران در همین «تلفیق سازه و معماری» است. یعنی مرزی بین این دو در معماری ایران وجود ندارد و رمز جاودانگی معماری ایران در تفکیک‌ناپذیری معماری و سازه است و در آثار معماری هیچ ردپای مستقلی از هیچ کدام وجود ندارد (وفامهر، ۱۳۸۷). یکی از اصول معماری ایرانی که استاد پیرنیا، آن‌ها را در پنج اصل خلاصه کرده است، «نیارش» است. نیارش عبارت است از شناخت کمیّت و کیفیت نیروی مصالح ساختمانی و معماری سنتی ایران (شمس، ۱۳۸۹: ۱۴۷)؛ یا به گفته خود استاد، واژه نیارش به دانش ایستایی، فن ساختمان و ساختمانی (مصالح) گفته می‌شود (پیرنیا، ۱۳۸۹: ۲۹). نیارش نزد معماران قدیمی ایران بسیار اهمیت داشت؛ آنان برخلاف معماران اروپایی، بیش از هر چیز به پوشش و مسائل فنی و جنبه‌های عملی طرح نظر داشتند. همین امر نشان دهنده توجه به منطقی بودن بنا است که آن را قوام می‌بخشید و زیبا می‌کرد. اساس زیبایی (زیبندگی) در معماری ایران، منطقی و متناسب بودن و قرار گرفتن هر چیز در جای خود است. در معماری ایرانی، طرح، اجرا، معماری و سازه از یکدیگر جدا نبودند. چنین نبود که معمار آزادانه طراحی کند و در مرحله‌ای دیگر، کسی دیگر آن را برای اجرا آماده کند و برای چگونگی برپایی‌اش محاسبه کند، بلکه این موارد همراه و آمیخته به هم انجام می‌شده است که این آمیختگی با بهره‌گیری از دستگاه «پیمون» محقق می‌شده (قیومی بیدهندی و عبدالله‌زاده، ۱۴۰۰: ۱۳). براساس همین معیارها (استاتیک، مصالح‌شناسی و فن ساختمان) در اینجا ما به چگونگی تجلی «نیارش» در مجموعه آرامگاه اولجایتو (پایگاه میراث جهانی گنبد سلطانیه) می‌پردازیم که به‌عنوان یکی از آثار جهانی ایران به ثبت رسیده است. هدف اصلی این پژوهش دستیابی به جزئیات ارزش ناملموس نیارش در سازه گنبد سلطانیه است.

سؤال اصلی پژوهش در این خصوص است که چه عناصر نامشهود و ناملموسی در سازه گنبد سلطانیه وجود دارد؟ در این رابطه باید اشاره کرد که دو جداره بودن گنبد، پی بنا، ارتفاع بنا، ضخامت دیوارها، وجود چوب‌ها در سازه و غیره از بزرگ‌ترین خصوصیات و ارزش‌های این اثر جهانی است بنابراین، ارزیابی تمام خصوصیات سازه این بنا از لحاظ تاریخی نیز حایز اهمیت است. مسئله اصلی نگارندگان، شناخت نادرست اولین مرمت‌گران از سازه گنبد سلطانیه است که منجر به ایجاد مرمت‌های نادرست در این بنا شده است. در این مقاله که به روش کتابخانه‌ای و توصیفی-تحلیلی تهیه شده است، روش‌های مقاوم‌سازی سازه، گنبد، طاق‌ها و تویزه‌ها در معماری سنتی در گنبد سلطانیه بازشناسایی شده است و تکنیک‌های نیارشی متنوع که موجب ایجاد معماری پایدار گشته را معرفی کرده‌اند.



شکل ۱: نام اجزاء گنبد (نقشه: سازمان میراث فرهنگی، گردشگری و صنایع دستی استان زنجان)

اصغریان جدی (۱۳۵۵)، در کتابی با عنوان کلیاتی درباره معماری گنبد سلطانیه، بعد از توصیف کلی بنا گنبد سلطانیه، ابتدا به اسکلت و بحث مسائل ایستائی کل بنا، به عبارت دیگر بحث در باره نیروهای عمودی، نیروهای افقی و رانش در گنبد و پایه‌ها و جرزها، پس از آن بحث مسائل ایستائی اجزای بنا مانند اسکلت گنبد و اسکلت سقف ایوان‌های خارجی پرداخته شده است. در ادامه مطلب نقش چوب در گنبد سلطانیه از جمله داربست، کلاف برای تقسیم نیروهای فشاری در مواقع نشست پی و خنثی کردن نیروهای کششی مورد بحث قرار گرفته است. ثبوتی (۱۳۸۰)، در کتابی با عنوان «گنبد سلطانیه در گذرگاه هنر» به پیشینه تاریخی منطقه سلطانیه و وجه تسمیه آن اشاره می‌کند و در بخشی از آن نیز، ضمن بررسی ساختمان‌ها و اجزای تشکیل دهنده سلطانیه، قسمت‌های مختلف این گنبد معرفی می‌شود.

حجازی و میر قادری (۱۳۸۳) در کتابی با عنوان «تحلیل لرزه‌ای گنبد‌های ایرانی» به بررسی سیستم سازه‌ای تعدادی از گنبد‌های تاریخی ایران با مصالح بنایی پرداخته است و مقاومت و پایداری سازه‌های آن‌ها در مقابل اثرات دینامیکی زلزله مورد بحث قرار گرفته است. بابائی و همکاران (۱۳۹۳) در مقاله‌ای با عنوان «ارزش‌های ماندگار در گنبد‌های ایرانی با تأکید بر گنبد سلطانیه» به بررسی ارزش‌های ماندگار در گنبد‌های ایرانی و جایگاه معماری و سازه در ساختار زیبایی‌شناسانه بنای تاریخی سلطانیه بوده و همچنین کلیاتی درباره گنبد، گنبد‌های دوپوش، آثار به‌جا مانده دوره ایلخانی پرداخته است و تلاش می‌کند که با کمک تحلیل هندسی، نحوه شکل‌گیری طرح گنبد را روشن کند. یافته‌های پژوهش نگارندگان نشان می‌دهد که در سال‌های گذشته در هنگامی که عملیات مرمت در گنبد سلطانیه آغاز شده بود در سال‌های ۱۳۴۶ الی ۱۳۵۷ طبق برنامه‌های مدرن در آن سال‌ها، قسمت‌های عمده‌ای از تزئینات وابسته به معماری اعم از گچبری و نقاشی‌های مربوط به دوره دوم تزئینات در گنبد سلطانیه که توسط گروه متخصصین مرمت ایتالیایی از بدنه دیوارها بر داشته شده بود؛ زیرا این پروژه با تزئینات گنبد آشنایی نداشتند و این روش آن‌ها اشتباه

بوده است که باعث آسیب به تزئینات گنبد سلطانیه شده است. اما متأسفانه گروه مرمت ایتالیایی تمامی مدارک و اسناد دال بر انجام روش‌های مرمتی و نیز نصب مجدد قطعات در محل اصلی را با خود برده بودند و همچنین کدبندی توسط آن گروه در رابطه با برداشتن قطعات و تزئینات در هنگام فعالیت اعمال شد بسیار ناچیز است. عوامل فوق مراحل بازگرداندن قطعات را دشوار می‌کند. در برخی موارد مرمت‌گران ایتالیایی برای استحکام‌بخشی از مواد آلی یا الیاف مصنوعی استفاده کرده‌اند که به دلیل وقفه زمانی بین مرمت‌های انجام گرفته تجزیه شده و باعث فساد بیشتر شده‌اند. در این پژوهش به خطاهای مرمتی که در این بنا در طول مرمت رخ داده به صورت مفصل اشاره شده است که گروه مرمت‌گر ایتالیایی با فرهنگ مواد ایرانی آشنا نبوده و این آشنایی باعث بروز مشکلات بسیاری شده است.

