



ژوئرنالی باستان‌شناسی ایران

PAZHOSHESH-HA-YE BASTANSHENASI IRAN
P. ISSN: 2345-5725 & E. ISSN: 2345-5500
Homepage: <https://nbsh.basu.ac.ir/>
Vol. 13, No. 38, Autumn 2023



Investigation and Recognition of Mortar Structure in the Big Tower of Rab-e Rashidi Complex in Tabriz

Yaser Hamzavi¹ & Javad Afandipour²

<https://dx.doi.org/10.22084/NB.2023.26161.2474>

Received: 2022/04/19; Accepted: 2022/07/23

Type of Article: **Research**

Pp: 149-172

Abstract

The historical site of Rab-e Rashidi of Tabriz or Rashidieh of Tabriz, which was built in 700 AH and It was used until the tenth century AH. It has been exploited in various residential and military ways. One of the architectural structures of Rab-e Rashidi is its large tower, which is located on the southern front. According to preliminary studies of this structure it has built in the tenth century AH. The engineering structure of the Rab-e Rashidi has not yet been studied archaeologically from a technological point of view. In particular, this large tower, contrary to the common architecture of the eighth to tenth centuries AH in Iran, especially Tabriz, is made of stone materials. It is natural that the knowledge of construction technology and technology used in this tower, which is contrary to similar buildings of the seventh to tenth centuries AH, requires the adoption of archaeological studies of technology and structure. This study is to review those examples of studies whose process can be repeated experimentally. Therefore, the mortar technology used in this tower, which has fully survived it from the severe earthquakes of the Safavid and early Qajar periods in Tabriz, needs to be re-recognized by scientific methods including field and laboratory studies and analytical and experimental. In this study, five mortar samples were prepared from five different points of the tower and studies of XRD, XRF, SEM, FTIR, petrography and digital microscope were performed. As a result of the studies, it was found that lime mortar was used in all parts of the tower, from the foundation to the upper parts made of stone. Some sand is used in lime mortar and there is a small amount of soil. Contrary to popular belief, no gypsum was detected in the mortar composition.

Keywords: Technology Archeology, Structure, Mortar, Rab-e Rashidi, Tabriz.

1. Associate Professor, Faculty member of Research Institute of Cultural Heritage and Tourism (RICHT), Tehran, Iran (Corresponding Author)

Email: yaserhamzavi99@gmail.com

2. M.A. in Archeology, Department of Archeology, Faculty of Conservation of Cultural Artifacts, Tabriz Islamic Art University, Tabriz, Iran

Citations: Hamzavi, Y. & Afandipour, J., (2023). "Investigation and Recognition of Mortar Structure in the Big Tower of Rab-e Rashidi Complex in Tabriz". *Pazhoheshha-ye Bastan Shenasi Iran*, 13(38), 149-172. DOI: [10.22084/nb.2023.26161.2474](https://doi.org/10.22084/nb.2023.26161.2474).

Homepage of this Article: https://nbsh.basu.ac.ir/article_4929.html?lang=en

PAZHOSHESH-HA-YE BASTANSHENASI IRAN
Archaeological Researches of Iran
Journal of Department of Archaeology, Faculty of Art and Architecture, Bu-Ali Sina University, Hamadan, Iran.

Publisher: Bu-Ali Sina University. All rights reserved.

© Copyright©2022, The Authors. This open-access article is published under the terms of the *Creative Commons*.

Introduction

Mortar in historical buildings is one of the most important topics in the field of archeology in cultural heritage. Due to the climate as well as the mines in the area, suitable mortar and construction materials have been selected and used in the past. Building materials such as stone and brick could be used again in later periods in the new building, which has happened again and again in Iran. But mortar, due to its physical and chemical properties, can be used only once, unless it is considered as a new mortar filler. Therefore, in archaeological studies, the originality of the mortar can be further emphasized. For example, in the big tower of Rab-e Rashidi, the stone materials of the Mongol Ilkhanate period in the Safavid period have been used. Mortar that is related to the period of construction of the work (Safavid period) and a large part of stone materials and tombstones is detected for to the 8th century AH. Is.

One of the architectural structures of Rab-e Rashidi is its large tower, which is located on the southern front. This structure with a diameter of 27 and a height of 12 meters is the largest tower of the Rab-e Rashidi towers. According to initial studies it was made in the tenth century AH. It is natural that the knowledge of technology and construction technology used in this tower, which is contrary to similar examples of the seventh to tenth centuries AH, requires the adoption of technological archaeological studies, especially experimental archeology. This study is to review those examples of studies whose process can be repeated experimentally. Therefore, the mortar technology used in this tower, which has fully withstood the severe earthquakes of the Safavid and early Qajar eras in Tabriz, needs to be recognized again by scientific methods including field and laboratory studies and analytical and experimental.

Research Questions and Hypotheses: The research questions are as follows: According to the remaining parts of the Great Rab-e Rashidi Tower and relying on technical studies on the sample of historical mortars, how many types of mortars are used in this structure. What are the characteristics of the mortar used in the big south tower of Rab-e Rashidi in terms of construction technology? Research Hypothesis: It seems that the mortar used in the large southern tower of Rab-e Rashidi is of limestone and gypsum type and without additives. Also, the mortar in the depth of the structure is different from the mortar of the outer layer of the wall of the big tower of Rab-e Rashidi.

Discussion of Findings

A: Digital microscope: In ocular observation, the mortars are almost white and uniform. When the different parts of the samples were examined with a magnification of 65 times, it was observed that the mortar was not uniform in color and had different grains, textures and components.

B: Scanning electron microscope: There are two parts that can be examined in the images: the mineral part and the organic part. The mineral part shows calcite and quartz crystals which have high density in some parts and high porosity in some parts. Sometimes large grains of sand are seen in which the density of calcite crystals is higher than in other parts. In fact, it can be said that if there is a significant amount of sand with a uniform distribution in calcareous mortar, the strength of the mortar is higher than normal (without sand). The second part to consider is the organic part, which is related to microorganisms. The growth of the fungus and its penetration into the structure of the mortar is quite evident.

A: XRD analysis: The analysis revealed that the main phases identified are: Calcite, Quartz, Albite and Orthoclase. D: XRF analysis: As a result of the analysis, it was found that the oxide composition of the identified elements are: SiO₂, CaO and Al₂O₃.

E: Petrography: Five samples have heterogeneous texture and different minerals such as quartz, sandstone, siltstone, plagioclase, igneous rock fragments, metamorphic rock fragments, limestone, calcite mineral fragments and ferrous clay compounds in the sample matrix they are seen as fillers and inclusions. The dough composition or matrix of the samples is carbonate. The studied samples are almost identical and their main difference is in the percentage of frequency of each of the above mentioned materials.

Conclusion

Contrary to previous assumptions that more than one type of mortar was used in the construction of this tower, based on laboratory studies, it was found that in all parts of the tower, including the foundation, the inner structure of the tower and its outer part one types of mortar were used in terms of structure and materials. Due to the location of the mortar used and the conditions it has had throughout history, there have been slight changes in the structure of the mortar that have actually eroded somewhat. For example, foundation mortar has become a breeding ground for microorganisms due to its relatively high humidity conditions, lack of air under the soil, and lack of light. Fungi and other microorganisms have

grown and entered the structure of the mortar, and over time, the strength of the mortar has decreased. Also, based on technical studies conducted on the mortar samples of Rab-e Rashidi Tower, it can be said that besides lime, which is the main material of mortar, there are also impurities. One of the reasons for the strength of mortar is the use of coal powder and sometimes ash in the structure of the mortar. Also the other reason for the strength of mortar is the reaction of lime with silicon.

Acknowledgment

The Authors would like to express their gratitude for the invaluable contributions of Dr. Bahram Ajorlou (Director of the International Project of Rab'-e Rashidi), Mr. Hossein Esmacili Atiq, and the members of the faculty Cultural Materials Conservation at the Tabriz Islamic Art University.

Observation Contribution

This article is a part of the MA dissertation of the first Author, the second Author actively participated in the writing of this research as a supervisor.

