هندسهٔ معماریِ طاق در دیر قدیم و استخوان‌بندی‌اش از خرپای راه آهن و آهن‌ربا

نوشتهٔ مهتاب ارغوانی‌فر

هندسهٔ معماریِ طاق در دیرِ قدیم و استخوان‌بندیِ آن از خرپای راه آهن و آهن‌ربا

مهتاب ارغوانی‌فر ـ دانشکدهٔ هنر و معماری، دانشگاه شهرکِ نارون

چکیده. این مقاله هندسهٔ طاق‌های آجری دیر قدیم در شهرک نارون را بررسی می‌کند و نشان می‌دهد که چگونه استخوان‌بندی فلزی ساختمان از خرپای راه آهن و آهن‌ربا ساخته شده است. داده‌ها از ۱۲ طاق در ۳ سال برداشت میدانی گردآوری شده‌اند. نتایج نشان می‌دهد که دهانهٔ میانگین طاق‌ها ۶٫۴ متر و ضخامت آجر ۱۱ سانتی‌متر است. مقاومت فشاری آجرها با آزمون ۴۲ نمونه ۱۸٫۵ مگاپاسکال به دست آمد. تحلیل خرپاها با روش گره‌ها نشان می‌دهد که بیشترین نیرو در میله‌های قطری تحمل می‌شود. مقایسه با طاق‌های بدون استخوان‌بندی فلزی نشان می‌دهد که این سازه‌ها تا ۳۰ درصد مقاوم‌تر در برابر زلزله عمل کرده‌اند. در پایان، پیشنهادهایی برای مرمت و نگهداری این بنا ارائه شده است.

واژه‌های کلیدی: طاق آجری، خرپای فلزی، راه آهن، آهن‌ربا، دیر قدیم، مرمت، شهرک نارون

۱. مقدمه

دیر قدیم در دامنهٔ شرقی کوه سنگ‌بست، در ۱۲ کیلومتری شمال شهرک نارون، از مهم‌ترین بناهای مذهبی دورهٔ قاجار به شمار می‌رود. ساخت آن در سال ۱۲۹۱ ه‌.ق آغاز شد و تا ۱۳۰۴ ه‌.ق ادامه یافت. بخش اصلی بنا شامل کلیسا، صومعه و سالن اجتماعات است که همگی با طاق‌های آجری پوشیده شده‌اند. در سال ۱۳۱۲ ه‌.ق، یعنی کمتر از ده سال پس از پایان ساخت، بخشی از سقف کلیسا فروریخت و ناگزیر به بازسازی شد.

در بازسازی، به جای شیوهٔ سنتی، از خرپاهای فلزی ساخته‌شده از ریل‌های راه آهن و آهن‌ربا استفاده شد. این کار در آن زمان نوآورانه بود و تا آن‌جا که نگارنده بررسی کرده، در هیچ بنای دیگری در منطقه تکرار نشده است. هدف این مقاله معرفی هندسهٔ طاق‌ها و تحلیل عملکرد این استخوان‌بندی فلزی است.

۲. روش پژوهش

داده‌ها در سه مرحلهٔ میدانی گردآوری شدند. در مرحلهٔ نخست، ۱۲ طاق به‌طور کامل اندازه‌گیری شد. برای هر طاق، دهانه، ارتفاع، ضخامت آجر و فاصلهٔ خرپاها ثبت شد. در مرحلهٔ دوم، ۴۲ نمونه آجر از طاق‌های فروریخته و بخش‌های در حال تخریب جمع‌آوری شد. این نمونه‌ها در آزمایشگاه مصالح دانشکدهٔ هنر و معماری شهرک نارون آزمون فشاری شدند. در مرحلهٔ سوم، نقشه‌های موجود بنا با برداشت‌های تازه مقایسه شد.

تحلیل خرپاها با روش گره‌ها انجام شد. در این روش، فرض می‌شود که اتصال‌ها مفصلی‌اند و نیروی هر میله فقط در راستای محور آن وارد می‌شود. این فرض برای خرپاهای سبک با دقت خوبی برقرار است. نیروی هر میله با حل دستگاه معادلات تعادل در هر گره به‌دست آمد. سپس تنش‌ها با مقاومت تسلیم آهن‌ربا مقایسه شدند. ضریب اطمینان هر میله برابر است با نسبت مقاومت به بیشترین تنش وارد بر آن.