محققان ابتدا از منابع گوناگون که عبارت‌اند از: کتاب‌ها، مقالات، پایان‌نامه‌ها، متون و سایت‌های اینترنتی اطلاعات مورد نیاز خود را جمع‌آوری کرده و سپس به کنکاش میدانی به صورت مشاهده و عکاسی از بنای موردنظر پرداخته است. لازم به ذکر است به این منظور پژوهشگر از منابع و ماخذ فارسی و لاتین و مخصوصاً متون دست اول از طریق مراجعه به کتابخانه‌های معتبر استفاده کرده است. در راستای مطالعات میدانی بازدید از پایگاه میراث جهانی گنبد سلطانیه نیز مورد توجه قرار گرفت. در این راستا، پژوهشگران از طریق انطباق حاصل مطالعات اسنادی با داده‌های میدانی به تحلیلی از روند تحولات و نوآوری‌های صورت گرفته در دوره ایلخانی و مرمت‌های انجام شده، رسیده است.

۱. موقعیت و معرفی گنبد سلطانیه

گنبد سلطانیه بزرگ‌ترین گنبد آجری جهان، علاوه بر شکوه و عظمت معماری که در نوع خود بی‌نظیر است. این بنا دایره‌المعارفی از نقش و طرح در تزئینات معماری آن روز، که بیانگر برهه‌ای از تاریخ معماری و هنر ایران به‌ویژه در دوره مزبور است. بنای گنبد سلطانیه در دوران حکومت خدابنده در مدت ۹ سال از ۷۰۳ تا ۷۱۳ ه.ق احداث شده و تنها بنایی است که از مجموعه سلطانیه باقی مانده است.

به استناد متون تاریخی در شهر سلطانیه ارگی وجود داشته که بنای گنبد سلطانیه در سمت جنوب غربی آن برپا شده بود. در ارگ این شهر، علاوه بر عمارت گنبد سلطانیه، بناهای دیگری، مانند مسجد و دارالضیافه و دارالسیاده و دیوان خانه و کاخ سلطنتی، وجود داشته و هر یک از محلات شهر سلطانیه را هر یک از بزرگان قوم و رجال برجسته محله‌ای که دارای مسجد، خانقاه، مدرسه، بیمارستان و مهمانسرا باشد به نام خود ساختند. تمام کاروان‌های تجاری در قرن هشتم از هند و ترکستان و چین مجبور بودند برای بردن مال التجاره خود به شهر سلطانیه رفته و از آنجا به اروپا بروند؛ به همین علت سلطانیه یکی از مهم‌ترین مراکز بازرگانی و اقتصادی بود. از آنجاکه سلطان محمد خدابنده مانند بسیاری از حکمرانان گذشته در ایجاد شهر عجله‌ای بسیار داشت، شاه خودش آمد و انجام کارها و پیشرفت آن را مستقیماً تحت نظارت قرار داد. همچنین وزرای اولجایتو، خواجه سعدالدین و خواجه رشیدالدین و تاج‌الدین علیشاه بر احداث شهر سلطانیه و گنبد آن نظارت داشته‌اند. پس از مرگ اولجایتو در سال ۷۱۶ ه.ق شهر سلطانیه و به دنبال آن گنبد، شهرت و عظمت خود را از دست داد. با اینکه این شهر مقر حکومت ابوسعید بهادرخان فرزند اولجایتو بود، ولی رونق

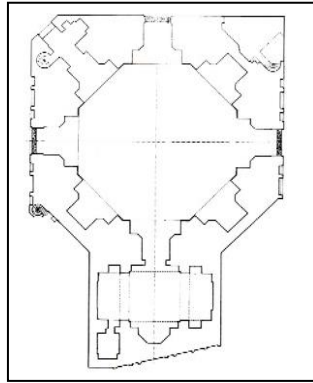
سابق خود را نداشت. سرانجام به دنبال حمله تیمور، وضع شهر دگرگون و خالی از سکنه شد و به جز گنبد آرامگاه سلطان محمد خدابنده تمام ابنیه آن از بین رفت. سازمان میراث فرهنگی کشور هر ساله بخش‌هایی از این بنا را مرمت می‌کند. این بنا به شماره ۱۶۶ در تاریخ ۱۳۱۰/۱۰/۱۵ ه. ش در فهرست آثار ملی ایران تحت عنوان مقبره سلطان محمد خدابنده، اولجایتو به ثبت رسیده است (حمزه لو، ۱۳۸۱: ۵۹ و ۶۰). تعمیرات متعددی چه در زمان گذشته و چه در سال‌های اخیر بر روی این بنا انجام شده است و طبق بررسی‌های انجام شده علل عمده ویرانی در بنا عبارت است از: اثر عوامل جوی، تغییر درجه حرارت، زلزله و فشارهای موجود در محل تکیه‌گاه، طاق‌ها و گنبدها روی پایه‌های بنا و نشست پی (سن پائولوزی و دریکو، ۱۹۶۲).

سبک معماری گنبد سلطانیه سبک آذری است. این سبک مخصوص دوره مغول بود و تا دوره صفوی ادامه پیدا می‌کند. سبک و شیوه آذری شباهت به سبک‌های دوره سلجوقی دارد ولی در شکل و مقیاس ساختمان‌ها ویژگی‌هایی که مخصوص این دوره است وجود دارد. حمله مغول در سال ۶۱۵ ه. ق (۱۲۱۹م) در ایران خرابی‌های فراوان آورد، ولی مغولان مهاجم که خودشان هنر و تمدنی نداشتند پس از استیلا به ایران شیفته تمدن ایران شده، سوی آن کشیده شدند و هنگامی که ایلخانان خواستند برای خودشان بنا بسازند، معماران را از سرزمین‌های جنوبی دعوت کردند. «این بار از آمیزش ویژگی‌های معماری مرکز ایران و جنوب با سنت‌ها و روش‌هایی که از روزگاران کهن، بومی آذربایجان شده بود، شیوه معماری پدید آمد که به درستی نام «شیوه آذری «گرفت» (پیرنیا، ۱۳۹۲)

بهره‌گیری از عناصر یکسان نظیر کاربردی در سازه و آرایه جهت شتاب دادن ساختمان‌سازی از ویژگی‌های این سبک است. یکی از ویژگی‌های دیگر معماری این سبک استفاده از هندسه در طراحی است. همچنین در این سبک ساختمان‌هایی با مقیاس بسیار بزرگ احداث شد که در شیوه‌های پیشین مانند نداشت، و عظیم‌ترین و با شکوه‌ترین ساختمان شیوه آذری گنبد سلطانیه است. حکمرانان ایلخانی قدرت خود را در بنا کرده و علاقه به بنای بلند و گنبدهای بزرگ دیده و آن میل را با ایجاد چنین بناهایی نشان می‌دادند. در ساختمان‌های این زمان علاقه و تمایل به بالاگرایی و قائم ساختن عناصر ساختمانی کاملاً محسوس است. «یک مقیاس افزایش یافته پدیدار شد: گنبدها بسیار بزرگ و برج‌ها خیلی بلند بود. نمای ساختمان‌ها را با قاب‌های باریک و بلند هلالی و نوک تیز پرهیبت‌تر ساختند» (پوپ، ۱۳۷۰).

این گنبد در زمین هشت‌ضلعی به قطر داخلی ۲۵/۵ متر و ارتفاع ۴۸/۵ متر ساخته شده است. اسکلت ساختمان آن متشکل از یک گنبد دو پوشش پیوسته میان تهی بسیار بزرگ است که روی پتگانه‌ها اجرا شده جهت تبدیل زمینه به دایره قرار گرفته اند. این پتگانه‌ها روی دوسری قوس‌های برابر مختلف تکیه دارند و این‌ها به نوبه خود روی پایه‌های مرکب از هشت جرز بزرگ حمال آجری قرار گرفته اند. طول هر ضلع این هشت‌ضلعی حدود ۱۰ متر می‌باشد و سطح مسطح هر یک از این جرزهای برابر حدود ۵۰ متر مربع است. این بنا دارای هشت ایوان است که در جهت جغرافیایی

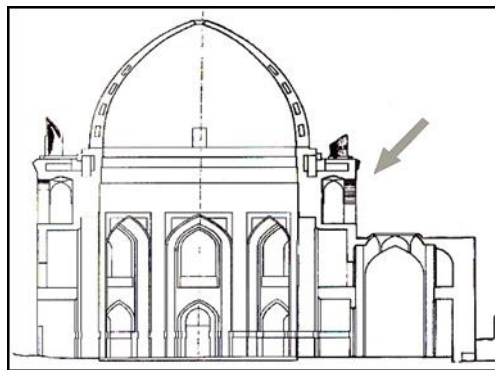
قرار گرفته اند. و ایوان‌هایی که در جهات اصلی جغرافیایی قرار ندارند با اجرای مقرنس تزئین شده‌اند، اما ایوان‌هایی که در جهات اصلی قرار دارند فاقد مقرنس می‌باشند.