Conflict of Interest

This study is to re-examine those study samples whose process can be repeated experimentally. Therefore, the mortar technology used in the Rab'-e Rashidi Tower, which has completely survived against the powerful earthquakes of the Safavid era and the early Qajar era of Tabriz, has been identified with scientific methods, including field and laboratory, analytical and experimental studies.



بررسی و شناخت ساختار ملات در برج بزرگ مجموعه ربع رشیدی تبریز

یاسر حمزوی^۱، جواد افندی پور^{II}

شناسه دیجیتال (DOI): <https://dx.doi.org/10.22084/NB.2023.26161.2474>

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۱/۳۰، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۵/۰۱

نوع مقاله: پژوهشی

صص: ۱۷۲-۱۴۹

چکیده

محوطه تاریخی ربع رشیدی تبریز یا رشیدیة تبریز در سال ۷۰۰ ه.ق. ساخته شده و تا سده ۱۰ ه.ق. به صورت‌های مختلف مسکونی و نظامی مورد بهره‌برداری بوده است. یکی از ساختارهای معماری ربع رشیدی برج بزرگ آن است که در جبهه جنوبی قرار دارد. بنابر مطالعات اولیه این سازه در سده ۱۰ ه.ق. ساخته شده است. ساختار مهندسی برج بزرگ ربع رشیدی تاکنون مورد مطالعات باستان‌شناختی از منظر باستان‌شناسی فناوری قرار نگرفته است. خاصه این‌که این برج بزرگ برخلاف معماری رایج سده‌های ۸ تا ۱۰ ه.ق. ایران بالأخص تبریز با مصالح سنگی و در بخش بالایی با ملات گلی ساخته شده است. طبیعی است که شناخت فناوری و تکنولوژی ساختمانی به‌کار رفته در این برج که مغایر با نمونه‌های مشابه سده‌های ۷ الی ۱۰ ه.ق. است، نیازمند اتخاذ مطالعات باستان‌شناسی فناوری و ساختارشناسی است. این مطالعه، جهت بررسی مجدد آن دسته از نمونه‌های مطالعاتی است که فرآیند آن‌ها به روش تجربی قابلیت تکرار داشته باشد؛ بنابراین فناوری ملات به‌کار رفته در این برج که در برابر زلزله‌های سهمگین عهد صفوی و اوایل قاجار تبریز که کاملاً دوام آورده است، نیازمند بازنشاسی دوباره با روش‌های علمی اعم از مطالعات میدانی و آزمایشگاهی و تحلیلی و تجربی است؛ هم‌چنین پژوهش حاضر، بخشی از یک پژوهش همه‌جانبه در خصوص شناخت ملات در بخش‌های مختلف مجموعه ربع رشیدی است. در این پژوهش، از پنج نقطه مختلف برج، پنج نمونه ملات تهیه و مطالعات XRD، XRF، SEM، FTIR، پتروگرافی و میکروسکوپ دیجیتال انجام شد. در نتیجه مطالعات مشخص شد در همه قسمت‌های برج، از پی گرفته تا بخش‌های بالایی که با سنگ ساخته شده، از ملات آهکی استفاده شده است. در ملات آهکی مقداری ماسه نیز به‌کار رفته و مقدار کمی خاک هم وجود دارد. برخلاف تصور اولیه، هیچ گچی در ترکیب ملات شناسایی نشد.

کلیدواژگان: باستان‌شناسی فناوری، ساختارشناسی، ملات، ربع رشیدی، تبریز.

I. دانشیار، پژوهشکده بناها و بافت‌های تاریخی، پژوهشگاه میراث فرهنگی و گردشگری، تهران، ایران (نویسنده مسئول).
Email: Yaserhamzavi99@gmail.com

II. کارشناسی‌ارشد باستان‌شناسی، گروه باستان‌شناسی، دانشکده حفاظت آثار فرهنگ، دانشگاه هنر اسلامی تبریز، تبریز، ایران.

ارجاع به مقاله: حمزوی، یاسر؛ و افندی پور، جواد، (۱۴۰۲). «بررسی و شناخت ساختار ملات در برج بزرگ مجموعه ربع رشیدی تبریز». پژوهش‌های باستان‌شناسی ایران، ۱۳(۳۸): ۱۴۹-۱۷۲. DOI: 10.22084/nb.2023.26161.2474
صفحه اصلی مقاله در سامانه نشریه:

https://nbsh.basui.ac.ir/article_4929.html?lang=fa

فصلنامه علمی گروه باستان‌شناسی دانشکده هنر و معماری، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران.

© حق نشر متعلق به نویسنده(گان) است و نویسنده تحت مجوز Creative Commons Attribution License به مجله اجازه می‌دهد مقاله چاپ شده را در سامانه به اشتراک بگذارد، منوط بر این‌که حقوق مؤلف اثر حفظ و به انتشار اولیه مقاله در این مجله اشاره شود.

مقدمه

ملات در سازه‌های تاریخی از مهم‌ترین موضوعات حوزه باستان‌شناسی در علوم میراث‌فرهنگی است. با توجه به اقلیم و هم‌چنین معادن موجود در هر منطقه، ملات و مصالح ساختمانی مناسب در گذشته انتخاب و استفاده می‌شده است. مصالح ساختمانی مانند سنگ و آجر می‌توانسته دوباره در دوره‌های بعد در بنای جدید مورد استفاده قرار گیرد که در ایران، بارها و بارها این اتفاق رخ داده است؛ اما ملات به دلیل ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی، فقط یک بار می‌تواند استفاده شود، مگر این‌که به صورت پرکننده ملات جدید مدنظر قرار گیرد. بنابراین در مطالعات باستان‌شناسی، اصالت ملات می‌تواند بیشتر مورد تأکید واقع شود؛ برای مثال، در برج بزرگ ربع‌رشیدی، از مصالح سنگی دوره ایلخانان مغول در دوره صفویه استفاده شده است. ملات مربوط به دوره ساخت اثر (دوره صفویان) و بخش زیادی از مصالح سنگی و سنگ قبرها مربوط به سده ۸ ه.ق. است.

ربع‌رشیدی تبریز نام شهرکی بود که در مجاورت هسته اصلی شهر تبریز در دوره ایلخانان مغول احداث گردیده و بانی شهرک وزیر فرزانه، «خواجه رشیدالدین فضل‌الله همدانی» است (اسماعیلی سنگری، ۱۳۸۹). بناهای ربع‌رشیدی بین سال‌های ۶۴۵ و ۷۱۸ ه.ق. به امر خواجه رشیدالدین فضل‌الله وزیر «غازان خان» ساخته شده است (دیباج، ۱۳۴۶)؛ هم‌چنین تاریخ ۶۹۹ ه.ق. نیز برای ساخت این مجموعه پیشنهاد شده است که کارکرد علمی فرهنگی، آموزشی (رفیع، ۱۳۸۸: ۱۳۱)، اقتصادی (فرهانی منفرد و طارم، ۱۳۸۴: ۱۰۷) و مذهبی (سعیدنیا، ۱۳۷۹: ۷) داشته است. محوطه تاریخی ربع‌رشیدی تبریز یا رشیدی تبریز تا سده ۱۰ ه.ق. به صورت‌های مختلف مسکونی و نظامی مورد بهره‌برداری بوده است (آجورلو، ۱۳۹۶). یکی از ساختارهای معماری ربع‌رشیدی برج بزرگ آن است که در جبهه جنوبی قرار دارد. این سازه با قطر ۲۷ و ارتفاع ۱۲ متر بزرگ‌ترین برج از مجموع برج‌های ربع‌رشیدی است (تصویر ۱ و ۲) که بنابر مطالعات اولیه در سده ۱۰ ه.ق. ساخته شده است (آجورلو، ۱۳۹۷). مطالعات باستان‌شناختی از منظر باستان‌شناسی فئآوری از ساختار مهندسی برج بزرگ ربع‌رشیدی تاکنون منتشر نشده است. خاصه این‌که این برج بزرگ برخلاف معماری رایج سده‌های ۸ تا ۱۰ ه.ق. ایران بالأخص تبریز از مواد و مصالح سنگی با ملات (احتمالاً پایه آهکی استفاده شده است (آجورلو، ۱۳۹۶).

