



Documentation of the Brick Wall Layouts in Historic Houses of Isfahan Based on Oral History Studies in Architecture

Sanaz Rahravi Poodeh^{1*}, Nima Valibeig²

1. Department of Architecture, Isf.C., Islamic Azad University, Isfahan, Iran.(Corresponding author)

2. Faculty of Conservation and Restoration, Restoration Group of Historical Monuments, Isfahan University of Art, Iran

Received: 2024/08/12

Accepted: 2025/01/06

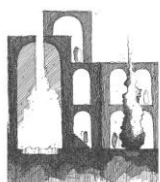
Research Paper

Abstract

Given the unique climatic conditions of Isfahan and the locally available construction materials, bricks have historically been the primary material used in the construction of both public and private buildings. Bricks have not only been used in the load-bearing elements of structures, such as walls and roofs, but they have also played a significant role in decorative elements and flooring. This material has been highly valued by architects and builders over the centuries due to its specific properties, including its ability to transfer heat, high strength and durability, and malleability. Since the load-bearing parts of buildings, where bricks are used, are generally hidden under layers of façade, the exact dimensions of the bricks utilized are not easily observable. This has led many researchers to focus more on the aesthetic aspects of brickwork in facades, with less attention given to the technical dimensions and properties of the bricks used in the structural components of walls. In this context, this research aims, for the first time, to document and analyze the impact of brick dimensions and the presence or absence of mortar joints on the arrangement and pattern of walls in the historic houses of Isfahan. The primary objective of this study is to obtain precise information regarding the role of brick dimensions in determining wall thickness and their influence on the formation of various arrangement patterns. To achieve this goal, the study will begin with library research, along with documentary and field studies in the historic houses of Isfahan. Following this, detailed interviews will be conducted with skilled and experienced master builders in traditional architecture to analyze the process and methods of wall arrangement. The findings of this research indicate that architects used specific types of bricks with particular dimensions in the construction of walls in historic houses. In both complete and incomplete walls, a certain number and arrangement of bricks were commonly used. Furthermore, the presence or absence of mortar joints significantly influenced the form and pattern of wall arrangements.

Keywords : Documentation, Oral History of Architecture, Brick Dimensions, Wall Arrangement, Brick Walls, Historic Houses of Isfahan.

* Corresponding author's Email: sanazrahravi@gmail.com



مستندسازی چیدمان دیوارهای آجری خانه‌های تاریخی شهر اصفهان بر پایه مطالعات تاریخ شفاهی معماری

ساناز رهروی پوده*^۱، نیما ولی بیگ^۲

۱. گروه معماری، واحد اصفهان (خوراسگان)، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران. (نویسنده مسئول)
۲. دانشکده حفاظت و مرمت، گروه مرمت بناهای تاریخی، دانشگاه هنر اصفهان، ایران.

مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۵/۲۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۰/۱۷

چکیده

با توجه به شرایط اقلیمی خاص اصفهان و مواد ساختمانی موجود در این منطقه، آجر از گذشته‌های دور تا به امروز به‌عنوان یکی از مصالح اصلی در ساخت بناهای عمومی و خصوصی استفاده می‌شده است. آجر نه تنها در بخش‌های باربر ساختمان‌ها مانند دیوارها و سقف‌ها به کار رفته؛ بلکه در تزئینات و حتی فرش کردن کف نیز نقش داشته است. این ماده به دلیل ویژگی‌های منحصر به فردش از جمله قابلیت انتقال حرارت، استحکام و دوام بالا و همچنین قابلیت شکل‌پذیری، همواره مورد توجه معماران و سازندگان بوده است. به دلیل این که بخش‌های باربر ساختمان‌ها که آجر در آن‌ها استفاده می‌شود معمولاً در زیر لایه‌های نما قرار می‌گیرند، ابعاد دقیق آجرهای به کار رفته به آسانی قابل مشاهده نیستند؛ بنابراین باعث شده تا بسیاری از پژوهشگران به جنبه‌های زیباشناسانه آجرکاری در نکاها بیشتر توجه کنند و به بررسی ابعاد و ویژگی‌های فنی آجرهای به کار رفته در ساختار دیوارها، کمتر بپردازند. در این راستا، این پژوهش برای اولین بار قصد دارد تأثیر ابعاد آجر و وجود و عدم وجود بندهای بین آجرها را بر فرم و چیدمان دیوارهای خانه‌های تاریخی اصفهان بررسی و مستندسازی کند. هدف اصلی این تحقیق، دستیابی به اطلاعات دقیقی درباره نقش ابعاد آجر در تعیین ضخامت دیوارها و تأثیر آن‌ها بر شکل‌گیری الگوهای مختلف چیدمان است. برای دستیابی به این هدف، ابتدا مطالعات کتابخانه‌ای، اسنادی و میدانی در خانه‌های تاریخی اصفهان انجام شد. سپس، با مصاحبه دقیق با استادکاران ماهر و مجرب در زمینه معماری سنتی، سعی شد فرآیند و روش‌های چیدمان این دیوارها به طور دقیق تحلیل شود. نتایج حاصل از این پژوهش نشان می‌دهد که در ساخت دیوارهای خانه‌های تاریخی، معماران از آجرهای خاص با ابعاد مشخص بهره‌برداری می‌کردند. به گونه‌ای که در دیوارهای کامل و ناقص، تعداد و نحوه چیدمان خاصی از آجرها مورد استفاده قرار گرفته است؛ علاوه بر این، وجود داشتن یا عدم وجود بندهای بین آجرها نقش بسزایی در فرم و الگوی چیدمان دیوارها داشته است.

کلمات کلیدی: مستندسازی، تاریخ شفاهی معماری، ابعاد آجر، فرم چینش دیوار، دیوارهای آجری، خانه‌های تاریخی شهر اصفهان.