شکل ۲ - پلان سلطانیه در ارتفاع ۱۱/۵ متری

ایوان‌های مذکور از یک طرف باعث کم شدن حجم دیوارهای قطور در بالا می‌شوند و از طرف دیگر تحرک و تنوعی در ارتفاع آن بوجود می‌آورند و نسبت به محورهای مختلف بنا فرم‌های تزئینی مختلفی به خود می‌گیرند. در برخی از ایوان‌هایی که در طبقه اول قرار دارند پنجره‌هایی برای نورگیری تعبیه شده است.

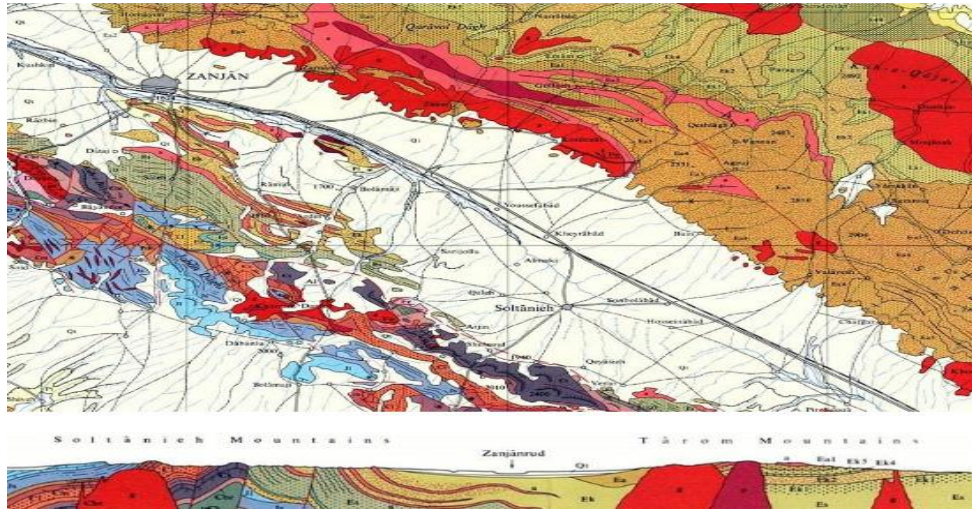
علاوه بر ایوان‌های داخلی، یک‌سری ایوان خارجی به صورت نوار افقی در نما مشخص است که هر ایوان به وسیله جزرهای آجری کوچک به سه قسمت تقسیم می‌شوند. هر بخش شامل یک قوس می‌باشد و در پیشانی انتهایی به وسیله کاشی کاری زیبایی خاتمه می‌یابد. در قسمت بالای این ایوان‌ها گنبد آجری و عظیم بنا قرار دارد که هشت منار رفیع پیرامونش را فرا گرفته است. طبق مطالعاتی که انجام شده است عمق پی گنبد سلطانیه در مقابل عظمت و ارتفاع زیاد آن بسیار کم و ناچیز است. عمق پی این بنا در بیشتر قسمت‌های آن به جز در قسمت شمالی که عمق آن به ۱/۵ متر می‌رسد در سایر قسمت‌ها بیشتر از ۵۰ یا ۶۰ سانتی‌متر نمی‌باشد (سن پائولوزی و دریکو، ۱۹۶۲).



شکل ۳ - برش شمالی - جنوبی گنبد سلطانیه

۲. زمین‌شناسی شهرستان سلطانیه

از نظر زمین‌شناسی توسعه شهر سلطانیه بر روی تراس‌های آبرفتی (Qt) است که این نهشته‌ها توسط جریان رودخانه بین دو رشته کوه به وجود آمده است (نقشه ۱)



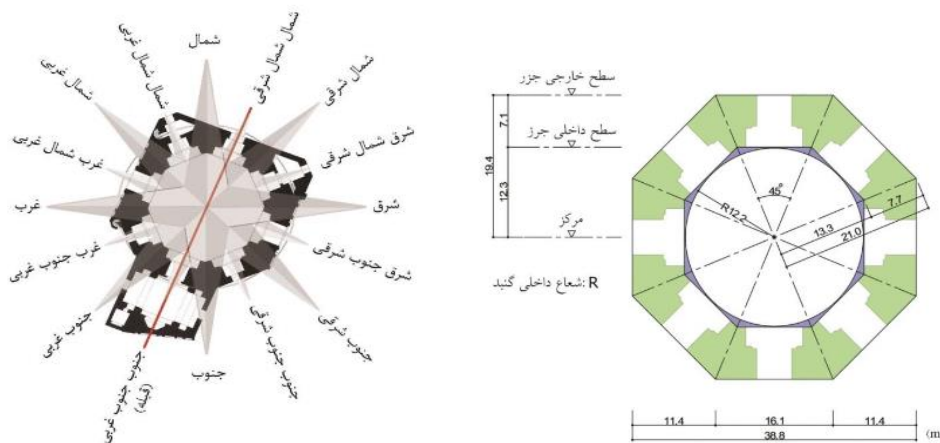
نقشه ۱: نقشه زمین‌شناسی اطراف سلطانیه

مآخذ: Zanjan, Geological survey of Iran, United Nations special fund project, Edition: ۱۹۶۹

زمین طبیعی سلطانیه متشکل از مواد آهکی مخلوط با خاک رس و اندکی ماسه و اجزایی به بزرگی حداکثر یک سانتیمتر است و به طور طبیعی بسیار فشرده و یکدست و این خاک حداکثر از عمق ۸۰ سانتی‌متری از سطح زمین قرار گرفته و تا عمق هفت متر زیر زمین که سطح آب‌های زیرزمینی در منطقه است، ادامه دارد (ثبوتی، ۱۳۸۰). این ویژگی بسیار فشرده و یکدست بودن زمین در نگهداری بناهای تاریخی منطقه به طور مثبت عمل کرده است. با گذشت بیش از ۷۰۰ سال از بنای گنبد سلطانیه، تنها هشت سانتی‌متر نشست در سطح کلی بنا مشاهده شده است و این پدیده به یقین ناشی از یکپارچگی زمین این ناحیه است (حمزلو، ۱۳۸۳). در سلطانیه آب باران به اعماق زمین نفوذ نمی‌کند. در عمق حدود ۱۰ سانتی‌متری سرتاسر چمن سلطانیه سنگ سفید سختی زمین را پوشانده که آب باران به این حد که می‌رسد متوقف می‌ماند و ذخیره می‌شود. این است که از عمق حدود ۱۰ سانتی‌متری، مدام دشت را آبیاری می‌کند و چمن‌های سلطانیه را همیشه سرسبز نگه می‌دارد (گیلانی، ۱۳۵۲).

۳. یافته‌های تحقیق

در یک نگرش کلی می‌توان دریافت که شهر سلطانیه دارای ویژگی‌های شهرهای ایران دوران اسلامی بوده و کشفیات باستان‌شناسی این موضوع را روشن ساخته است. فضاهای اقتصادی مناسب با رفع نیازهای شهرنشینان، مساجد به پیروی از سنن اسلامی، بازار، حمام، مدرسه و غیره هر یک به نوعی با هم مرتبط و ضامن بقای یک شهر اسلامی است. در این پژوهش عناصر سازه‌های گنبد سلطانیه شامل ورودی، ایستایی بنا، پی، دیواره‌ها، ایوان‌ها، گنبد، چوب و غیره مورد بررسی قرار گرفته است. ساختمان‌ها و بناهایی بوده که شاهان مغول آن را دیده‌اند و شکی در آن نیست که مقبره سامانی و مقبره سلطان سنجر از جمله این بناها به‌شمار می‌روند و می‌توان شباهت‌هایی نیز به لحاظ روحیه و خواست‌ها در آن یافت ولی وقتی ما این بناها را در یک ایشل معماری مورد بررسی قرار می‌دهیم، به لحاظ تکنیک معماری، ایستایی و سازه هیچ ربط و ارتباطی نمی‌توانیم میان این بنا و دیگر بناهای موجود در آن دوران بیابیم. این بنا در جهات اصلی جغرافیایی احداث نشده و به‌جای آن رو به قبله است؛ یعنی محور اصلی گنبد سلطانیه قبله است و منطبق به محور شمال شمال شرقی-جنوب جنوب غربی است. در امتداد این محور در ضلع جنوب جنوب غربی آن بنای تربت خانه و سردابه در زیر آن قرار دارد) در مطالعات گذشته توسط مؤلفین پیشین، با در نظر گرفتن قبله (محور شمال شمال شرقی-جنوب جنوب غربی) به‌عنوان محور شمال-جنوب، بنا در جهات اصلی جغرافیایی قرار داده شده و برای ذکر به اضلاع بنا و ایوان‌ها از هشت جهت اصلی جغرافیایی یعنی شمال، جنوب، شرق، غرب و هشت جهت میان این‌ها استفاده می‌شود.