طبیعی است که شناخت فئآوری و تکنولوژی ساختمانی به‌کاررفته در این برج که مغایر با نمونه‌های مشابه سده‌های ۷ الی ۱۰ ه.ق. است، نیازمند اتخاذ مطالعات باستان‌شناسی فئآوری و به‌ویژه باستان‌شناسی تجربی است. این مطالعه، جهت بررسی مجدد آن دسته از نمونه‌های مطالعاتی است که فرآیند آن‌ها به روش تجربی قابلیت تکرار داشته باشد؛ بنابراین، فئآوری ملات به‌کاررفته در این برج که در برابر زلزله‌های سهمگین عهد صفوی و اوایل قاجار تبریز کاملاً دوام آورده است، نیازمند بازشناسی دوباره با روش‌های علمی اعم از مطالعات میدانی، آزمایشگاهی، تحلیلی و تجربی است. از نظر نوع مواد و مصالح، برج بزرگ ربع‌رشیدی از دو بخش، مصالح سنگ و ملات در بخش پایینی و دیواره‌ای با مواد

و مصالح گلی اجرا شده است. بخش اصلی و زیرین این برج با سنگ و ملات ساخته شده که بخش زیادی از آن تخریب شده است. برای ساخت این برج از سنگ قبرهای دوره ایلخانان مغول نیز استفاده شده است (تصویر ۳). در پژوهش حاضر، ملات چسباننده در بخش اصلی این برج مورد بررسی قرار گرفته تا بتوان با تکیه بر اطلاعات فنی به دست آمده و با تکیه بر باستان‌شناسی تجربی، روش ساخت ملات مشابه پیشنهاد گردد. نتیجه این مطالعه باعث خواهد شد در آینده مرمتگران بتوانند ملات مناسب را تهیه و برای مرمت و استحکام بخشی این برج ارزشمند استفاده کنند. بخشی از این سازه در سال‌های گذشته مرمت و بازسازی شده که در این راستا، از ملات سیمانی استفاده شده است. هدف از انجام این پژوهش، دستیابی به ویژگی‌های ملات به کار رفته در برج بزرگ از نظر تکنولوژی و همچنین شناسایی و شناخت انواع ملات (در صورت وجود ملات بیش از یک نوع) در بخش‌های باقی مانده برج بزرگ ربع رشیدی است.



▲ تصویر ۱: موقعیت قرارگیری برج بزرگ ربع رشیدی در محوطه تاریخی ربع رشیدی (earth.google.com).

Fig. 1: The location of the big tower of Rab-e Rashidi in the historical area of Rab-e Rashidi (earth.google.com).



► تصویر ۲: برج بزرگ ربع رشیدی از دید جنوب غربی (نگارندگان، ۱۴۰۱).

Fig. 2: The large tower of Raba Rashidi from the southwest view (Authors, 2021).

پرسش‌ها و فرضیه‌های پژوهش: با توجه به بخش‌های باقی‌مانده برج بزرگ ربع‌رشیدی و با تکیه بر مطالعات فنی بر روی نمونه ملات‌های تاریخی، چند نوع ملات می‌توان در این سازه متصور بود؟ ملات به‌کار رفته در برج بزرگ جنوبی ربع‌رشیدی از نظر تکنولوژی ساخت چه ویژگی‌هایی دارد؟ به نظر می‌رسد بیش از یک نوع ملات در بین مصالح سنگی در بخش‌های مختلف برج بزرگ جنوبی ربع‌رشیدی به‌کار رفته است. ملات مورد مطالعه از نوع آهکی و گچ نیم‌کوب و بدون افزوده است.



▲ تصویر ۳: سنگ‌قبری در بدنه برج بزرگ با تاریخ ۷۱۱ ه.ق. (نگارندگان، ۱۴۰۱).
Fig. 3: A tombstone in the body of the big tower with the date 711 A.H. (Authors, 2021).

پیشینه پژوهش

الف: بررسی منابع: در برخی از متون تاریخی به ربع‌رشیدی اشاره شده یا توضیحات مفیدی ارائه شده است که به تعدادی از آن‌ها اشاره می‌شود؛ «حمدالله مستوفی» در کتاب *نزهت‌القلوب* (تألیف ۷۴۰ ه.ق.) درباره ربع‌رشیدی می‌نویسد: «در بالای شهر (تبریز)، وزیر سعید خواجه رشیدالدین، به موضع ولیان کوه، داخل باروی غازانی، شهرچه‌ای دیگر ساخته و آن را ربع‌رشیدی نام کرده و در او عمارات فراوان و عالی برآورده و پسرش وزیر غیاث‌الدین امیرمحمد رشیدی بر آن عمارت بسیار افزوده است» (مستوفی، ۱۳۲۰: ۷۶)؛ در *صفوت‌الصفاء* (تألیف ۷۵۹ ه.ق.) نیز از آمدن «شیخ صفی‌الدین اردبیلی» به تبریز و نزول او به خانقاه رشیدی یاد شده است: «شیخ قدس‌سره، به تبریز آمد. به خانقاه خواجه رشید رسید و در عمارت نزول فرمود» (اردبیلی، ۱۳۷۳: ۲۸۸)؛ گاهی از شعرهای شاعران فارسی زبان، می‌توان مطالبی در مورد بناهای تاریخی و وقایع تاریخی استخراج کرد. «اوحدی مراغه‌ای» (وفات: ۷۳۸ ه.ق.) صاحب کتاب *جام‌جم*، در وصف ربع‌رشیدی سروده‌ای با نام «سرای معمور»، با این مضمون دارد: ای همایون سرای فرخنده / که شد از رونقت طرب زنده و هم‌چنین در صفت مسجد و مدرسه و خانقاه رشیدی نیز ابیاتی سروده است: ای در علم و خانه دستور / چشم بد باد ز آستان تو دور ... آسمان گشت و کوکبی انبوه / آسیابان بر آب بلیان کوه... مال تبریز خرج خوان تو نیست / مال سرخاب را توان تو نیست (اوحدی مراغه‌ای، ۱۳۴۰: ۴۹۶ تا ۴۹۸)؛ «کمال خجندی» مربوط به سده ۸ ه.ق. (خجندی، ۱۳۷۲: ۳۸۶)؛ حاشیه‌نویسی جامع‌التواریخ توسط «حافظ ابرو» در سده ۸ ه.ق. (حافظ ابرو، ۱۳۵۰: ۲۳۱)؛ کتاب *تذکره‌الشعرا* اثر «دولت‌شاه سمرقندی» (۸۴۲-۹۰۰ ه.ق.)، (سمرقندی، ۱۳۸۲: ۲۱۷)؛ تاریخ عالم‌آرای عباسی (اسکندریبگ ترکمان، ۱۳۹۰، جلد ۱: ۳۸۲)؛ «شاردن» سیاح معروف فرانسوی که در سال ۱۰۸۴ ه.ق. به ایران سفر کرده است، در سیاحت‌نامه خود می‌نویسد: «در خارج تبریز در طرف مشرق، یک قلعه عظیم کاملاً مخروبه‌ای مشاهده می‌گردد که قلعه رشیدی نامیده می‌شود. این بنا ۴۰۰ سال پیش توسط خواجه رشیدالدین فضل‌الله، صدراعظم غازان به وجود آمده است... شاه عباس کبیر هنگام مشاهده این قلعه مخروبه، چون ملاحظه کرد که موقعیت آن برای شهر مناسب و مسلط بر شهر تبریز می‌باشد، در حدود ۱۰۰ سال پیش دستور تجدید بنای رشیدی را صادر کرد، اما جانشینان این پادشاه نظریه مغایری دارند و گذاشته‌اند که این بنا هم چنان منهدم گردد»