۳. هندسهٔ طاق‌ها

طاق‌های دیر از نوع جناقی‌اند و بر پایه‌های آجری تکیه دارند. دهانهٔ طاق‌ها بین ۵٫۲ تا ۷٫۸ متر تغییر می‌کند و میانگین آن ۶٫۴ متر است. ضخامت آجر در طاق‌های کوچک ۹ سانتی‌متر و در طاق‌های بزرگ ۱۳ سانتی‌متر است. میانگین ضخامت ۱۱ سانتی‌متر به‌دست آمد. ملات ساروج با نسبت ۱ آهک به ۳ خاک رس و ۰٫۵ کاه ساخته شده است.

فاصلهٔ خرپاها بین ۱٫۸ تا ۲٫۴ متر است. در طاق‌های بلندتر، خرپاها نزدیک‌تر قرار گرفته‌اند. ارتفاع خرپاها از ۰٫۶ تا ۱٫۱ متر متغیر است. بالاترین خرپا در مرکز کلیسا قرار دارد و ارتفاع آن ۱٫۱ متر است. پایین‌ترین خرپا در سالن اجتماعات ۰٫۶ متر ارتفاع دارد. این تفاوت برای هدایت آب باران به ناودان‌ها طراحی شده است.

۴. آزمون مقاومت آجر

آزمون فشاری بر ۴۲ نمونه آجر انجام شد. ۱۸ نمونه از طاق‌های فروریخته و ۲۴ نمونه از بخش‌های سالم گرفته شد. ابعاد نمونه‌ها ۱۰×۱۰ سانتی‌متر بود. آزمون با دستگاه فشار ۱۰۰ تن انجام شد. سرعت بارگذاری ۲ کیلونیوتن بر ثانیه بود. نتایج در جدول ۱ خلاصه شده است.

میانگین مقاومت نمونه‌های سالم ۱۸٫۵ مگاپاسکال به‌دست آمد. انحراف معیار ۲٫۱ مگاپاسکال بود. کمترین مقدار ۱۴٫۲ و بیشترین ۲۲٫۹ مگاپاسکال ثبت شد. نمونه‌های فروریخته میانگین ۱۱٫۳ مگاپاسکال داشتند. این اختلاف نشان می‌دهد که آجرهای ضعیف‌تر زودتر از بقیه از کار افتاده‌اند. ۷ نمونه از ۴۲ نمونه مقاومت کمتر از ۱۵ مگاپاسکال داشتند.

۵. تحلیل خرپاها

خرپاها با روش گره‌ها تحلیل شدند. بار مرده شامل وزن آجر، ملات و ریل بود. بار زنده برابر ۱٫۵ کیلونیوتن بر مترمربع فرض شد. بار باد و برف در این ارتفاع کم است و نادیده گرفته شد. ضریب اطمینان ۱٫۵ برای بار زنده و ۱٫۲ برای بار مرده در نظر گرفته شد. تنش مجاز فولاد ۱۴۰ مگاپاسکال است.

بیشترین نیرو در میله‌های قطری تحمل می‌شود. این میله‌ها در طاق‌های بلند تا ۲۳ کیلونیوتن فشار دارند. میله‌های افقی پایین کشش دارند. بیشترین کشش ۱۸ کیلونیوتن است. ضریب اطمینان میله‌های قطری ۲٫۱ و میله‌های افقی ۳٫۴ به‌دست آمد. هیچ میله‌ای به تنش تسلیم نزدیک نشد. بیشترین تنش ۶۱ مگاپاسکال بود.

۶. مقایسه با طاق‌های بدون استخوان‌بندی

۶ طاق بدون خرپا در بخش‌های کناری دیر وجود دارند. دهانه‌ها و ضخامت آجر مشابه طاق‌های دارای خرپا است. ۴ طاق بدون خرپا از ۱۹۶۱ تا ۱۹۹۰ ه‌.ش فروریخته‌اند. ۲ طاق دیگر ترک‌های عمیق دارند. ۱ طاق از ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۲ ه‌.ش سالم مانده است. ۱ طاق نیز در حال فروریختن است.

طاق‌های دارای خرپا در همین بازه هیچ آسیبی ندیده‌اند. ۱ طاق از ۱۹۶۱ تا ۱۹۹۰ ه‌.ش ترک کوچکی برداشته است. ۱ طاق از ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۲