* نویسنده مسئول: sanazrahravi@gmail.com



۱- مقدمه

ابعاد و تناسبات در معماری نقش به‌سزایی دارد، به‌گونه‌ای که در طراحی بناها، نسبت‌های معینی قابل‌مشاهده هستند. هندسه و تناسبات، بخش جدایی‌ناپذیر از معماری محسوب می‌شود. در طول دوره‌های متعدد تاریخی، مصالح غالبی که در ایران خصوصاً در شهرهای گرم و خشک استفاده می‌شده، خشت و آجر بوده است. خشت‌هایی که در ایران در دوره‌های تاریخی استفاده شده، قالب خورده هستند و ابعادی برابر آجر دارند. آجر نیز نه تنها به‌عنوان نمای ساختمان‌ها استفاده می‌شده است؛ بلکه در اجزای سازه‌ای ساختمان، همچون دیوارها و سقف نیز، به‌کار می‌رفته است. پژوهش‌هایی درباره‌ی استفاده‌ی آجر در نماهای بناها و ترسیم و ساخت نقوش مختلف و متنوع با آن شده است؛ اما تا به حال به اندازه‌ی دقیق آجر و ترکیب آن با بند که در دیوارهایی با ضخامت‌های متعدد استفاده می‌شده، کمتر پرداخته شده است. یکی از شناخته شده‌ترین عناصر در تناسبات معماری، ابعاد آجرها و در نهایت چیدمان دیوارها است. دیوارها در بناهایی همچون خانه‌ها برای تقسیم فضاها و حیطه‌بندی استفاده می‌شوند. این مقاله به دنبال آن است تا ابعاد آجرها برای ساخت دیوار را بررسی کند و پرکاربردترین ابعاد آجر که کم‌ترین دورریز را داشته باشد، شناسایی کند.

شناخت چینش‌های گوناگون در دیوارهای بناهای تاریخی نکات ارزشمندی را آشکار خواهد کرد؛ همچنین منجر به آشکارکردن، تسلط معماران گذشته نسبت به ابعاد آجر و ایجاد ضرایب مشخصی از آن در چینش دیوارها خواهد شد؛ علاوه بر این ضرایب و تناسبات بیانگر آن است که معماران گذشته، پیش از طراحی بنا بر اساس نظام‌های مدولار مشخصی (آجر) طراحی‌های خود را انجام می‌داده‌اند. بررسی ابعاد و اندازه‌ی آجرهای به‌کاررفته در دیوارهای خانه‌های تاریخی می‌تواند تجارب معماری گذشته را در ایجاد پایداری دیوارها در برابر بارهای وارده از یک‌سو و استانداردشدن ابعاد دیوارها از سوی دیگر بیان سازد؛ همچنین در کشورهای غربی به‌ویژه بریتانیا، ضوابط و استانداردهای مشخصی در ساخت بناها بر پایه‌ی آجر، ثبت شده است (Xu and et al, 2021; Kheterpal and et al, 2005). این در حالی است که در ایران کمتر به استانداردهای مشخص پرداخته شده است؛ اما استادکاران معماری سنتی و معماران گذشته، ابعاد مشخصی را برای ساخت بنا و طراحی هندسه‌ی بنا استفاده نموده‌اند که این ابعاد و استانداردها فقط در ذهن معمار بوده و تاکنون مستندسازی نشده است.

دیوارها با ضخامت‌های مختلفی ساخته شده‌اند، به‌گونه‌ای که بعضی از آن‌ها دارای نیمه و بعضی فقط با استفاده از آجر کامل ساخته شده‌اند. در این مقاله دیوارهایی که با استفاده از آجر نیمه ساخته شده، دیوارهای غیرکامل و دیوارهایی که با استفاده از آجرهای کامل ساخته شده‌اند، دیوارهای کامل نامیده شده است.

از این رو این مقاله بر آن است تا به سؤال‌های زیر پاسخ دهد:

۱- چه عواملی در ایجاد ابعاد بهینه دیوار تأثیرگذار است؟

۲- مناسب‌ترین ابعاد آجر به‌کار رفته برای ساخت دیوارهای بهینه با ضخامت گوناگون کدام است؟

پژوهشگرانی به صورت تاریخی به بررسی استفاده از آجر در تمدن‌های مختلف در جهان پرداخته‌اند. (Campbell And Pryce, 2007, Lynch, 2003)؛ برخی از پژوهشگران به طبقه‌بندی انواع آجرها بر اساس نوع مصرف در ساختمان پرداخته‌اند (Sowden, 1990, Lynch, 2007). پژوهشگرانی نیز به بررسی شیوه‌های چیدمان آجر در تزیینات اشاره کرده‌اند (Barry, Nash, 2002). بعضی از محققین در مورد ابعاد آجر مورد استفاده و بندها و چگونگی استفاده از آجر در قسمت‌های مختلف بنا تحقیق کرده‌اند (Hidge, 2021). عده‌ای نیز در مورد اتصالات و فناوری ساخت این نوع از مصالح، تحقیقاتی انجام داده‌اند (Thrope, 2021). تحقیقاتی نیز در مورد ابعاد و اندازه

آجرهای استفاده شده در بناها در کشورهایی مانند انگلستان انجام شده است (<https://www.brick.org.uk>). عده‌ای نیز ابعاد و اندازه آجر را در ارتباط با بناهایی که امروزه ساخته می‌شود، ارائه نموده‌اند (Haggreaves, 1991). پژوهشی نیز در مورد آجرکاری و پیشرفت‌های استفاده از آن در ساختمان‌سازی ارائه شده است. در این تحقیق سعی شده است، آجرکاری دیوارها تحت بارهای وارده تحلیل شود (lenczner, 1972). تحقیقاتی درباره استفاده مصالح مختلف و گستردگی استفاده از آجر در دوره‌های مختلف تاریخی در ایران شده است به گونه‌ای که به شرح تاریخی استفاده از آجر و بوم‌آورد بودن آن در مناطق گسترده‌ای از ایران پرداخته‌اند و به نقش این نوع از مصالح در تزئیناتی همچون مقرنس و گوشه‌سازی اشاره کرده‌اند (مکی‌نژاد، ۱۳۸۷). عده‌ای به ترسیم نقوش با استفاده از آجر که برای تزئینات بنا استفاده می‌شده است، پرداخته‌اند (ماهرالنقش، ۱۳۷۳؛ زمرشیدی، ۱۳۸۶). عده‌ای نیز در استفاده از سیستم‌های سازه‌ای چوبی برای مقاوم‌سازی ساختمان‌های آجری مطالعاتی انجام داده‌اند (Damiani and etc, 2020). پژوهشگرانی نیز به نقش هندسه در نماکاری بناهایی همچون مسجد حکیم اصفهان که با آجر، نماکاری شده، پرداخته‌اند (سرتیپی و ولی بیگ، ۱۳۹۲). عده‌ای از محققین به نقش هندسه در اجرای آجرکاری در معماری سنتی و معاصر ایران پرداخته‌اند (Valibeig & Mohamadi, 2016 و جمشیدی و دیگران، ۱۳۹۸). پژوهشگرانی به نقش آجرکاری در دوران معاصر و در شهرهای متعدد ایران اشاره کرده‌اند (کیانی، ۱۳۹۲).