(شاردن، ۱۳۳۵، ج ۲: ۴۰۶). «نادر میرزا» (۱۲۴۲-۱۳۰۳ ه.ق.) در کتاب تاریخ جغرافیایی دارالسلطنه تبریز، از آثار به جا مانده از ربع رشیدی در تبریز یاد می‌کند و می‌نویسد: «این جا شهری محکم و حصین بود بدان سان که من در تبریز آمده‌ام اثری بسیار از آن به جا بود و جبل سرخاب همه از آجر و گچ. من و هم سالان بدان جاها به تفریح همی شدیم با مودب و ملازم خانه‌ها بود و طاق‌ها و دیوارها بیشتر مقرنس و سنگی هم یک‌رو تراش کرده، بر اصل دیوارها به کار برده. بومیان تبریز این جا را رشیدیه گفتند» (نادر میرزا، ۱۳۶۰: ۱۴۱) و هم‌چنین در منابعی (مانند: پیرنیا، مشیرالدوله و اقبال‌آشتیانی، ۱۳۸۷: ۸۰۱) در خصوص ربع رشیدی اطلاعات مفیدی ارائه شده است. برخی از پژوهشگران معاصر، از متن وقف‌نامه ربع رشیدی و مکاتیب رشیدی استفاده کرده‌اند تا فضای ربع رشیدی را بازسازی کنند (بلر، ۱۳۸۷؛ سعیدنیا، ۱۳۸۱؛ کی‌نژاد و بلالی اسکویی، ۱۳۹۰؛ شکاری نیری و همکاران، ۱۳۹۸)، اما می‌دانیم که از فضای بزرگ بازسازی شده این عمارت، امروزه تنها خرابه‌هایی برجا مانده است.

ب: مروری بر روش‌های مطالعاتی: در خصوص ساختارشناسی ملات در بناهای تاریخی در دنیا مطالعات زیادی انجام شده است. در جدول ۱، به صورت مختصر به تعدادی از پژوهش‌ها اشاره شده است.

جدول ۱: پژوهش‌های انجام شده در حوزه ساختارشناسی ملات در بناهای تاریخی (نگارندگان، ۱۴۰۱).

Map 1: Researches carried out in the field of mortar structure in historical buildings (Authors, 2021).

ردیف	نام بنا و کشور	قدمت اثر	روش مطالعه	منبع مطالعاتی
۱	ملات‌های محوطه باستان‌شناختی بائلو کلودیا در اسپانیا		پتروگرافی، آنالیزهای حرارتی، چگالی سنجی XRD, XRF, SEM-EDS, computed tomography, physisorption, Hg porosimetry	(Pineda et al., 2022)
۲	ملات‌های دیوار در هانگژو، چین	۱۸۰۰ سال	عملکردهای مکانیکی، ویژگی‌های فیزیکی، نسبت دانه-های پرکننده به چسباننده ملات	(Qian et al., 2022)
۳	بنایی در شمال هند	۸۵۰ سال	آنالیزهای مقطع نازک، آنالیزهای حرارتی، میکروسکوپ XRD, SEM, FTIR, XRF	(Singh et al., 2020)
۴	معبد راماپا در هند	۸۰۰ سال	XRD, SEM-EDS, XRF, TG-DTA, FTIR	(Degloorkar & Pancharathi, 2020)
۵	بناهایی در روستایی در والنسیا، اسپانیا		ترکیب تجزیه و تحلیل پتروفیزیک و شیمیایی	(Garcia et al. 2018)
۶	معبد رومی دیانا در مریدیا، اسپانیا		POM, TGA-DSC, XRD, XRF	(Ergenc & Fort González, 2017)
۷	آثار هلنی-رومی	۲۲۵۰ سال	میکروسکوپ نوری و XRD, SEM-EDS	(Giuseppe et al., 2016)
۸	آرامگاه نور جهان در لاهور، پاکستان	معاصر	XRD, SEM-EDS, PLM	(Saima et al., 2014)
۹	قلعه‌های نظامی، لیسبون، پرتغال	حدود ۴۰۰ سال	XRD, SEM-EDS, PLM, DTA, TG	(Santos Silva et al., 2011)
۱۰	وال د لوریه در فرانسه		مقاومت و ویژگی‌های پایداری، انتقال آب و ویژگی‌های فیزیکی-شیمیایی ملات	(Beck & Al-Mukhtar, 2008)

(Freidin & Meir, 2005)	XRD, SEM-EDS		کلیسایی در ارتفاعات نگو در فلسطین	۱۱
(Montoya et al., 2004)	XRD, DTA-TGA		کلیسای سانتا ماریا د ایراکه	۱۲
(حمزوی، ۱۴۰۰)	XRD, XRF, SEM-EDS	حدود ۷۰۰ سال	بقعه سید شمس الدین، یزد، ایران	۱۳
(ماهیاری و همکاران، ۱۴۰۰)	XRD	حدود ۱۰۰۰ سال	برج لاجیم و رسکت و رادکان، ایران	۱۴
(حمزوی و همکاران، ۱۴۰۰)	FT-IR, EDS, XRD	حدود ۴۰۰ سال	کاروانسرای گنجعلی خان کرمان، ایران	۱۵
(رازانی و حمزوی، ۱۳۹۷)	XRD, XRF، پتروگرافی مقطع نازک	حدود ۷۰۰ سال	معبد ورجووی، مراغه، ایران	۱۶
(میش مست‌نهی، ۱۳۹۴)	XRD, SEM	حدود ۲۰۰۰ حدود ۱۰۰۰ حدود ۱۱۵۰	کاخ کوه خواجه در سیستان، تپه شادیاخ نیشابور و قلعه الموت	۱۷
(میردریگوندی و همکاران، ۱۳۹۴)	XRD, XRF	حدود ۱۶۰۰ سال	پل شاپوری خرم‌آباد	۱۸

مواد و روش

الف: نمونه برداری

برای شناسایی مواد تشکیل دهنده نمونه ملات‌های تهیه شده، که بخش کمی و نیمه کمی این پژوهش است، از میکروسکوپ‌ها و آنالیزهای شیمیایی استفاده شده است. نمونه‌ها هم از سطح و هم از عمق برداشته شد (جدول ۲؛ تصویر ۴-۶).

ب: ابزار آزمایشگاهی

میکروسکوپ دیجیتالی (Digital microscope): میکروسکوپ دیجیتالی استفاده شده دارای یک دوربین دیجیتالی کوچک (cmos) است و به یک رایانه متصل می‌شود. در پژوهش حاضر، از میکروسکوپ دیجیتالی Dino-Lite plus با بزرگ‌نمایی $65 \times$ استفاده شده است.

XRD: برای شناسایی و تشخیص فازهای بلورین موجود در نمونه ملات‌ها، از آنالیز پراش پرتو ایکس به روش پودری استفاده شد. این آنالیزها به وسیله دستگاه دیفراکتومتر مدل PW1800 ساخت شرکت PHILIPS هلند (لامپ پرتو ایکس با هدف از جنس مس با حداکثر اختلاف پتانسیل 40kV و حداکثر شدت جریان 30mA، نمونه ثابت و آشکارساز سوزن) تحت زاویه 0.2° و زاویه تابش 5-6 درجه انجام شده است.

XRF: دستگاه XRF ساخت شرکت Philips مدل: PW1800، تولید شده در سال ۲۰۰۴م. است. این دستگاه به کاتد مولیبدن، یک پنجره برلیومی ۱۰۰ میکرونی و آشکارساز CCD خنک‌شونده با سیستم Peltier مجهز شده است. شعاع پرتو ایکس

جدول ۲: مشخصات نمونه‌های مطالعاتی ملات، برج بزرگ ربع رشیدی (نگارندگان، ۱۴۰۱).
Map 2: Characteristics of Mortar Study Samples, the big tower of Rab-e Rashidi (Authors, 2021).

تصویر	مطالعات آزمایشگاهی	محل نمونه‌برداری	کد نمونه
	XRD XRF SEM-EDS FT-IR پتروگرافی	ضلع شرقی برج بزرگ، لایه سطحی، ۴۰ سانتی متری عمق زمین (سونداژ عمودی تیم باستان‌شناسی)	2019.RR.1
		ضلع شرقی برج، ارتفاع چهار متر از سطح زمین، عمق یک متری داخل دیواره	2019.RR.2
		ضلع شرقی برج بزرگ، ملات کف، ۱۸۰ سانتی متری عمق زمین (سونداژ عمودی تیم باستان‌شناسی)	2019.RR.3
		ضلع غربی برج، ارتفاع چهار متر از سطح زمین، عمق سه متری داخل دیواره	2019.RR.4
		ضلع شمالی برج، ارتفاع یک و نیم متر از کف خاکی چسبیده به برج، لایه سطحی	2019.RR.5

► تصویر ۴: ضلع شرقی برج بزرگ ربع رشیدی؛ مشخص کردن محل نمونه‌برداری، محل نمونه ۱، ۲ و ۳ (نگارندگان، ۱۴۰۱).