شکل ۴: جهت‌گیری بنای گنبد سلطانیه و هندسه در پلان گنبدخانه

۳/۱. ورودی گنبد سلطانیه

در سلطانیه، در ورودی در شمال قرار دارد که المانی ایرانی ست و وارد معماری آن‌ها شده است. وقتی از دروازه ۹۰ درجه می‌گردیم، وارد فضای هشتی می‌شویم. پس از آن وارد حیاطی می‌شویم که بعد از آن این ستون‌ها حالتی بسیار شاهانه و سلطنتی می‌گیرند که در معماری ایران بسیار بی نظیر است و جایی در ورودی کاخ به این عظمت نمی‌شناسیم.

نزدیک شدن به سلطان در آن زمان پروتکلی داشت که این حالت بسیار عظیم که فرد را مجبور می کند از کریدور بگذریم بی نظیر است. ستون های کاخ دارای جزئیات دقیقی هستند که فضای بسیار اشرافی را در ورود به گنبد ترتیب می دهند. اما موضوع کمی گیج کننده در کاخ این است که بعد از ستون ها به حیاطی می رسیم که در آن دیواری قرار دارد. برجی داخلی به ارتفاع دوونیم متر در آنجا وجود دارد که با بازسازی ها ما به این نتیجه رسیدیم که باید راهی در آن ادامه داشته باشد. در اثر حفاری ها به دیوار کوچکی با ته ستون های بزرگی در جنوب آن رسیدیم و به این نتیجه رسیدیم که بعد از آن دیوار بازمی گردد و راهرویی یا خیابانی می شود که دور آن می چرخد و بعید نیست این ته ستون های بزرگ درگاه عظیمی باشد. وقتی دو دیوار ادامه داشته باشد، حالت برج در برجی به وجود می آید که در معماری ایلخانی آن زمان منحصر به فرد است. وقتی در نزدیکی ساختمانی فضای بسته دارید یعنی فرد وارد شده را مجبور می کنید تا هر کس که وارد می شود به دیوار برخورد می کند و دور آن بگردد و وارد شود که این روش با روحیه ورود به فضای داخلی قصرها در زمان ایلخانیان که ورود از جنوب بوده تطبیق می کند.

۳/۲. ایستایی گنبد سلطانیه

عملاً سیستم ایستایی این ساختمان یک سیستم هشت ضلعی که ستون ها به سمت بالا می رود کم تر و کوچک تر می شود تا جایی که یک مناری از آن می ماند و یک ستون بزرگی فضاهای داخلی را می شود و به مرور زمان که ساختمان بالا می رود ستون ها خالی می شوند و کوچک تر می شوند تا حدی که فقط مناری از آن باقی می ماند. ما سعی کردیم برای فهمیدن خودمان آن را به این صورت ارائه دهیم یعنی یک ستون بزرگی که آرام آرام فضای داخلی را می شود تا می رسد به زیر جایی که باید رانش های خود گنبد باشد، در عمل چیزی وجود ندارد و باید گفت بعضی از این فضاها کارایی ندارند یعنی عملاً معماری آن زمان با علم این که ساختمان را سبک کند این فضاها را کرده و باز کرده تا تمام سیستم فضایی ساختمان را سبک کند.

۳/۳. پی گنبد سلطانیه

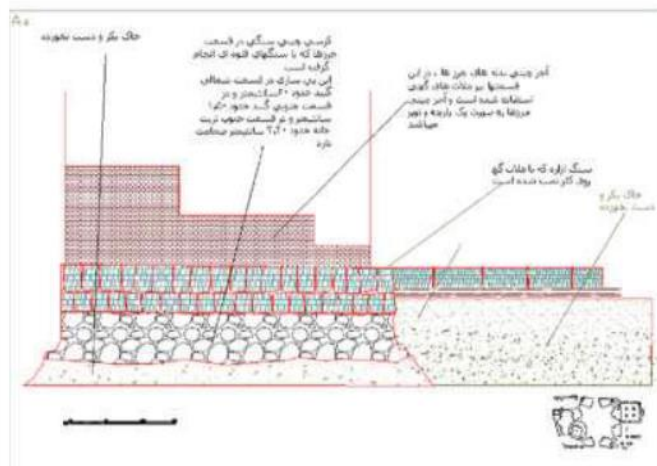
زمانی که ساختمان شروع به بالا رفتن می کند فضاهای باز را می بینیم و این دیوارها بار بر نبودند یعنی اگر این دیوارها را بردارند ساختمان از جایش تکان نمی خورد، چون سیستم عجیب قوس های داخلی در آن حالت ایستایی بنا را تضمین می کند. این گنبد دو جداره است. داخل خود این جداره های داخلی تمامش قوس است، در سلطانیه ۳.۴ قوس داریم و از نظر خود سیستم ایستایی حالتی دارد که اگر فشار به جایی از آن وارد می شود این باعث می شود که سیستم های قوس نیروها را طوری دور خود تنظیم کند که بلافاصله جبران آن ضرر را کرده باشد. تمام این قوس های اولیه دومی و ثانوی با هم عمل می کنند. نداشتن نشست نکته مهم دیگری که در معماری های اسلامی منحصر به فرد است. در ساختمانی که ۷۰۰ سال قدمت داشت. در تمام این ساختمان که گفتیم ۱ متر پی دارد یا ندارد هیچ جای حرکتی که یک طرف آن بنشیند ندارد. تمام این بازی هایی که در قوس های مختلف اتفاق می افتد هر بخش، بخش دیگر را جبران می کند و این قوس ها سیستم ایستایی آن را تأمین می کند.

زمین طبیعی سلطانیه از مواد مخلوطی تشکیل شده که ترکیب آن عبارت است از مواد آهکی، مخلوط با خاک رس و در داخل آن اجزائی با درشتی‌های مختلف (ماکزیمم ۲۰cm) وجود دارد. و در نتیجه زمینی است یکپارچه و بسیار فشرده و نشست خود را کاملاً طی کرده است. بنابراین آب‌های سطحی هیچ‌گونه خللی به آن وارد نمی‌کند. این قشر در زیر پی‌های فعلی گنبد در عمق قریب به یک متر و نیم تا دو متر در زیر جزرها قرار گرفته است.

مصالح به کار رفته در پی‌های مزبور از سنگ‌های شکسته به ابعاد ۲۰-۲۵ سانتی‌متر و ملات گچ نیم‌کوب تشکیل شده است. لازم به ذکر است که در منطقه زنجان و در دوره ایلخانی گچ نیم‌کوب بسیار مورد استفاده بوده است. به این دلیل که بهترین نوع سنگ گچ نیز در منطقه آذربایجان (تخت‌سلیمان) وجود داشته است (تخت‌سلیمان در مجاورت استان زنجان قرار دارد) که موجب تولید بهترین نمونه گچ نیم‌کوب در ایران می‌شده است. شیوه تهیه گچ نیم‌کوب بدین طریق بوده است که ابتدا سنگ گچ را از معادنی که در منطقه وجود داشته استخراج کرده و سپس آن را دردمای پایین حدود ۲۰۰C حرارت داده و به اصطلاح آن را پوک می‌کرده‌اند. سپس سنگ گچ را به‌وسیله پتک‌های چوبی کوبیده و قابل استفاده می‌کرده‌اند. فرق بین گچ معمولی و نیم‌کوب در این است که گچ معمولی را در این مرحله به‌صورت پودر درمی‌آورند اما گچ نیم‌کوب دارای دانه‌های ریز سنگ است که به‌واسطه جذب رطوبت بسیار سخت و مقاوم می‌شود بنابراین در برابر رطوبت مقاومت بیشتری دارند؛ به همین دلیل و به علت وفور آن در منطقه از این نوع گچ بسیار استفاده می‌شده است.