مطالعه ادبیات تحقیق آشکار کرد که عمده مطالعات انجام گرفته نه تنها بر روی نماهای آجری و نقش آجر به عنوان تزئینات در بنا انجام شده است، بلکه بیشتر به جنبه‌های تاریخی، دلایل استفاده از آجر به عنوان مصالح غالب و ترسیم نقوش آجری و یا بررسی استفاده از آجر در دوران معاصر پرداخته‌اند. این مقاله به دنبال شناخت ابعاد آجرهای استفاده شده و ضخامت بند آن‌ها در دیوارهای باربر و زیرکار (زیرنما سازی) است، به گونه‌ای که بتوان به چیدمان دیوارهای باربر بر اساس مطالعات شفاهی پی برد.

استفاده از آجر سابقه دیرین دارد. باستان‌شناسان استفاده از آن را برای اولین بار در کناره‌های رود دجله و فرات کشف کرده‌اند. بعد از طغیان رود بر سطح زمین گل‌ولای رسوب می‌کرده که دارای چسبندگی بوده است، سپس بر اثر تابش خورشید، آب آن تبخیر و ترک‌هایی در آن ایجاد می‌شده است؛ لای باقی‌مانده، به علت چسبندگی زیاد، برای ساخت دیوارهای گلی چینه‌ای مورد استفاده قرار می‌گرفته است (زمرشیدی، ۱۳۸۶). با کشف کوره‌های آجرپزی در مناطقی از ایران (شوش و سیلک)، مشخص شد که در حدود ۴۰۰۰ سال پیش از میلاد، بابلی‌ها در ایران از آجر استفاده نموده‌اند (معماریان، ۱۳۶۷: ۱۸-۱۹، کیانی، ۱۳۷۶: ۱۴-۲۱). استفاده از آجر در ساخت بنا در ایران را می‌توان به بنای چغازنبیل (۱۲۵۰ ق. م) نسبت داد. همچنین در دوره‌های اشکانیان و ساسانیان از آجر برای باربری و سازه بنا و پوشش طاق بهره برده‌اند. در دوره اسلامی نیز از آجر برای نما سازی بناها استفاده شده است (مصطفوی، ۱۳۵۹). آجرهایی که از زمان کوروش هخامنشی باقی‌مانده‌اند، دارای ابعاد $۱/۲ * ۳۲ * ۴۴$ با ضخامت ۵ سانتی‌متر بوده‌اند و برای ملاط بین آن‌ها از ماده‌ای مانند قیر استفاده کرده‌اند، همچنین آجرهایی که در تخت جمشید کشف شده‌اند دارای ابعادی $۱/۲ * ۳۲ * ۳۲$ و ضخامت $۱/۲ * ۱۳$ سانتی‌متر هستند (سپنتا، ۱۳۴۵). در دوران اسلامی ابعاد آجر نسبت به دوران قبل از اسلام کاهش یافته است (ویلیبر، ۱۳۴۶: ۵۱).

۲- روش تحقیق

ابزار گردآوری داده‌ها در این مقاله با استفاده از مطالعات کتابخانه‌ای و میدانی انجام شده است. جامعه آماری شامل خانه‌های شهر اصفهان که در بازه زمانی (۴۰۰-۱۰۰) سال گذشته ساخته شده‌اند، است؛ انتخاب نمونه‌ها بر مبنای آن

است که کمترین دخل و تصرف در این خانه‌ها انجام شده باشد، سپس با انتخاب نمونه‌های خانه‌ها و دیوارهای ساخته‌شده در آن‌ها مطالعات میدانی انجام گرفت و سپس دیوارهای تخریب‌شده برداشت شد و به ترسیم دیوارهای باربر با ضخامت‌های متداولی که در آن زمان ساخته می‌شده، پرداخته شد؛ درنهایت با گفت‌وگو و مصاحبه با استادکاران معماری سنتی که دربرگیرنده مطالعه شفاهی است، به مستندسازی دیوارهای ساخته‌شده در خانه‌ها پرداخته شد، به‌گونه‌ای که مدل‌سازی کامپیوتری با نرم‌افزار Auto Cad ۲۰۱۶، انجام و ابعاد متفاوت در دیوارهای کامل و غیرکامل بررسی شد. سپس با گفت‌وگوی مجدد با استادکاران معماری سنتی ضخامت این دیوارها با یکدیگر مقایسه شده است و پرکاربردترین ابعاد آجر با کم‌ترین دور ریزی درباره خانه‌های تاریخی شهر اصفهان استخراج شد. بررسی‌های انجام شده میدانی، پرسش‌های خاصی را مطرح ساخت. این پرسش‌ها در مطالعات میدانی قابل پاسخگویی نبوده‌اند؛ لذا استادکاران معماری سنتی ایران که عمدتاً در محدوده سنی بالای ۷۰ سال بوده‌اند، برگزیده شده‌اند. در مطالعات تاریخ شفاهی معماری این استادکاران که مستقیماً خود و یا پدران‌شان به ساخت این دیوارها پرداخته بوده‌اند، اطلاعات ارزشمند و نایابی را در اختیار نویسندگان قرار داده‌اند که پاسخگوی پرسش‌های آن‌ها است.

۳- یافته‌های تحقیق

یکی از واحدهای اندازه‌گیری به کار برده شده در معماری ایران «گز» است. یکی از عوامل تأثیرگذار برای ایجاد تناسبات صحیح برای فضاها و اندام‌های ساختمان، اندازه‌های انسانی بوده است؛ بنابراین اندازه هر یک از اندام‌های ساختمانی به‌ویژه در خط افق، مضرّبی از گز و گره بوده و در تزئینات عموماً از گره و بهر، استفاده می‌شده است. یک گز برابر ۱۶ گره و یا برابر ۲۴ انگشت است؛ ذرع، از آرنج تا نوک انگشت میانی است. واحدهای اندازه‌گیری در قدیم در هر منطقه‌ای و نیز زمان مورد استفاده، انواع مختلفی داشته است. در گذشته، در و روزن‌های ساختمان به‌عنوان عناصر پیش‌ساخته معماری بوده‌اند، همچنین قالب‌های خشت نیز بر اساس گز ساخته می‌شده‌اند. نظام مدولار استفاده شده در ساخت بناهای ایرانی (پیمن) نیز شامل اندازه‌ها و استانداردهای مشخصی برای اندام‌های معماری است که بر اساس گز تعیین شده‌اند. جداول (۱ و ۲)؛ (پاکنژاد، ۱۳۹۹؛ روزبهانی و رایتی مقدم، ۱۳۹۱: ۱۷-۶؛ رهروی پوده و ولی بیگ، ۱۳۹۹ و فایل‌های صوتی استاد پیرنیا ۱۳۶۷، سازمان حافظت آثار باستانی، پاکنژاد، ۱۳۹۹؛ رضایت، ۱۳۹۹).