Fig. 4. The eastern side of the big tower of Rab-e Rashidi; Determining the sampling location 1, 2 and 3 (Authors, 2021).



برروی نمونه‌ها یک میلی‌متر و اندازه‌گیری‌ها در هوا به مدت ۱۲۰ ثانیه در اختلاف پتانسیل و شدت جریان به ترتیب ۲۵ kV و ۱۵۰۰ μ A انجام شد.

FT-IR: در پژوهش حاضر برای انجام طیف‌سنجی مادون قرمز تبدیل فوریه از دستگاه FT-IR Spectrometer مدل FT/IR-680Plus ساخت شرکت Jasco کشور ژاپن متصل به نرم‌افزار Spectra Manager نسخه ۱، ۵۳، ۰۱ در دانشگاه هنر اسلامی تبریز استفاده شد. روش آماده‌سازی نمونه‌های ملات برای انجام آنالیز به این صورت است: نمونه‌های پودر شده برای آنالیز هرکدام به صورت جداگانه به نسبت

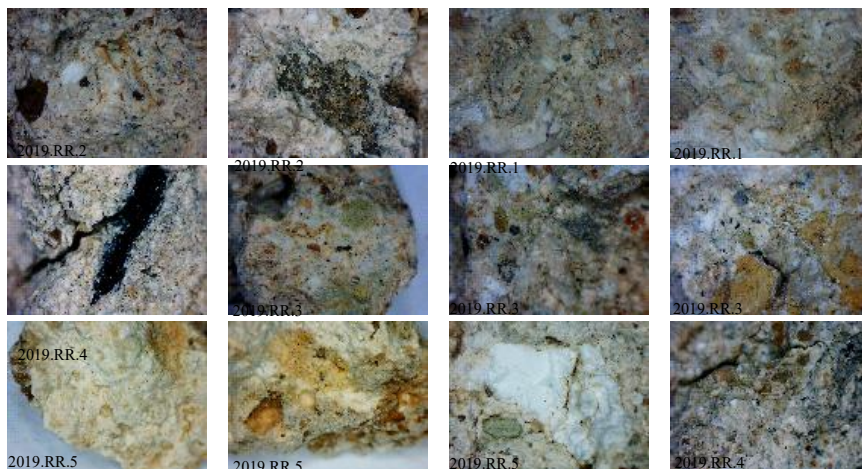
۱ به ۱۰۰ با بلور برمید پتاسیم (KBr) مخلوط شده و ساییده شد. پس از تهیه قرص، کلیه طیف‌ها طی ۳۲ پیمایش با کیفیت (رزولیشن) ۱۴-cm در محدوده ۱۴۰۰۰-۱۴۰۰۰ الی ۴۰۰ تست شدند. قبل از هر آنالیز، دستگاه با قرص برمید پتاسیم (KBr) کالیبره می‌شد.

SEM/EDX: برای انجام این آنالیز از دستگاه Sigma متعلق به شرکت زایس ساخت کشور آلمان موجود در آزمایشگاه مرکز پژوهش‌های کاربردی سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور (کرج)، استفاده شد. آنالیز با ۱۰ kV ولتاژ شتاب‌دهنده و Signal A= SE2 انجام گرفته است.

مطالعه پتروگرافی: نمونه‌ها در آزمایشگاه پتروگرافی پژوهشکده حفاظت و مرمت آثار مقطع نازک تهیه و با میکروسکوپ پلاریزان مدل James Swift ساخت کشور انگلستان مطالعه شدند. روش مورد استفاده در این آزمایش تهیه مقطع نازک یا Thin Section است. در این بررسی از میکروسکوپ پلاریزان مدل James Swift و بزرگ‌نمایی ۴X استفاده شده است.

نتایج و بحث در یافته‌ها

الف) میکروسکوپ دیجیتال: جهت بررسی ویژگی‌های ظاهری پنج نمونه تهیه شده، بررسی‌های اولیه با میکروسکوپ دیجیتال انجام گرفت (تصویر ۷).



در مشاهده چشمی (چشم غیر مسلح) ملات‌ها تقریباً سفید و یک‌دست دیده می‌شوند. زمانی که با بزرگ‌نمایی ۶۵ برابر، قسمت‌های مختلف نمونه‌ها مورد بررسی قرار گرفت؛ مشاهده شد که به هیچ عنوان ملات یک‌دست و یک‌رنگ نبوده و دارای دانه‌بندی، بافت و اجزای متنوع و متفاوتی است. ملات دارای دانه‌بندی ریز است؛ ولی دانه‌های دیگر که به مقدار زیادی هم در ساختار ملات دیده می‌شود، با اندازه‌های مختلف وجود دارد. احتمال این‌که به صورت عمدی موادی مانند ماسه و خاک به ملات اضافه شده باشد، زیاد است. توضیح دانه‌ها از نظر تعداد و فاصله و حتی رنگ و جنس در چهار نمونه اول اصلاً یکنواخت نیست، ولی در نمونه 2019.RR.5 وضعیت کمی متفاوت است. ملات‌ها دارای بافتی نسبتاً متخلخل



▲ تصویر ۵: ضلع غربی برج بزرگ؛ محل نمونه ۴ (نگارندگان، ۱۴۰۱).

Fig. 5: The west side of the big tower; Sample location 4 (Authors, 2021).



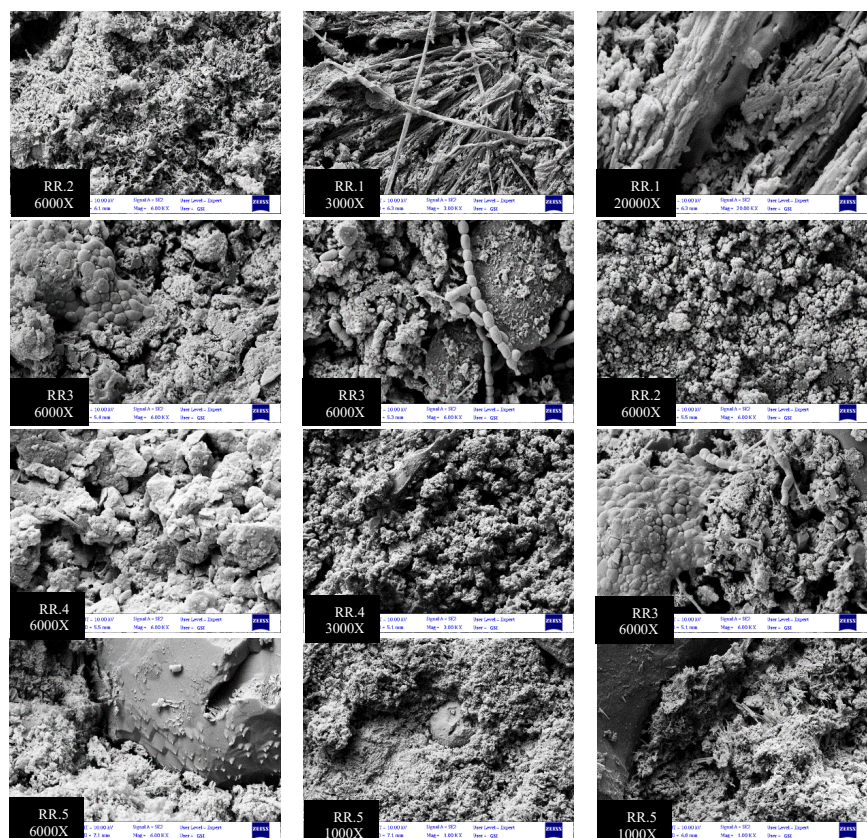
▲ تصویر ۶: ضلع شمالی برج بزرگ؛ محل نمونه ۵ (نگارندگان، ۱۴۰۱).