باتوجه به آزمایشاتی که پروفیسور پائولوزی در مورد پی این گنبد انجام داده است، این پی فقط ۸ سانتی‌متر نشست دارد که آن هم به‌صورت یکنواخت و یکپارچه می‌باشد و این با در نظر گرفتن ابعاد و عظمت بنا بسیار ناچیز است. طبق همین بررسی‌ها، پی و زمین آن به‌جز در چند نقطه از جمله زیر جزرهای تربت خانه، نیاز به تقویت نداشته‌اند و در بخش‌هایی که نیاز به تقویت داشته‌اند بدین‌صورت عمل شده است: ابتدا پی‌ها را با آب فراوان شستشو داده، به‌طوری‌که ملات آهکی که در خاک تشکیل شده و بدون چسبندگی بوده به کلی برداشته شده است و سپس ملات سیمان با فشار کم و سیستم تزریق جایگزین آن شده است؛ به‌نحوی‌که کلیه نقاط خالی شده از ملات آهکی، کاملاً توسط سیمان پر گردیده است (سن پائولوزی و دریکو ۱۹۶۲).

نشست در بنا دلایل متعددی می‌تواند داشته باشد، اما یقیناً یکی از مهم‌ترین دلایل آن وجود جزرهایی با مصالح همگن (آجری) است که مساحتی حدوداً ۵۰ متر مربع دارد و بار وارده را بصورت یکپارچه بر روی پی وارد می‌سازد (نه به‌صورت نقطه‌ای). لازم به ذکر است که برای یکنواخت کردن سطح روی پی و همچنین تقلیل رطوبت صعودی از بلوک‌های سنگی بزرگ استفاده شده است؛ به‌طوری‌که بار جزرها از طریق این سنگ‌ها به پی منتقل می‌شود. یکی دیگر از عوامل نشست جزئی بنا، زمین زیر پی است که قبلاً نشست خود را به‌طور کامل انجام داده است.

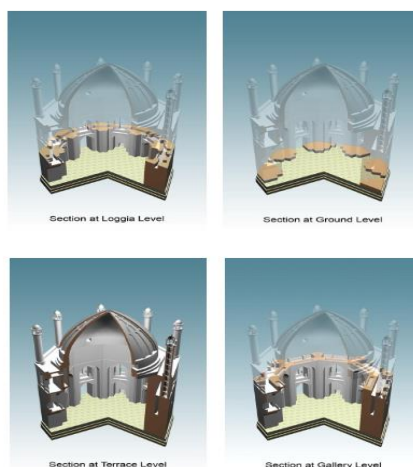


شکل ۵: برش پی بنای گنبد سلطانیه

۳/۴. دیوارهای گنبد سلطانیه

در این بنای عظیم با به وجود آمدن ایوان‌ها در هر ضلع، قاعدتاً هشت جرز نیز به وجود آمده است و همان‌طور که ذکر شد باری که این جرزها به زمین وارد می‌کنند بصورت یکنواخت می‌باشد. طبق آزمایشاتی که پروفیسور سن پائولزی انجام داده است این جرزها کاملاً یکپارچه و از آجر ساخته شده‌اند. این آزمایش در دو جرز از هشت جرز اصلی انجام شده است یکی در شمالی در جوار مسجد الحاقی و دیگری طرف شرق و نزدیک مسجد قدیمی. (سن پائولزی و دریکو، ۱۹۶۲)

قبل از انجام این آزمایش با توجه به ابعاد زیاد جرزها گمان می‌رفت که جرزها به‌صورت یکپارچه از آجر ساخته نشده باشند و دور تا دور جرزها آجری باشد و وسط آن با بلوک‌های سنگی و آهکی پر شده باشد. اما نتیجه آزمایش یکپارچه بودن جرزها را ثابت کرده است.



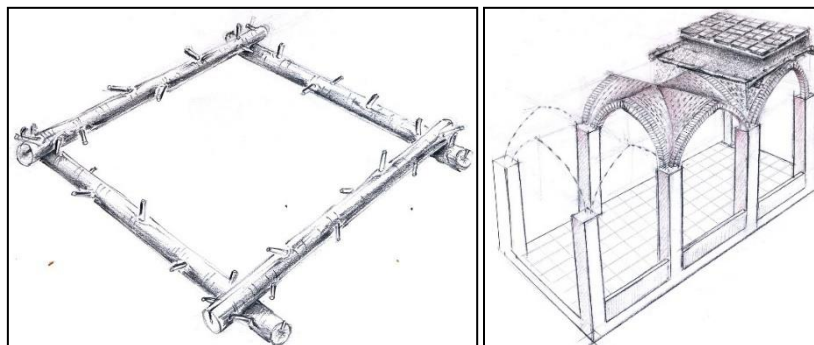
شکل ۶: مدل سه بعدی گنبدخانه (مأخذ: Brambilla)

۳/۵. رواق‌های گنبد سلطانیه

همان‌طور که می‌دانیم اصول معماری ایلخانی بر عظمت‌گرایی استوار بوده است و برای رسیدن به این اصول از ضخیم کردن جرزها استفاده کرده‌اند. (نمونه ناموفق آن در شب غازان‌خان تیریز بوده که پایدار نمانده است). معماری گنبد سلطانیه نیز از این قاعده مستثنی نبوده و دارای جرزهای ضخیم و ارتفاع زیاد است. اما معماران اندیشمندان آن دوره با شناخت کاملی که از معماری و ایستایی بنا داشته‌اند برای سبک‌سازی بنا و کم کردن بارهای وارده به پی از نوعی کنوسازی استفاده کرده‌اند که رواق نامیده می‌شوند. وجود رواق‌ها علاوه بر تسهیل در دسترسی و زیباسازی، نقش سبک‌سازی در بنا را نیز ایفا می‌کنند. علاوه بر آن اتاق‌هایی در طبقه اول وجود دارد که همانند رواق‌ها هم نقش سبک‌سازی دارند و هم برای صرفه‌جویی در مواد و مصالح تعبیه شده‌اند.

همچنین این رواق‌ها نقش سازه‌ای دیگری دارند و آن جلوگیری از حرکات احتمالی و چرخش در قسمت پایین جرزها است. (معمولاً دیوارها در ارتفاع خطر شکستن بر اثر نیروهای جانبی دارند) به همین دلیل رواق طبقه اول برای جلوگیری از چرخش جرز ایوان‌ها ایجاد شده‌اند و برای اینکه بتوانند این نقش را ایفا کنند به احتمال خیلی زیاد در پشت تویزه‌های زیر رواق‌ها (در امتداد چکه طاق ایوان طبقه همکف) از چند ردیف کلاف چوبی استفاده شده که موجب مهار نیروهای رانشی می‌شود و در صورتی که جرزها به هر طرف متمایل شده و بچرخند کلاف چوبی تویزه مجاور، نیروهای رانشی آن را مهار خواهد کرد.

باتوجه به بررسی‌های انجام شده رواق طبقه دوم یا رواق بیرونی نیز علاوه بر سبک‌سازی و زیبایی موجب کم کردن نیروی رانشی گنبد می‌شود لازم به ذکر است که نیروهای رانشی طاق و تویزه خود رواق‌ها توسط چوب‌های کش که در پا طاق و چوب‌های یکنواخت‌کننده بار که در پشت طاق اجرا شده‌اند مهار می‌شوند. البته چوب‌های کش در چند دهه گذشته برداشته شده و موجب شده که در تیزه طاق و تویزه‌ها ترک‌هایی ایجاد شود. اما در پشت طاق و تویزه‌ها از چوب‌های یکنواخت‌کننده‌ای استفاده شده که نوع این چوب‌ها شاخک‌دار می‌باشند که هم بتوانند با مصالح پیرامونش درگیر شوند و هم خود چوب‌ها پس از قرار گرفتن روی یکدیگر در برابر حرکات نلغزند و همین امر موجب می‌شود که علاوه بر یکنواخت کردن بارها نقش کش را نیز ایفا کنند.