جدول (۱): نام واحدهای اندازه‌گیری در گذشته (پیرنیا به نقل از روزبهانی و دیگران، ۱۳۹۱)، تنظیم جدول: (نگارندگان)

نام	اندازه بر اساس سانتی‌متر
گز	۱۰۶.۶۶
ارش	۵۳.۳۳
چارک	۲۶.۶۶
گره	۶.۶۶
بهر	۳.۳۳



جدول (۲): آجرهای به کار رفته در ساختمان، (نگارندگان)

نام	پلان	سه‌بعدی	نام	پلان	سه‌بعدی
آجر کامل			آجر نیمه		
آجر سه‌قدی			آجر چارک		

بر اساس مطالعات صورت گرفته در کتاب‌های مختلف و مطالعات میدانی، ابعاد آجرهای به کار رفته در خانه‌های تاریخی که برای سفت‌کاری به کار می‌رفته، به چهار اندازه تقسیم شده است (جدول ۳).

جدول (۳): ابعاد آجرهای مورد استفاده در دیوارهای باربر، (نگارندگان)

نام متداول آجر	ابعاد بر اساس گز و گره	ابعاد آجر بر اساس سانتی‌متر	پلان
ابعاد آجر به نقل از پیرنیا	۳ گره + ۱/۴	۲۱.۶۴ * ۲۱.۶۴	
بیست سانتی‌متر (آجر سه‌گره‌ای)	۳ گره	۲۰ * ۲۰	
۲۱.۶۰ cm	۳ گره + ۱/۴	۲۱.۶۰	
۲۳.۳۰ cm	۳ گره و ۱ بهر	۲۳.۳	
۲۶.۶۰ cm	۴ گره	۲۶.۶۰	

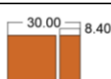
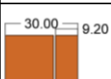
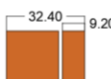
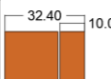
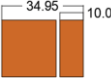
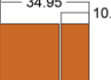
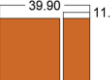
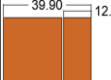
۴- نظرات استادکاران معماری سنتی و چینش مصالح در ساخت دیوارهای خانه‌های تاریخی شهر اصفهان

دیوارها بر اساس ضخامت مورد نیاز، وجود و یا عدم وجود طاقچه به صورت‌های مختلفی ساخته می‌شده‌اند. به گونه‌ای که یا با استفاده از آجر کامل (دیوار کامل) ساخته می‌شده‌اند و یا نیمه‌ای (دیوار غیرکامل) در کنار آن‌ها قرار می‌گرفته است. پیرنیا ضخامت دیوار یک و نیم خشت را برابر ۳۴.۱۳، دو خشت را ۴۶.۶۲، دو و نیم خشت را ۵۷.۴۴، سه خشت را ۶۹.۹۳، سه و نیم خشت را ۸۰.۷۵ معرفی کرده است. با توجه به تحقیقات انجام شده و در مطالعات تاریخ شفاهی مشخص شد که پیرنیا معتقد است که از آجر ۲۱.۶ در ساخت خانه‌ها استفاده می‌شده است، به گونه‌ای



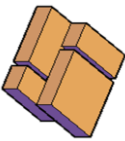
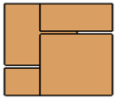
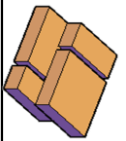
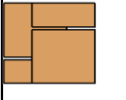
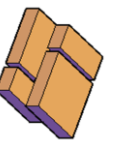
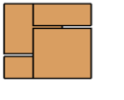
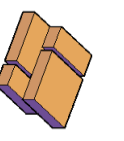
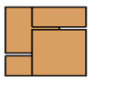
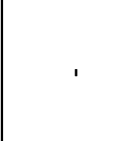
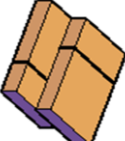
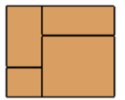
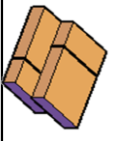
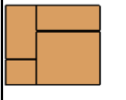
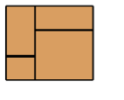
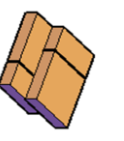
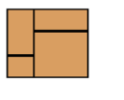
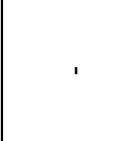
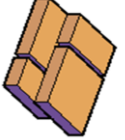
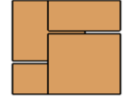
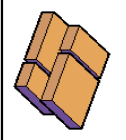
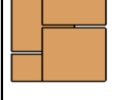
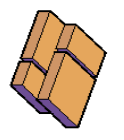
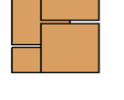
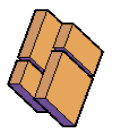
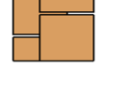
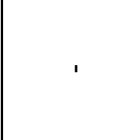
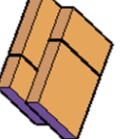
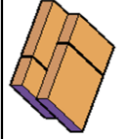
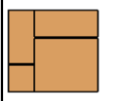
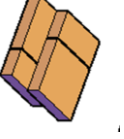
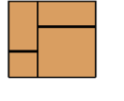
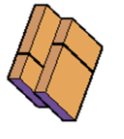
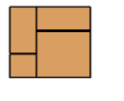
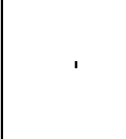
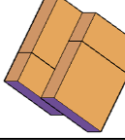
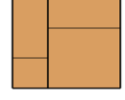
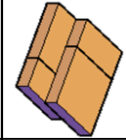
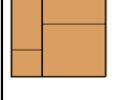
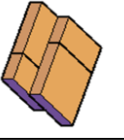
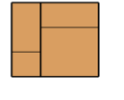
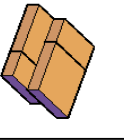
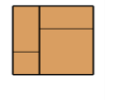
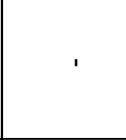
که فاصله بین دو آجر با استفاده از بندی به اندازه ۱.۶ سانتی متر پر می‌شده است؛ همچنین اندازه‌هایی که پیرنیا برای ساخت دیوار استفاده نموده است، برای دیوارهایی که ضخامت آن‌ها با نیمه همراه است، برای رج دوم بوده و در مورد رج اول صحبتی از وی موجود نیست (جداول ۱۲-۴)). در این قسمت از تحقیق، با رسم آجرها با ضخامت‌های مختلف و اندازه بندی (۰.۸ و ۱.۶) سعی در شناسایی ابعاد و چگونگی چینش آجرها برای ساخت دیوارهای خانه‌های تاریخی شده است، به گونه‌ای که اندازه بندی در نمونه‌ها در دو حالت به آجر اضافه شده است. ۱- این اندازه به آجرها بدون هیچ تغییری اضافه شده ۲- به اندازه ضخامت بندی، آجر نیمه تراشیده شده و سپس بندی بین آجرها قرار گرفته است. ترسیم و گفت‌وگو با استادکاران معماری سنتی بیانگر آن است که بدون تراشیدن آجر و در حالت اول یعنی اضافه کردن بندی به آجر، رج‌ها چیده می‌شده است و ضخامت بندی مورد استفاده ۱.۶ سانتی متر بوده است (جداول ۴-۱۲)). همچنین دیوارهایی که ضخامت آن‌ها به صورت نیمه است (دیوارهای غیر کامل) برای نمونه دیواره یک و نیم آجر، رج دوم با جابه‌جایی (چپ و راست کردن آجرها در رج اول) ساخته می‌شده تا درز بندی در ارتفاع دیوار بر روی هم قرار نگیرد؛ اما دیوارهایی که ضخامت آن‌ها به صورت کامل است (به عنوان مثال ۳ آجر) چیدمان رج اول و دوم با یکدیگر متفاوت بوده به گونه‌ای که در یک رج، آجرها به صورت کامل و در رج بعدی آجرها به صورت نیمه استفاده می‌شده است و آجرهای بریده شده، نه تنها نصف می‌شوند؛ بلکه اندازه بندی نیز از آن‌ها کسر می‌شود مثلاً در دیوار ۳ آجر (جداول ۱۲-۱۰)، در رج اول ۳ آجر با دو قسمت بندی‌خور که هر کدام ۱/۶ سانتی متر ضخامت دارند، قرار می‌گیرد؛ برای رج دوم، ۲ آجر کامل با بندی به اندازه ۱/۶ سانتی متر قرار می‌گیرد و آجر سوم نصف شده و بندی قرار گرفته برای این دو آجر نیمه به ۰/۸ تقلیل می‌یابد تا هشت و گیر شدن در رج اول و دوم ایجاد شود. همچنین می‌توان به جای نصف کردن بندی برای آجرهای نیمه، به اندازه ۰/۸ از هر کدام از آجرها کم کرد و بندی بین آجرهای نیمه نیز ۱/۶ باقی بماند؛ اما به علت آنکه در حالت دوم دورریزی مصالح زیاد است، استادکاران معماری سنتی از این کار اجتناب می‌کرده‌اند و حالت اول را که کم کردن بندی برای آجرهای نیمه است، ترجیح می‌دادند.