Fig. 6: North side of the big tower; Sample location 5 (Authors, 2021).

تصویر ۷: تصاویری از پنج نمونه مطالعاتی با بزرگ‌نمایی ۶۵ برابر، میکروسکوپ دیجیتال، بررسی ویژگی‌های ظاهری (نگارندگان، ۱۴۰۱).
Fig. 7: Images of five study samples with 65x magnification, digital microscope, examination of appearance characteristics (Authors, 2021).

است. هم‌چنین ذراتی با رنگ‌های مختلف در این ملات‌ها دیده می‌شود. در نمونهٔ RR.2.2019 در برخی قسمت‌ها رنگ خاکستری و خاکستری متمایل به سبز دیده می‌شود. احتمال وجود خاکستر یا ذغال چوب به صورت اندک و پراکنده در ملات وجود دارد. در نمونهٔ RR.3.2019، دانه‌هایی به رنگ آگر دیده می‌شود که شبیه به اُخرای زرد است که احتمالاً در خاک معدن وجود داشته است؛ هم‌چنین دانه‌های سیاه ذغال در این نمونه ملات دیده می‌شود. میزان ریزترک‌ها در نمونهٔ RR.4.2019 نسبت به نمونه‌های دیگر بیشتر و دانه‌های سنگ کمتر است. نمونهٔ RR.5.2019 ملاتی نسبتاً یک‌دست و یکنواخت و با رنگ متمایل به سفید است. دانه‌های سفید خالص زیاد است. نمونهٔ حاضر، دانه‌های سنگ و دانه‌های رنگی نسبت به دیگر نمونه‌ها بسیار کمتر و در مجموع، دانه‌بندی ریزتری دارد. در عین حال، دانه‌های آگر در برخی قسمت‌ها دیده می‌شود. تخلخل (محل حباب‌ها) نسبتاً زیاد است.

ب) میکروسکوپ الکترونی روبشی: پنج نمونهٔ مورد مطالعه ملات، با میکروسکوپ الکترونی روبشی مورد بررسی و مطالعه قرار گرفت و تصاویری با بزرگ‌نمایی‌های مختلف تهیه شد که تعدادی از آن‌ها در این پژوهش ارائه می‌گردد (تصویر ۸).



► تصویر ۸: تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی از پنج نمونهٔ مورد مطالعه، بزرگ‌نمایی از ۱۰۰۰ الی ۲۰۰۰۰ برابر (نگارندگان، ۱۴۰۱).

Fig. 8: SEM images of five studied samples, magnification from 1000 to 20000 X (Authors, 2021).

در تصاویر مربوط به نمونه‌های RR.1.2019 و RR.3.2019 دو بخش قابل بررسی وجود دارد؛ بخش معدنی و بخش آلی. بخش معدنی بلورهای کلسیت و کوارتز را

نشان می‌دهد که در برخی قسمت‌ها دارای تراکم بالا و در برخی بخش‌ها دارای تخلخل بالا است. گاهی دانه‌های ماسه به اندازه بزرگ (در مقیاس تصاویر تهیه شده) دیده می‌شود که در آن قسمت‌ها، تراکم بلورهای کلسیت نسبت به دیگر قسمت‌ها بیشتر است؛ در واقع می‌توان گفت اگر در ملات آهکی، میزان قابل توجهی از ماسه با پراکندگی یکنواخت وجود داشته باشد، استحکام ملات نسبت به حالت عادی (بدون ماسه) بیشتر است. بخش دوم قابل بررسی، بخش آلی است که مربوط به میکروارگانیزم‌ها است. رشد قارچ و نفوذ آن به ساختار ملات کاملاً مشهود است. از طرفی، این نمونه‌های ملات مربوط به عمق زمین و پی برج بزرگ است که در رطوبت زیر زمین، رشد قارچ دور از ذهن نیست. در نمونه RR.2.2019 تراکم بلورهای کلسیت و کوارتز به خوبی دیده می‌شود. در بین این بلورها، بلورهای مربوط به کانی‌های رُسی نیز دیده می‌شود که از نظر اندازه، بسیار کوچک هستند و از نظر مقدار نیز نسبت به کلسیت و کوارتز، بسیار کمتر دیده می‌شوند. نمونه RR.4.2019 وضعیت قرارگیری بلورها و انسجام بلورها در این نمونه، نسبت به سه نمونه قبل، از رشد و انسجام بهتری برخوردار است. بلورهای کلسیت، کوارتز و کانی‌های رُسی دیده می‌شود؛ از جمله بلورهای قابل مشاهده در این نمونه، آلبیت است. آلبیت با فرمول شیمیایی $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ و با سیستم تبلور تری کلینیک و رخ کامل، یک کانی پلاژیوکلاز فلدسپار است. این کانی از نظر رده‌بندی جزو سیلیکات‌ها دسته‌بندی می‌شود. نمونه RR.5.2019 نسبت به همه نمونه‌های پیشین، خالص‌تر به نظر می‌رسد و بلورهای مربوط به کانی‌های رُسی کم دیده می‌شود. به صورت مشخص، بلورهای کلسیت و کوارتز دیده می‌شود که هم‌نشینی خوبی باهم دارند. تخلخل بلورها نسبتاً کم است. در برخی قسمت‌ها شاهد میکروارگانیزم‌ها هستیم (تصویر ۸).

ج) آنالیز XRD: از پنج نمونه مورد مطالعه ملات، آنالیز فازی تهیه شد (جدول ۳). در نتیجه آنالیز مشخص شد که فازهای اصلی نمونه‌های RR.1.2019 و RR.2019. RR.2 و RR.3.2019 مانند هم (کلسیت، کوارتز و آلبیت) است. در نمونه RR.4.2019 اتوکلاز به سه فاز اصلی پیشین اضافه شده است. در نمونه RR.5.2019 فازهای اصلی، فقط کوارتز و کلسیت است. به جز نمونه RR.4.2019، در نمونه‌های مورد مطالعه، فازهای فرعی بیشتر از فازهای اصلی شناسایی شده است. همه نمونه‌های مورد مطالعه، ملات آهکی است که میزان قابل توجهی ترکیبات سیلیکاته دارد؛ هم‌چنین برخی از کانی‌های رُسی نیز در نمونه وجود دارد که می‌تواند مربوط به خاک افزوده یا ناخالصی سنگ آهک باشد. در نمونه RR.2.2019 و RR.3.2019 و RR.4.2019 میزان هماتیت بسیار ناچیز است و در حدی نیست که رنگ ملات را تغییر دهد. نمونه RR.5.2019 نسبت به نمونه‌های قبل، خلوص بیشتری دارد و مخلوط آهک و ماسه است با مقداری خاک.

د) آنالیز XRF: جهت تکمیل اطلاعات فنی و ساختاری نمونه‌های مورد مطالعه از ملات برج بزرگ ربع رشیدی، آنالیز عنصری XRF نیز انجام پذیرفت (جدول ۴). نمونه RR.1.2019 الی RR.4.2019 تقریباً شبیه به هم هستند. بیشترین میزان مربوط به ترکیب اکسیدی SiO_2 است. در مرحله بعد، اکسید کلسیم میزان زیادی

جدول ۳: نتیجه آنالیز فاز XRD از پنج نمونه مورد مطالعه (نگارندگان، ۱۴۰۱).
Map 3: The result of XRD analysis of five studied samples (Authors, 2021).