شکل ۷: چوب‌های شاخک‌دار کلاف چوبی و کلاف چوبی در رواق طبقه دوم

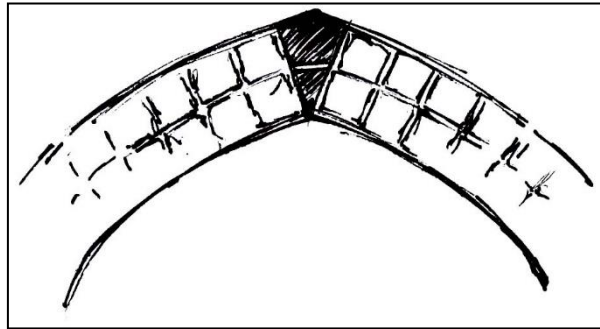
۳/۶. مناره‌های گنبد سلطانیه

باتوجه به مطالعات معماری در بناهای تاریخی جهت جلوگیری از نیروهای رانشی روش‌های مختلفی به کار می‌بردند. از جمله استفاده از پشت‌بند، کلاف‌کشی، ضخیم کردن دیوارها و ... در این بنا باتوجه به تجربه ای که از قبل داشتند (شنب‌غازان‌خان) علاوه بر ضخیم کردن دیوارها جهت کم کردن زاویه فرار گنبد از مناره‌هایی استفاده کرده‌اند که علاوه بر جنبه تزئینی و زیباسازی نما و جهت تبدیل نیروی رانشی به نیروی وزن تعبیه شده‌اند؛ به طوری که هشت گوشه بنا با اجرای این مناره‌ها از خط بازشدگی مصون مانده‌اند. البته نباید نقش پلکان را در این بنا نادیده گرفت. پله‌ها علاوه بر اینکه طبقات مختلف بنا را به هم مربوط می‌سازند همانند مناره‌ها نقش سازه‌ای دارند و موجب مهار نیروهای رانشی می‌شوند.

۳/۷. چگونگی اجرای تویزه در بنای گنبد سلطانیه

طبق بررسی‌های انجام شده نوع قوس به کاررفته در طاق‌ها و تویزه‌های بنا از نوع شبدری کند می‌باشد. اجرای تویزه‌ها در بنا به این صورت بوده است که ابتدا دیوار را تا پاکار قوس اجرا کرده‌اند و سپس برای اجرای تویزه ابتدا طاق را تا محل شکرگاه به شیوه رومی کار کرده‌اند (البته رومی را تاجایی که نیاز به قالب نداشته باشد اجرا می‌کنند) و سپس ادامه قوس را به شیوه ضربی کار کرده‌اند. همان‌طور که می‌دانیم در اجرای طاق به شیوه ضربی نیازی به قالب نمی‌باشد. در صورتی که در پشت طاق دیوار داشته باشیم نوع قوس مورد نظر را روی دیوار اجرا می‌کنند و آجرها را بعد از کشیدن گچ و خاک روی قوس ترسیم شده اجرا می‌کنند و اجرای آن هم به این صورت است که استاد کار هنگام چیدن، ملات را روی رج‌های قوس کار گذاشته، سپس آجر را روی ملات گذاشته و وردستی دارد که آجر را نگه می‌دارد تا ملات گچ خود را بگیرد و بتواند وزن خود را تحمل کند. معمولاً برای اجرای طاق به شیوه رومی از دو طرف شروع می‌کنند تا به تیزه برسند.

اما برای اجرای قوس به شیوه رومی، برخلاف شیوه ضربی نیاز به قالب (دبه) یا سنگین دارد، چون در سطح افقی اجرا می‌شود. اجرای قوس به شیوه رومی در مقابل نیروهای برشی و اجرای قوس به شیوه ضربی در مقابل نیروهای رانشی مقاوم است و تلفیق این دو باهم تویزه‌ای محکم را ایجاد می‌کند. در این بنا در قسمت تیزه طاق نیز آجر را به شکل دوزنقه درآورده و اجرا کرده‌اند که موجب بسته شدن نوک تیزه شده است. بعد از اجرای تویزه‌ها در تمام قسمت‌ها در پشت کار جهت تقویت قوس‌ها از سه ردیف پالانه استفاده کرده‌اند.



شکل ۸: آجرهای دوزنقه ای در نوک طاق

۳/۸. چوب در گنبد سلطانیه

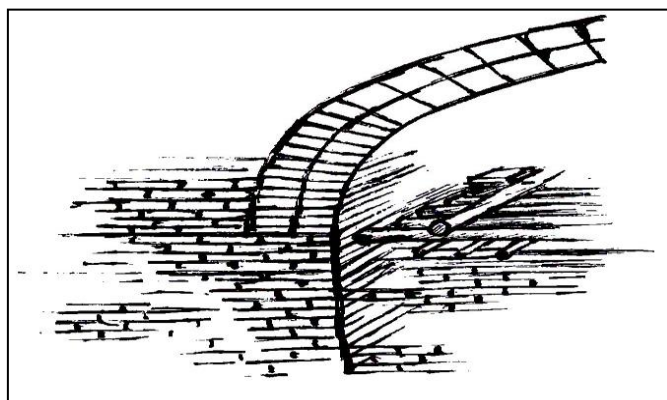
نی در زمره اولین مصالح به کار برده شده در ساختمان سازی بوده است. استفاده از این مصالح از دیرباز به جهت سهولت دسترسی، سبکی، مقاومت خوب فشاری، کششی و برشی، اتصالات ساده، اجرای آسان، نصب سریع و... رواج داشته است. ویژگی‌های فوق باعث شده که چوب در میان مصالحی که جهت ساختمان سازی به کار می‌روند دارای ارزش ویژه‌ای باشد و خصوصاً کاربرد آن در سقف بنا حائز اهمیت است. البته لازم به ذکر است که کمبود چوب و نیز آسیب پذیری آن در برابر موربانه، رطوبت و برخی عوامل مخل دیگر، موانعی هستند که باعث محدودیت استفاده از آن در فلات مرکزی ایران شده است.

الف) داربست چوبی

از کاربردهای اصلی چوب به‌عنوان تسهیل‌کننده، استفاده از آن در داربست‌های چوبی می‌باشد. چوب‌های داربستی در گنبد سلطانیه به این صورت استفاده می‌شده‌اند که بعد از چیدن حدود ۱/۵ متر از دیوار، چوب‌هایی که احتمالاً ۶۰-۵۰ سانتی‌متر بوده‌اند، به‌صورت افقی و به طرف داخل دیوار کار گذاشته می‌شده و سپس به اندازه‌ای که لازم بود، تخته‌هایی روی چوب‌های داربستی گذاشته می‌شده است (به طرف بیرون) فاصله هر کدام از این چوب‌ها در ارتفاع به اندازه قد یک انسان بوده است. این عمل تا نوک گنبد ادامه داشته و پس از اتمام کار یعنی پس از اجرای آخرین مرحله تزئینات، چوب‌ها را از بالاترین نقطه بریده و بجای آن تزئینات اجرا می‌کرده‌اند و این کار تا کف ادامه داشته است.