جدول (۴): چیدمان دیوار یک و نیم آجر (غیر کامل) در پلان، (نگارندگان)

دیوار یک آجر و نیم										ابعاد
با بَند								بدون بَند		
بَند از نیمه کم شود				بَند جداگانه از آجر محاسبه شود						
پلان رج اول	۱.۶۰	پلان رج اول	۰.۸	پلان رج اول	۱.۶۰	پلان رج اول	۰.۸			
-	-	-	-		۳۴.۱۳	-	-	-	-	پیرنیا
	۳۰		۳۰		۳۱.۶۰		۳۰.۸۰		۳۰	۲۰ cm
	۳۲.۴۰		۳۲.۴۰		۳۴		۳۳.۲۰		۳۲.۴۰	۲۱.۶ cm
	۳۴.۹۵		۳۴.۹۵		۳۶.۵۵		۳۵.۷۵		۳۴.۹۵	۲۳.۳ cm
	۳۹.۹۰		۳۹.۹۰		۴۱.۵۰		۴۰.۷۰		۳۹.۹۰	۲۶.۶۰ cm



جدول (۵): چیدمان دیوار یک و نیم آجر (غیر کامل) در رج اول و دوم، (نگارندگان)

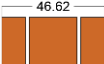
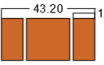
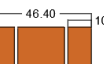
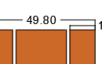
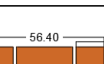
دیوار یک آجر و نیم									
با بند									
بند از نیمه کم شود					بند جداگانه از آجر محاسبه شود				
سه بعدی رج اول و دوم با بندی به اندازه ۱٫۶	پلان رج اول و دوم با بندی به اندازه ۱٫۶	سه بعدی رج اول و دوم با بندی به اندازه ۰٫۸	پلان رج اول و دوم با بندی به اندازه ۰٫۸	سه بعدی رج اول و دوم (آجر چینی با بندی به اندازه ۱٫۶	پلان رج اول و دوم (آجر چینی با بندی به اندازه ۱٫۶	سه بعدی رج اول و دوم با بندی به اندازه ۰٫۸	پلان رج اول و دوم با بندی به اندازه ۰٫۸	سه بعدی رج اول و دوم	پلان رج اول و دوم
									
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
									
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
									
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
									
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
									
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
پیرنیا					ابعاد				
۲۰ cm					۲۱٫۶ cm				
۲۳٫۳ cm					۲۶٫۶۰ cm				



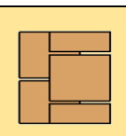
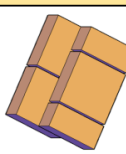
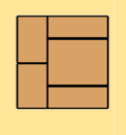
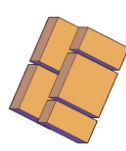
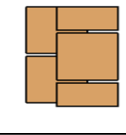
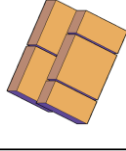
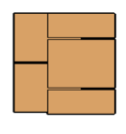
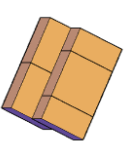
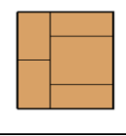
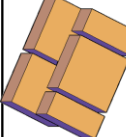
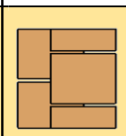
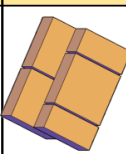
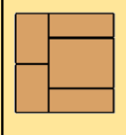
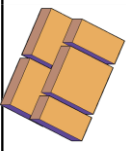
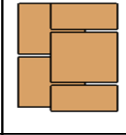
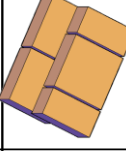
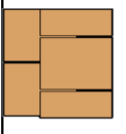
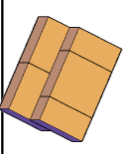
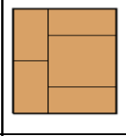
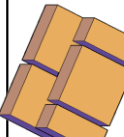
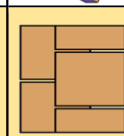
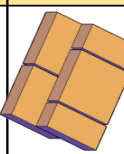
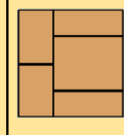
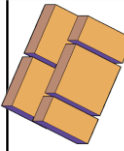
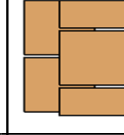
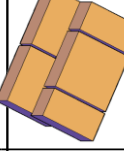
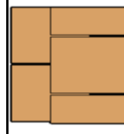
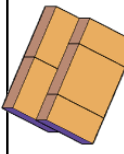
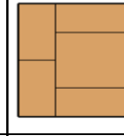
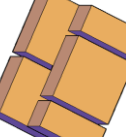
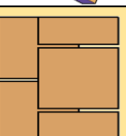
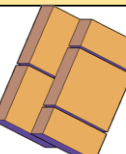
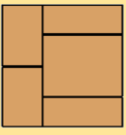
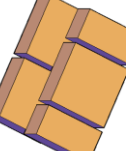
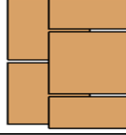
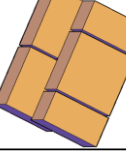
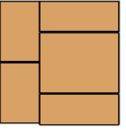
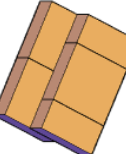
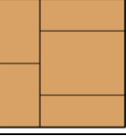
جدول (۶): چیدمان رج اول دیوار دو آجر (کامل) در پلان، (نگارندگان)