	RR.1	RR.2	RR.3	RR.4	RR.5	Sample	
							Min
Date: 13.02.2022 kV = 40 mA = 30 Ka. = Cu Fil. = Ni Major Phase(s) ■ Minor Phase(s) ■	√	-	-	-	-	Dolomite	CaMg(CO ₃) ₂
	√	√	√	√	√	Calcite	CaCO ₃
	√	√	√	√	√	Quartz	SiO ₂
	-	√	√	√	-	Chlorite (Mg,Fe) ₆ (Si,Al) ₄ O ₁₀ (OH) ₈	
	√	√	√	√	√	Albite	(Na,Ca)(Si,Al) ₄ O ₈
	√	√	√	√	√	Muscovite - illite	KAl ₂ Si ₃ AlO ₁₀ (OH) ₂
	√	√	-	-	-	Montmorillonite	Ca _{0.2} (Al,Mg) ₂ Si ₄ O ₁₀ (OH) ₂ · xH ₂ O
	√	√	√	√	√	Orthoclase	KAlSi ₃ O ₈
	√	-	-	-	-	Kaolinite	Al ₂ Si ₂ O ₅ (OH) ₄
	-	√	√	√	-	Hematite	Fe ₂ O ₃

جدول ۴: نتیجه آنالیز XRF از پنج نمونه مورد مطالعه، مربوط به بخش‌های مختلف برج بزرگ ربع رشیدی (نگارندگان، ۱۴۰۱).
Map 4: The result of XRF analysis of the five studied samples, related to different parts of the big tower of Rab-e Rashidi (Authors, 2021).

Sample	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %	CaO %	Na ₂ O %	K ₂ O %	MgO %	TiO ₂ %	MnO %	P ₂ O ₅ %	SO ₃ %	L.O.I %
2019.RR.1	40.02	8.42	4.00	17.74	1.00	1.83	2.88	0.457	0.142	0.228	0.73	21.82
2019.RR.2	38.08	7.85	3.50	22.23	0.69	1.52	2.20	0.416	0.124	0.194	0.62	22.21
2019.RR.3	34.02	7.00	3.51	21.27	1.04	1.37	2.24	0.326	0.099	0.194	2.31	25.51
2019.RR.4	43.46	8.22	3.19	18.73	1.09	1.39	1.88	0.393	0.061	0.184	0.28	20.75
2019.RR.5	24.66	5.31	2.04	29.00	1.00	1.00	2.55	0.229	0.051	0.189	0.96	31.06

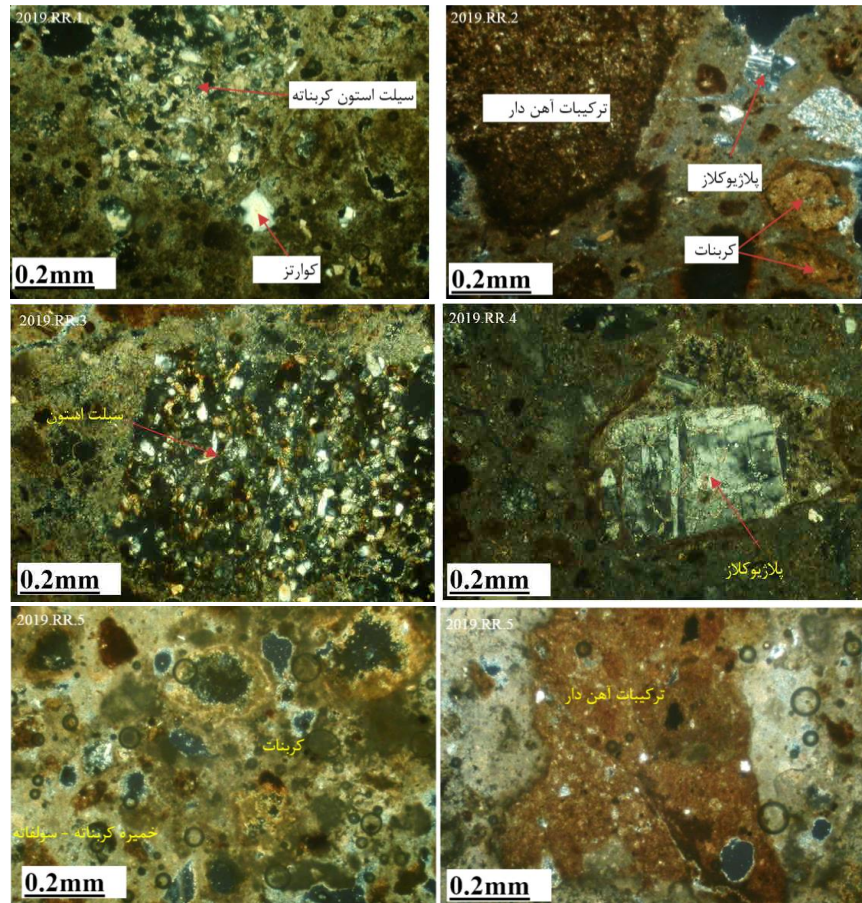
را به خود اختصاص داده است. ارتباط مستقیم و منطقی بین مقدار و نسبت بین سیلیسیوم و کلسیم وجود ندارد. گاهی با کم شدن میزان سیلیسیوم، مقدار کلسیم هم کم شده و گاهی دقیقاً عکس این قضیه رخ داده است. ترکیب اکسیدی آلومینیوم هم نسبتاً درصد بالایی را به خود اختصاص داده که مربوط به خاک است. ترکیب اکسیدی آهن هم تقریباً در همه نمونه‌ها با اختلاف کمی وجود دارد. دیگر عناصر، مقدار بسیار ناچیزی به خود اختصاص داده‌اند که می‌تواند مربوط به خاک باشد. همه این عناصر در همه نمونه‌ها در یک رنج هستند و اختلاف زیادی بین آن‌ها دیده نمی‌شود. نمونه RR.5.2019 که مربوط به ضلع شمالی برج بزرگ ربع رشیدی است اندک تفاوتی با دیگر نمونه‌ها دارد. میزان سیلیسیوم در آن نسبت به دیگر نمونه‌ها کمتر و میزان کلسیم نسبت به دیگر نمونه‌ها بیشتر است. در واقع این نمونه ملات آهکی از خلوص بیشتری برخوردار است.

ه) پتروگرافی: پنج نمونه مورد مطالعه، در ظاهر به رنگ سفید تا کرم روشن و حاوی کانی‌ها و اذخالی‌های تیره رنگ است. به علت سست بودن نمونه‌ها، هر

نمونه در رزین غوطه‌ور و پس از استحکام، مقطع نازک تهیه شد (تصویر ۹). پنج نمونه مورد بررسی دارای بافت ناهمگن بوده و کانی‌های مختلفی مانند: کوارتز، ماسه سنگ، سیلت استون (کوارتز و کانی‌های خاک Siltstone)، پلاژیوکلاز (مجموعه کانی‌های سیلیکات‌های شبکه‌ای در گروه فلدسپات Plagioclases)، قطعات سنگ آذرین، قطعات سنگ دگرگونی، سنگ آهک، قطعات کانی کلسیت و ترکیبات رُسی آهن دار در ماتریکس نمونه‌ها به صورت پراکنده و انکلوژیون دیده می‌شود. ترکیب خمیره یا ماتریکس نمونه‌ها کربناته است. نمونه‌های مورد مطالعه تقریباً یکسان بوده و تفاوت اصلی آن‌ها در میزان درصد فراوانی هر یک از مواد ذکر شده فوق است. کانی کوارتز در این نمونه‌ها به دو فرم فنوکریست و پلی کریستال دیده می‌شود و در حدود ۵٪ حجم نمونه‌ها را تشکیل داده است. کانی پلاژیوکلاز، قطعات سنگ آذرین و سنگ دگرگونی، از جمله موادی هستند که فراوانی خیلی کم و محدودی در خمیره ملات‌ها دارد. سنگ آذرین در نمونه شماره RR.3.2019 دیده شده است و سنگ دگرگونی در نمونه شماره RR.4.2019 دیده می‌شود. کانی پلاژیوکلاز در همه نمونه‌ها به میزان خیلی جزئی یافت می‌شود. سنگ آهک و ترکیبات کربناته به وفور در تمام نمونه دیده می‌شود. این ترکیبات به صورت ترکیب خمیره و یا به صورت قطعات مجزا در خمیره ملات‌ها وجود دارد. از دیگر اجزا فراوان که در همه نمونه‌ها دیده می‌شود می‌توان به ترکیبات رُسی آهن دار اشاره نمود که به صورت قطعات درشت و پراکنده و با رنگ تیره-قهوه‌ای و قرمز در خمیره نمونه‌ها قابل مشاهده است. ماسه سنگ و سیلت استون موجود در نمونه‌ها از نوع آهکی بوده (کالک آرنایت Calc-arnite) و ترکیب کربناته دارند.