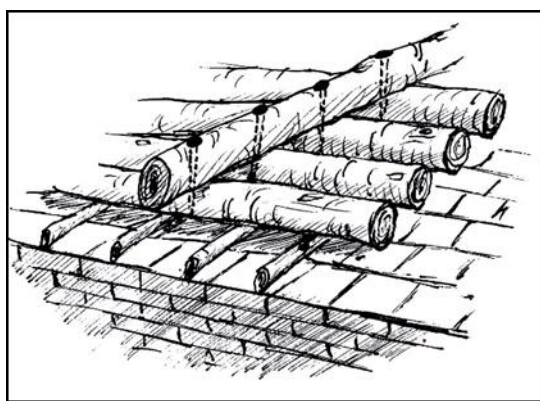
ب) چوب‌های سازه‌ای

در بنای سلطانیه دیوارها و جرزها به‌صورت یکپارچه چیده شده‌اند و هیچ‌کدام از اجزاء به‌صورت الحاقی اجرا نشده‌اند (به استثنای تربت‌خانه). پس از جرزها که از روی پی به‌صورت یکپارچه چیده شده‌اند، گنبد اجرا شده است. برای اجرای گنبد از دو طاق کمکی و اصلی استفاده شده است. قوس اول که قوس کمکی می‌باشد خللی در یکپارچه‌بودن دیوار ایجاد نکرده است. اما با اجرای قوس دوم (قوس اصلی) این یکپارچگی از بین رفته و بار بین دو قوس بر روی قوس کمکی می‌آید. برای حل این مشکل، حدود دو یا سه رج پایین‌تر از پاکار قوس اصلی، پنج ردیف کلاف چوبی که قطر هر یک از آن‌ها ۱۶ سانتی‌متر می‌باشد کار گذاشته شده است. (حدوداً یک متر و نیم بالاتر از تیزه قوس کمکی)



شکل ۹: ردیف کلاف‌های چوبی در پاکار قوس اصلی

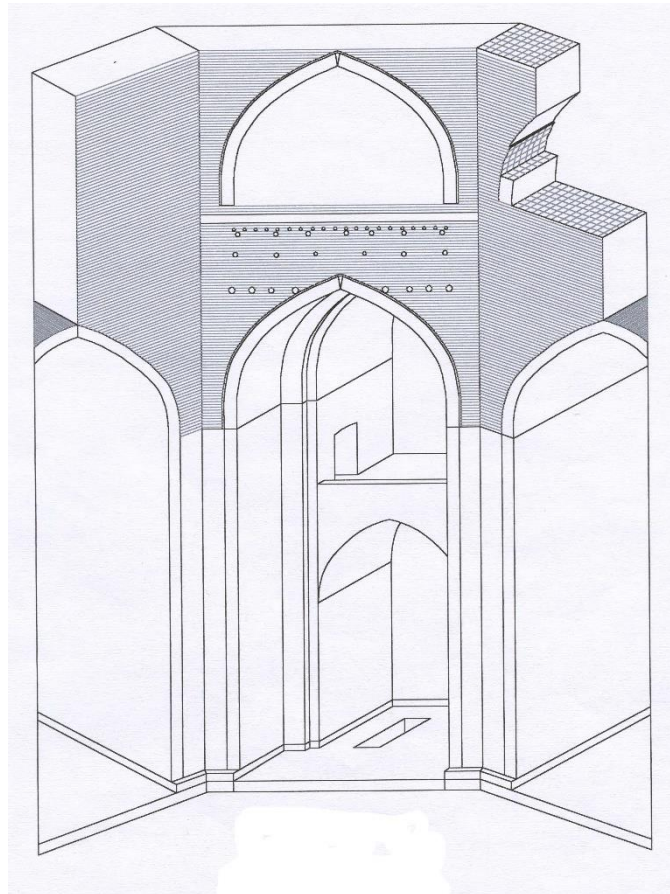
روش اجرای کلاف‌ها به این صورت بوده که در شانزده سانتی‌متری عمق دیوار (به طرف داخل دیوار) اولین کلاف چوبی را اجرا کرده و سپس کلاف‌های بعدی را با فاصله ۲ سانتی‌متر از یکدیگر اجرا کرده‌اند. تعداد کلاف‌های چوبی احتمالاً پنج ردیف می‌باشد. البته طی بررسی سونداژی که در ترک ایوان جنوبی به عمل آمد سه ردیف از این کلاف‌های چوبی مشاهده شده است و احتمال اینکه دو ردیف دیگر کلاف وجود داشته باشد بسیار است. برای اینکه کلاف‌ها را به همدیگر متصل کنند، آن‌ها را در سه قسمت ابتدایی، میانی و انتهای بوسیله تیرچوبی به یکدیگر متصل کرده‌اند. این چوب روی کلاف‌ها قرار گرفته و به وسیله میخ‌های بزرگی به کلاف‌های زیری متصل شده است. این امر موجب می‌شود تا کلاف‌ها نچرخیده و فاصله میانشان حفظ شود.



شکل ۱۰- طریقه اتصال کلاف‌ها بوسیله میخ‌های بزرگ

کلاف‌های مذکور در ۵ ردیف اجرا شده و در پاکار تمام قوس‌های اصلی ایوان‌ها موجود است. طول هر کدام ۱۰/۵ متر می‌باشد. به این ترتیب ۴۰ کلاف چوبی در این قسمت تعبیه شده است که در هر ایوان حدود ۵۲/۵ متر چوب مصرف شده و در کل حدود ۴۲۰ متر کلاف‌های چوبی به قطر ۱۵ سانتی‌متر در پاکار قوس اصلی به کار برده شده است.

علاوه بر این کلافها، در رواقهای بیرونی نیز از کلافهای چوبی استفاده شده است. طرز قرارگیری این کلافها بدین صورت بوده که دو چوب عمود به بنا و دو چوب دیگر بر روی همین چوبها به صورت کلاف قرار گرفته‌اند. اتصال این کلافها با دیوار پیرامونش به وسیله شاخکهای خود چوب می‌باشد. به دلیل اینکه شاخکها موجب جلوگیری حرکت چوبها می‌شود.



شکل ۱۱- محل قرارگیری چوبهای سازه ای و داربستی

۳/۹. فرم گنبد دو پوسته گنبد سلطانیه

گنبد سلطانیه از نوع گنبدیهای دو پوسته میان تهی است که پوسته بیرونی آن از نوع قوس شبدری تند و پوسته داخلی آن از نوع قوسهای بازه دار (بستو) می‌باشد. این گنبد روی زمینه هشت ضلعی اجرا شده و در ناحیه انتقال آن به دایره از پتگانه‌هایی استفاده شده که نقش سازه‌ای دارند. همان‌طور که می‌دانیم در معماری ایرانی برای تبدیل مربع زمینه به دایره گنبد، در منطقه انتقال از کاربندی، فلیپوش، پتگانه و .. استفاده می‌شود؛ بدین ترتیب زمینه به ۸ و ۱۶ و ۳۲ و ۶۴ تبدیل می‌شود. در این بنای عظیم نیز زمینه هشت ضلعی به وسیله پتگانه‌هایی که نقش سازه‌ای دارند و در زوایا قرار گرفته‌اند به ۱۶ و تبدیل شده است و پس از آن گنبد اجرا شده است .

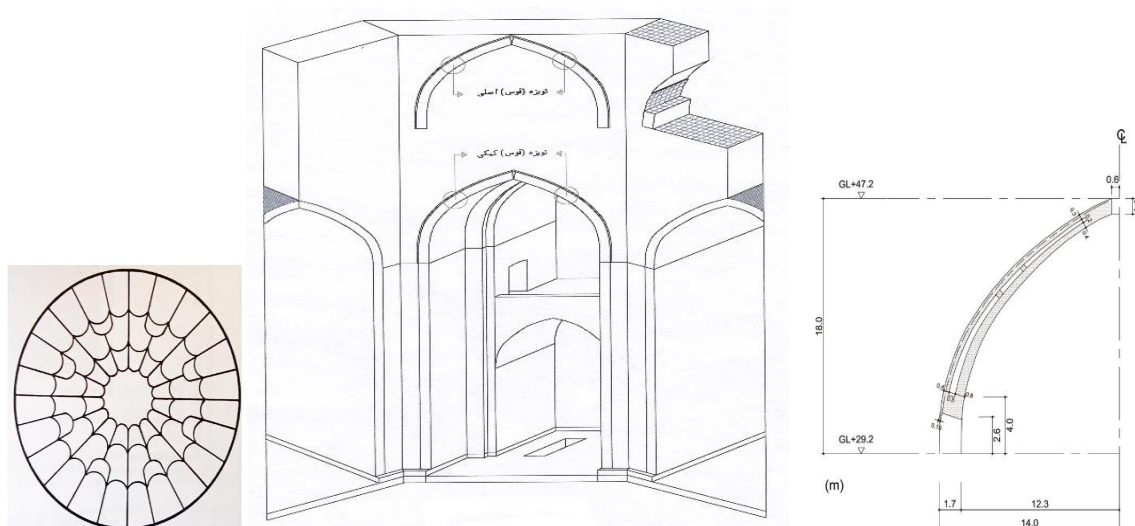
همان‌طور که ذکر شد این گنبد به صورت دو پوسته پیوسته میان تهی اجرا شده است. در اینجا باید یادآور شد که دو پوسته بودن گنبدها (دوپوسته گسسته) در اکثر بناهای ایرانی به منظور کم کردن ارتفاع داخلی بنا و انسانی تر کردن فضای داخلی و نیز مرتفع کردن بنا از منظر بیرونی است. اما در این بنا دو پوسته به صورت موازی و به هم پیوسته اجرا شده اند که نمی تواند نقش کم کردن ارتفاع داخلی بنا را ایفاء کند. پس دوپوسته شدن گنبد می تواند دلایل زیر را داشته باشد:

الف - جلوگیری از تبادل گرمایی و سرمایی

ب- جلوگیری از وارد شدن وزن کاشی‌ها و ملات آن بر روی پوسته داخلی

به همین دلیل بعد از اینکه پوسته اول اجرا شده در فاصله ای به اندازه حدود ۸۰-۷۰ سانتی متر خشخاشی‌هایی به صورت صندوقه اجرا شده که وزن پوسته بیرونی را بر روی جزرها منتقل می کند. و پس از آن پوسته بیرونی ساخته شده و کاشیکاری‌های روی آن اجرا شده است.