دیوار دو آجر									ابعاد
با بَند							پلان رج اول	بدون بَند	
بَند از نیمه کم شود				بَند جداگانه از آجر محاسبه شود					
پلان رج اول	۱.۶۰	پلان رج اول	۰.۸	پلان رج اول	۱.۶۰	پلان رج اول			
-	-	-	-	-	-	-	-	-	پیرنیا
	۴۰		۴۰		۴۱.۶۰		۴۰.۸۰		۲۰ cm
	۴۳.۲۰		۴۳.۲۰		۴۴.۸۰		۴۴		۲۱.۶ cm
	۴۶.۶۰		۴۶.۶۰		۴۸.۲۰		۴۷.۴۰		۲۳.۳ cm
	۵۳.۲۰		۵۳.۲۰		۵۴.۸۰		۵۴		۲۶.۶۰ cm

جدول (۷): چیدمان رج دوم دیوار دو آجر (کامل) در پلان، (نگارندگان)

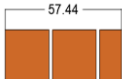
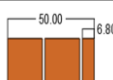
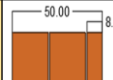
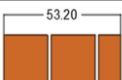
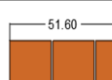
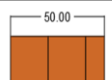
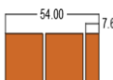
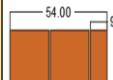
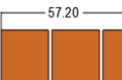
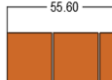
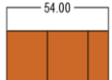
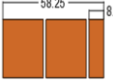
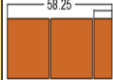
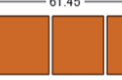
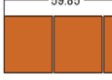
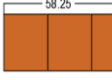
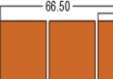
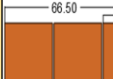
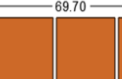
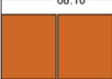
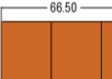
دیوار دو آجر										ابعاد
با بَند								پلان رج دوم	بدون بَند	
بَند از نیمه کم شود				بَند جداگانه از آجر محاسبه شود						
پلان رج دوم	۱.۶۰	پلان رج دوم	۰.۸	پلان رج دوم	۱.۶۰	پلان رج دوم	۰.۸			
-	-	-	-		۴۶.۶۲	-	-	-	-	پیرنیا
	۴۰		۴۰		۴۳.۲۰		۴۱.۶۰		۴۰	۲۰ cm
	۴۳.۲۰		۴۳.۲۰		۴۶.۴۰		۴۴.۸۰		۴۳.۲۰	۲۱.۶ cm
	۴۶.۶۰		۴۶.۶۰		۴۹.۸۰		۴۸.۲۰		۴۶.۶۰	۲۳.۳ cm
	۵۳.۲۰		۵۳.۲۰		۵۶.۴۰		۵۴.۸۰		۵۳.۲۰	۲۶.۶۰ cm

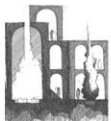
جدول (۸): چیدمان دیوار دو آجر (کامل) در رج اول و دوم، (نگارندگان)

دیوار دو آجر										
با بند								آجر چینی بدون بند		
ابعاد	بند از نیمه کم شود				بند جداگانه از آجر محاسبه شود				سه بعدی رج اول و دوم	
	سه بعدی رج اول و دوم با بندی به اندازه ۱٫۶	پلان رج اول و دوم با بندی به اندازه ۱٫۶	سه بعدی رج اول و دوم با بندی به اندازه ۰٫۸	پلان رج اول و دوم با بندی به اندازه ۰٫۸	سه بعدی رج اول و دوم (آجر چینی با بندی به اندازه ۱٫۶)	پلان رج اول و دوم (آجر چینی با بندی به اندازه ۱٫۶)	سه بعدی رج اول و دوم با بندی به اندازه ۰٫۸	پلان رج اول و دوم با بندی به اندازه ۰٫۸	سه بعدی رج اول و دوم	پلان رج اول و دوم
پیرنیا	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
۲۰ cm										
۲۱٫۶ cm										
۲۳٫۳ cm										
۲۶٫۵cm										



جدول (۹): چیدمان رج اول دیوار دو و نیم آجر (غیر کامل) در پلان، (نگارندگان)

دیوار دو آجر و نیم										ابعاد
با بَند								بدون بَند		
بَند از نیمه کم شود				بَند جداگانه از آجر محاسبه شود						
پلان رج اول	۱.۶۰	پلان رج اول	۰.۸	پلان رج اول	۱.۶۰	پلان رج اول	۰.۸			
					۵۷.۴۴				پیرنیا	
	۵۰		۵۰		۵۳.۲۰		۵۱.۶۰		۵۰	۲۰ cm
	۵۴		۵۴		۵۷.۲۰		۵۵.۶۰		۵۴	۲۱.۶ cm
	۵۸.۲۵		۵۸.۲۵		۶۱.۴۵		۵۹.۸۵		۵۸.۲۵	۲۳.۳ cm
	۶۶.۵۰		۶۶.۵۰		۶۹.۷۰		۶۸.۱۰		۶۶.۵۰	۲۶.۶۰ cm

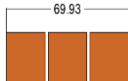
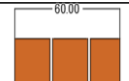
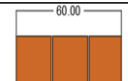
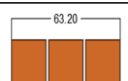
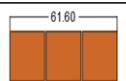
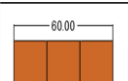
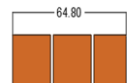
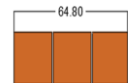
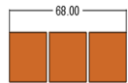
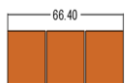
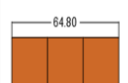
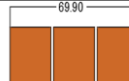
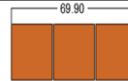
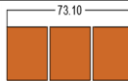
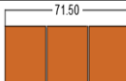
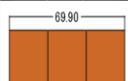
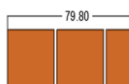
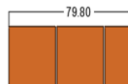
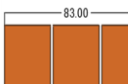
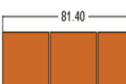
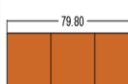


جدول (۱۰): چیدمان دیوار دو و نیم آجر (غیر کامل) در رج اول و دوم، (نگارندگان)

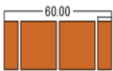
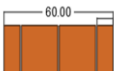
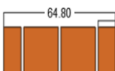
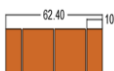
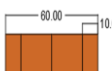
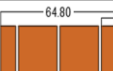
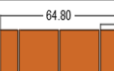
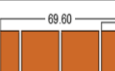
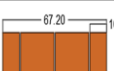
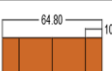
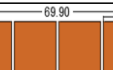
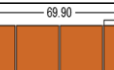
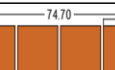
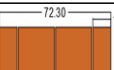
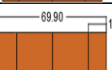
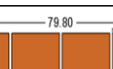
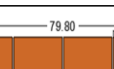
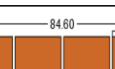
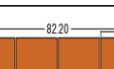
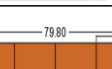
دیوار دو آجر و نیم									
با بند								آجر چینی بدون بند	
بند از نیمه کم شود				بند جداگانه از آجر محاسبه شود					
سه بعدی رج اول و دوم با بندی به اندازه ۱۶	پلان رج اول و دوم با بندی به اندازه ۱۶	سه بعدی رج اول و دوم با بندی به اندازه ۰.۸	پلان رج اول و دوم با بندی به اندازه ۰.۸	سه بعدی رج اول و دوم (آجر چینی با بندی به اندازه ۱۶)	پلان رج اول و دوم (آجر چینی با بندی به اندازه ۱۶)	سه بعدی رج اول و دوم با بندی به اندازه ۰.۸	پلان رج اول و دوم با بندی به اندازه ۰.۸	سه بعدی رج اول و دوم	پلان رج اول و دوم



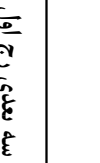
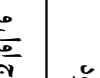
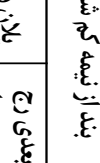
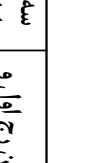
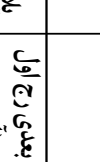
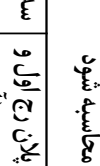
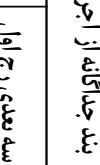
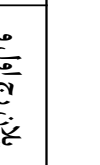
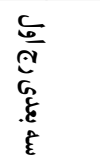
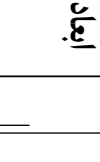
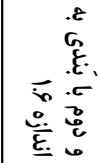
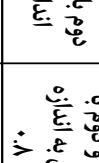
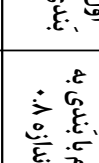
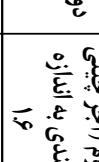
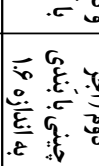
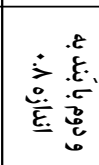
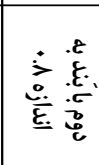
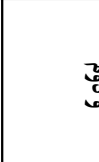
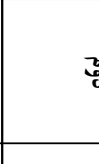
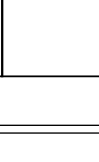
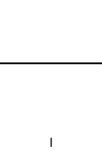
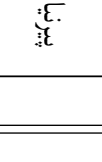
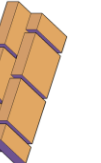
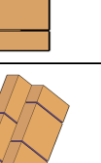
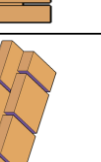
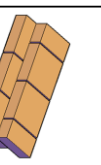
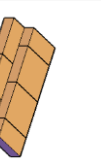
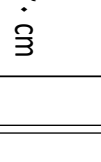
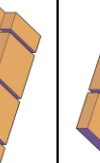
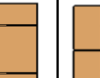
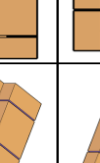
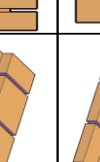
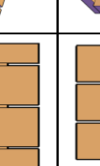
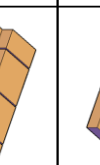
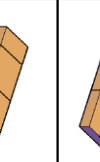
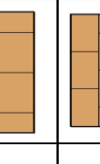
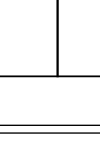
جدول (۱۱): چیدمان رج اول دیوار سه آجر (کامل) در پلان، (نگارندگان)

دیوار سه آجر										ابعاد
با بَند								پلان رج اول	بدون بَند	
بَند از نیمه کم شود				بَند جداگانه از آجر محاسبه شود						
پلان رج اول	۱.۶۰	پلان رج اول	۰.۸	پلان رج اول	۱.۶۰	پلان رج اول	۰.۸			
-	-	-	-		۶۹.۹۳	-	-	-	-	پیرنیا
	۶۰		۶۰		۶۳.۲۰		۶۱.۶۰		۶۰	۲۰ cm
	۶۴.۸۰		۶۴.۸۰		۶۸		۶۶.۴۰		۶۴.۸۰	۲۱.۶ cm
	۶۹.۹۰		۶۹.۹۰		۷۳.۱۰		۷۱.۵۰		۶۹.۹۰	۲۳.۳ cm
	۷۹.۸۰		۷۹.۸۰		۸۳		۸۱.۴۰		۷۹.۸۰	۲۶.۶۰ cm

جدول (۱۲): چیدمان رج دوم دیوار سه آجر (کامل) در پلان، (نگارندگان)

دیوار سه آجر										ابعاد
با بُند								بدون بُند		
بُند از نیمه کم شود				بُند جداگانه از آجر محاسبه شود						
پلان رج دوم	۱.۶۰	پلان رج دوم	۰.۸	پلان رج دوم	۱.۶۰	پلان رج دوم	۰.۸			
				-	-				پیرنیا	
	۶۰		۶۰		۶۴.۸۰		۶۲.۴۰		۶۰	۲۰ cm
	۶۴.۸۰		۶۴.۸۰		۶۹.۶۰		۶۷.۲۰		۶۴.۸۰	۲۱.۶ cm
	۶۹.۹۰		۶۹.۹۰		۷۴.۷۰		۷۲.۳۰		۶۹.۹۰	۲۳.۳ cm
	۷۹.۸۰		۷۹.۸۰		۸۴.۶۰		۸۲.۲۰		۷۹.۸۰	۲۶.۶۰ cm

جدول (۱۳): چیدمان رج اول و دوم دیوار سه آجر (کامل) در پلان، (نگارندگان)