البته فاصله‌ای که بین این دو پوسته ایجاد شده باعث می شود تا رطوبت به راحتی به پوسته داخلی تأثیر نگذاشته و در صورت تأثیر رطوبت به لایه‌های زیرین، با صندوقه‌ای که اجرا شده، رطوبت به راحتی از بنا دفع می شود. لازم به ذکر است، در بررسی‌هایی که پروفیسور سن پائولزی در مورد گنبد انجام داده است، ترک‌هایی به صورت عمودی در گنبد مشاهده کرده است و به همین خاطر در پاکار گنبد یک کمربند بتنی جهت مهار گنبد ایجاد کرده است.



شکل ۱۲- قوس گنبد، شکل گنبدسازی و تویزه اصلی و تویزه کمکی

نتیجه‌گیری

گنبد سلطانیه بزرگ‌ترین گنبد آجری ایران می‌باشد. این گنبد پس از بنای کاتدرال سانتاماریا دلفیوره «کلیسای جامع مریم مقدس» در فلورانس ایتالیا و مسجد «یا صوفیای» استانبول، سومین گنبد تاریخی بزرگ جهان محسوب می‌شود. این بنای آجری با ۴۸.۵ متر ارتفاع و ۲۵.۵ متر دهانه گنبد، و دارای پلان هشت‌ضلعی است که دارای دو دوره تزئیناتی است. گنبد سلطانیه دارای سیستم خاصی از ایستاتیک و فن ساختمان است که این سیستم‌ها در زمان خود و حتی امروز منحصر به فرد بوده و از مصالح بوم‌آورد و تکنولوژی روز آن زمان ساخته شده است. به بهترین شکل در مجموعه گنبد سلطانیه در استان زنجان تجلی یافته است. این پژوهش با مطالعه متون و کتب مرتبط با موضوع سازه‌های سنتی و نحوه عملکرد آن‌ها و همچنین با بررسی و برداشت میدانی مجموعه یاد شده، سعی در بررسی دقیق‌تر این موضوع دارد که چگونه بنای جهانی و سنتی گنبد سلطانیه با استفاده از حداقل مصالح و حداکثر تکنولوژی زمان خود به معماری‌ای یکپارچه دست یافته است. این مقاله فرضیه را تأیید می‌کند که سازه در ساختمان بیشتر نقش ایستایی را برعهده دارد و در معماری گذشته ایران سازه همساز و منطبق بر معماری بوده است. از آنجا که معماری یک ارگانیک است و تک تک عناصر آن می‌باید در ارتباط با یکدیگر و متناسب با کلیات آن تعریف شوند، نمی‌توان به عنصر سازه تنها یک وظیفه مجزا از کل را داد و آن را از برقراری نسبت و تناسبی با سایر اجزا بی‌نیاز کرد؛ از طرفی کسب هویت مطلوب و اصیل و رهایی از هویت‌های بحران را از دغدغه‌های تاریخ انسانیت و فرهنگ‌های انسانی بوده و هست و معماری نیز که تبلور فرهنگ و اندیشه انسان و تجلی عینی ارزش‌ها و باورهای هر قوم و ملت می‌باشد باید هویت‌مند باشد. نیارش از جمله مهم‌ترین و بنیادی‌ترین اصول معماری ایرانی است که به دانش ایستایی، فن ساختمان و ساختمایه (مصالح) شناسی گفته می‌شود. بناهای برجای مانده از قرون نخستین تا اواخر دوران اسلامی ایران بیانگر آن است که معماران ایرانی در میان عناصر فضایی گوناگون یک بنا، به بخش آسمانه (گنبد) و پوشش‌های طاقی آن توجه خاصی داشتند و اساساً زیبایی بنا را در گرو رعایت دقیق مسائل نیارشی سازه‌هاست.

منابع و مآخذ:

کتاب‌ها

- پیرنیا، محمدکریم؛ رنجبر کرمانی، علی محمد. (۱۳۸۹). سبک‌شناسی معماری ایران. تهران: سروش دانش.
- حمزه‌لو، منوچهر. (۱۳۸۱). هنرهای کاربردی در گنبد سلطانیه، تهران: نشر ماکان.
- سن پائولوزی، دریکو. (۱۹۶۲). «گزارش مرمت گنبد سلطانیه، ۱۹۶۲ میلادی»، تهران: مرکز اسناد سازمان میراث فرهنگی.
- شمس، صادق. (۱۳۸۹). جلوه‌هایی از هنر معماری ایران زمین: جستارهایی درباره بسیاری از سازه‌ها، اصطلاح‌ها و مصالح ساختمانی و صنعت‌های وابسته به معماری سنتی ایران از دیرباز تا اکنون. تهران: علم و دانش: نوآوران دانشگاه پارسه.

مقالات

- بابائی، نعیمه و رحیمی، محبوبه و قیاسوند، جواد. (۱۳۹۳). «ارزش‌های ماندگار در گنبد‌های ایرانی با تأکید بر گنبد سلطانیه»، دومین همایش ملی پژوهش‌های کاربردی در عمران، معماری و مدیریت شهری، تهران.
- سپهوند، مانا و سپهوند، سمیه و حیاتی، حامد. (۱۳۹۳). «نیارش کاروانسراهای قاجاریه (نمونه موردی کاروانسرای میرزا سیدرضا خرم‌آباد)»، همایش ملی رویکرد عملی به پیاده‌سازی مفاهیم علمی، مباحث تئوری و پژوهش‌های کاربردی علوم فنی، تهران.
- شهیری مهرآباد، فهیمه. (۱۳۹۲). «مقاوم‌سازی گنبد‌های تاریخی در ایران مطالعه موردی: مقاوم‌سازی گنبد سلطانیه به‌وسیله حلقه بتنی، نشریه صنعت مقاوم‌سازی و به‌سازی، شماره ۳.
- عزیزی، مجید و وفامهر، محسن. (۱۴۰۱). «تبیین سیر تطور نیارش در معماری خراسان با رویکرد بررسی در ابنیه مذهبی شهر مشهد، دومین کنفرانس بین‌المللی معماری، عمران، شهرسازی، محیط زیست و افق‌های هنر اسلامی در بیانیه گام دوم انقلاب، تبریز.
- قیومی بیدهندی، مهرداد؛ عبدالله‌زاده، محمد مهدی. (۱۴۰۰). «بام و بوم و مردم (بازخوانی و نقد اصول پیشنهادی پیرنیا برای معماری ایرانی)». مطالعات معماری ایران، ۲(۱)۱، ۲۳-۷.
- میرزااحمدی، عارف؛ جلالیان قانع، نوید و وفامهر، محسن. (۱۳۹۷). «تبلور نیارش در بناهای سنتی (نمونه موردی: مجموعه آرامگاهی شیخ احمد جام)»، کنفرانس عمران، معماری و شهرسازی کشورهای جهان اسلام، تبریز،
- وفامهر، محسن. (۱۳۸۷). «رمزگشایی از مقاوم‌سازی لرزه‌ای در معماری ارزنده ایرانی»، سومین کنفرانس ملی و اولین کنفرانس بین‌المللی مقاوم‌سازی، تبریز.