ابعاد		آجر چینی بدون بند		بند با بند								دیوار سه آجر	
				بند جداگانه از آجر محاسبه شود				بند از نیمه کم شود					
				پلان رج اول و سه بعدی رج اول و دوم	سه بعدی رج اول و دوم (آجر چینی با بندی به اندازه ۱۶)	پلان رج اول و دوم (آجر چینی با بندی به اندازه ۱۶)	پلان رج اول و سه بعدی رج اول و دوم (آجر چینی با بندی به اندازه ۱۶)	پلان رج اول و سه بعدی رج اول و دوم (آجر چینی با بندی به اندازه ۱۶)	پلان رج اول و سه بعدی رج اول و دوم (آجر چینی با بندی به اندازه ۱۶)	پلان رج اول و سه بعدی رج اول و دوم (آجر چینی با بندی به اندازه ۱۶)	پلان رج اول و سه بعدی رج اول و دوم (آجر چینی با بندی به اندازه ۱۶)	پلان رج اول و سه بعدی رج اول و دوم (آجر چینی با بندی به اندازه ۱۶)	پلان رج اول و سه بعدی رج اول و دوم (آجر چینی با بندی به اندازه ۱۶)
۲۶.۰ cm	۲۶.۰ cm												
۲۳.۳ cm	۲۳.۳ cm												
۲۱.۶ cm	۲۱.۶ cm												
۲۰ cm	۲۰ cm												
پیریا	پیریا												

۵- بحث و نتیجه‌گیری

استادکاران معماری سنتی ایران با استفاده از مصالح در دسترس که در بیشتر موارد آجر بوده است، اقدام به ساخت دیوار خانه‌ها کرده‌اند. در این تحقیق با استفاده از مطالعات تاریخ شفاهی، آشکار شد که ابعاد دیوار به‌عنوان عامل اساسی در نظام‌بخشی به کالبد خانه‌هاست. در بیشتر موارد روی سطوح دیوارها با اندود پوشیده می‌شده، لذا ملاک فرم نهایی دیوار است که خودبه‌خود تابعی از ابعاد و تعداد آجر و ضخامت بند است. ابعاد آجر به‌عنوان عاملی که کمتر قابل‌تغییر بوده است و بند انعطاف‌پذیری بیشتری داشته و تغییر در آن ساده‌تر از تغییر در ابعاد آجر صورت می‌گرفته است. ابعاد آجر استفاده شده، در ساخت خانه‌ها ۲۱/۶ سانتی‌متر بوده است. برای چیدمان آجرها از بندی در حدود ۱/۶ سانتی‌متر استفاده کرده‌اند. استادکاران معماری سنتی در موارد اندکی به برش و تغییر ابعاد در آجرها دست‌زده‌اند؛ زیرا امکان تخریب کل آجر در هنگام برش دادن آن وجود داشته و به‌طورکلی تغییر شکل آجر نسبت به بندها به‌سختی انجام می‌شده است؛ همچنین انعطاف‌پذیری بند نسبت به آجر بیشتر بوده است. از طرفی هشت و گیر شدن در سطح افق برای معماران اهمیتی نداشته است و این عمل در سطوح عمودی مدنظر بوده است. همچنین برای چیدمان دیوارهای نیمه به‌عنوان مثال (دیواری به ضخامت ۲/۵ آجر) معماران با چپ و راست کردن آجر اقدام به ساخت دیوار می‌کرده‌اند؛ اما برای ساخت دیوارهایی با آجر کامل به‌عنوان نمونه (دیواری به ضخامت ۳ آجر) چیدمان رج اول و دوم با یکدیگر متفاوت بوده، به‌گونه‌ای که در یک رج، آجرها به‌صورت کامل و در رج بعدی آجرها به‌صورت نیمه استفاده می‌شده است تا هشت و گیر بودن دیوار تأمین گردد و بند برای آجرهای نیمه نیز به نصف کاهش یابد (۰/۸ سانتی‌متر). با توجه به تحقیقات انجام‌شده در این بخش مشخص شد که استادکاران معماری سنتی، سعی داشتند بدون تغییر در اندازه آجرها، دیوارهای خانه‌های تاریخی را بسازند؛ زیرا تراش در آجرها در مقیاسی به وسعت خانه‌های تاریخی، نیروی انسانی و کارگر طلب می‌کرده است و هزینه‌های ساخت خانه را افزایش می‌داده است و برش آجر نسبت به کم کردن بند، نیازمند دقت افزونی است؛ بنابراین به‌جای برش آجر، سعی در کم کردن بند بین آجرهای نیمه داشته‌اند.

۶- سپاسگزاری

در اینجا از آقایان، استاد مهدی پاک‌نژاد و استاد نعمت‌الله رضایت که در ادامه خلاصه سابقه کاری آن‌ها معرفی گردیده، کمال تشکر را دارم:

استاد مهدی پاک‌نژاد: استاد پاک‌نژاد متولد ۱۳۱۹ اصفهان به شغل خانوادگی خود که معماری بوده، پرداخته است. معماری و طراحی طاق تخصص منحصر به فرد این هنرمند است. بخش‌هایی از عطارخانه شاهی و ساختمان سفارت ایران در فرانسه بخشی از آثار ایشان است (سجادی نائینی، ۱۳۸۷، ۱۰۸).

استاد نعمت‌الله رضایت: ایشان در سال ۱۳۲۲ ش. در اصفهان متولد شد. از کارهای ایشان مرمت گنبد حرم مطهر زینبیه در اصفهان، اجرای گنبد و ساخت کلی ساختمان امامزاده شمس‌الدین علویجه، ساخت گنبد و گلدسته مسجدالمهدی است (سجادی نائینی، ۱۳۸۷، ۱۸۳).

- Nash, W.G. (2002). Brickwork-3rd edition. cheltenham: Nelson Thornes Ltd.
- sowden, A.M. (1990). The Maintenance of Brick and Stone Masonry Structures. Edited by A.Maurice Sowden. London: Taylor & Francis.
- Thorpe, M. (2021). Brickwork. Level 1,2,3. For construction diploma and apprenticeship programmers. Second edition. Routledge.
- Valibeig, N & Mohammadi, H. (2016). Geometry and Bonding Rules Position Analysis in the Formation of Traditional Iranian Architectural Brick Facades. Nexus Network Journal. 18(2). 467–479. <http://dx.doi.org/10.1007/s00004-016-0293-9>
- Xu. C, Liu. J, Li. S, Wu. Z, Chen, YF. (2021). Optimal brick layout of masonry walls based on intelligent evolutionary algorithm and building information modeling. Automation in construction. (129). <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2021.103824>.