نمونه RR.1.2019 خمیره کربناته دارد و قطعاتی از کوارتز، پلاژیوکلاز، ترکیبات رُسی آهن دار، کلسیت و کالک آرنایت در خمیره آن دیده می‌شود. نمونه RR.2.2019 خمیره کربناته-سولفات‌ها دارد و قطعاتی از: کوارتز، پلاژیوکلاز، سنگ آهک و کلسیت، ترکیبات رسی آهن دار و ماسه سنگ در خمیره آن دیده می‌شود. نمونه RR.3.2019 خمیره کربناته دارد و قطعاتی از: کوارتز، سنگ آذرین، پلاژیوکلاز، ترکیبات رُسی آهن دار و کانی کلسیت در خمیره آن دیده می‌شود. نمونه RR.4.2019 خمیره کربناته-سولفات‌ها دارد و قطعاتی از کوارتز، سیلت استون کربناته، سنگ آهک همراه با قطعات کانی کلسیت، سنگ دگرگونی، پلاژیوکلاز، ترکیبات رُسی آهن دار در خمیره آن دیده می‌شود. نمونه RR.5.2019 خمیره کربناته-سولفات‌ها دارد و قطعاتی از: کوارتز، پلاژیوکلاز، کوارتزیت و ترکیبات رُسی آهن دار در خمیره آن دیده می‌شود. در این نمونه نسبت به نمونه‌های قبل، تراکم کمتری از کانی‌های ذکر شده فوق دیده می‌شود. نمونه RR.5.2019 کمترین تراکم مواد موجود در ماتریکس را دارد است؛ هم‌چنین در این نمونه و نمونه RR.3.2019 کلسیت ثانویه تشکیل شده است که در سه نمونه دیگر این فرآیند دیده نمی‌شود (تصویر ۹).

(و) آنالیز FT-IR: از پنج نمونه ملات برج بزرگ ربع‌رشیدی، طیف FTIR تهیه گردید که هر پنج طیف بر روی یک دیگر منطبق شده است (تصویر ۱۰). همان‌طور که در تصویر مشاهده می‌شود، باندهای جذب هر پنج نمونه بسیار شبیه به هم و

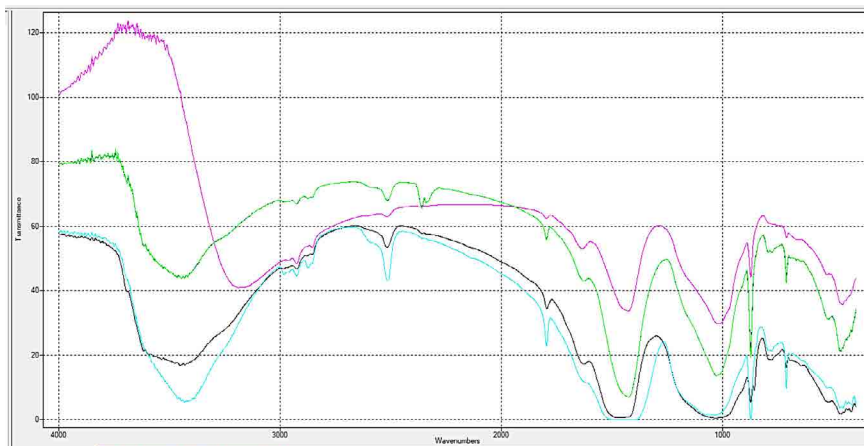


► تصویر ۹: فتومیکروگراف از پنج نمونه مورد مطالعه، نور XPL، طول میدان دید ۲mm (نگارندگان، ۱۴۰۱).

Fig. 9: Photomicrograph of five studied samples, XPL light, field of view length 2 mm (Authors, 2021).

منطبق برهم است. طیف مربوط به نمونه ملات RR.1.2019 و RR.2.2019 کاملاً بر روی هم منطبق شده است و به صورت کاملاً یکسان دیده می شود. همه نمونه‌ها ارتفاعاتی در ۷۱۱ cm-۱ و ۸۷۳ cm-۱ داشته که نوارهای جذبی شاخص کربنات کلسیم است. یک پیک قوی در ۱۴۲۳ cm-۱ و یک پیک نسبتاً ضعیف در ۲۵۰۸ cm-۱ دیده می شود که به یون‌های کربنات CO_3^{2-} برمی گردد. پیک بعد از ۳۰۰۰ cm-۱ که در همه نمونه‌ها وجود دارد، مربوط به O-H و پیک ۱۶۱۷ cm-۱ مربوط به H-O-H است (Gadsden, 1975).

لازم به ذکر است، بخش بزرگی از مطالعات باستان‌شناختی مجموعه ربع رشیدی (ابهامات باستان‌شناسی)، مربوط به ملات در لایه‌های مختلف در همه سازه‌های مجموعه است. در مطالعات دیگر، باید ملات سازه و هم چنین ملات اندود (هر جایی که وجود دارد و باقی مانده است) مورد مطالعه فنی قرار گیرد. در ادامه، تحلیلی بر روی نتیجه مطالعات همه نمونه‌ها انجام پذیرد. پس از آن، می توان گفت که در مجموعه ربع رشیدی ملات‌های موجود دارای چه ساختاری هستند و کدام ملات‌ها از نظر تاریخی در یک دسته قرار می گیرند. این دسته از مطالعات تخصصی که دقت بالایی دارد، می تواند در بحث گاهنگاری تاحدی کمک کند و هم چنین کاربرد ملات و سازه مورد شناسایی قرار گیرد. ملات برج بزرگ (بخش کوچکی از مجموعه



تصویر ۱۰: طیف FT-IR نمونه‌های ملات برج بزرگ ربع رشیدی؛ پنج نمونه با پنج رنگ نمایش داده شده است. نمونه RR.1.2019 و RR.2.2019 کاملاً بر روی هم منطبق شده است. RR.1, 2019, 2019.RR.2, 2019.RR.3, 2019.RR.4, 2019.RR.5 (نگارندگان، ۱۴۰۱).

Fig. 10: FT-IR spectrum of Mortar samples of the big tower of Rab-e Rashidi. Five samples are shown in five colors. The sample 2019.RR.1 and 2019.RR.2 completely overlap. 2019.RR.1, 2019.RR.2, 2019.RR.3, 2019.RR.4, 2019.RR.5 (Authors, 2021).

ربع رشیدی) در پژوهش حاضر مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته که یک قطعه از پازل بزرگ است و نتایج آن در ادامه ارائه می‌گردد.

نتیجه‌گیری

برج بزرگ ربع رشیدی شاهدهی از دوره صفویه است که آثار سنگی (سنگ قبر) دوره ایلخانان مغول نیز در آن به کار رفته است. برخلاف تصور قبلی (که بیش از یک نوع ملات در ساخت این برج به کار رفته)، با تکیه بر مطالعات آزمایشگاهی، این نکته محرز شد که در تمام بخش‌های برج، از جمله پی، ساختار درونی برج و بخش خارجی آن یک نوع ملات از نظر ساختمان و مواد تشکیل دهنده آن اجرا شده است. نمونه RR.5.2019 که از نمای برج در ضلع شمالی برداشته شده است (از ابتدا در معرض هوا و رطوبت بوده)، دارای بافت نرم‌تر و پرکننده ماسه و خاک کمتر نسبت به دیگر نمونه‌ها است (دیگر نمونه‌ها مربوط به عمق سازه و یا پی سازه است). با توجه به محل استفاده ملات و شرایطی که در طول تاریخ داشته، تغییرات اندکی در ساختار ملات ایجاد شده است که در واقع به نوعی فرسایش پیدا کرده است؛ مثلاً ملات پی، به دلیل قرارگیری در شرایط رطوبت نسبتاً زیاد و کم بودن هوا در زیر خاک و هم‌چنین نبود نور، بستری برای رشد میکروارگانیسم‌ها شده است. قارچ‌ها و دیگر میکروارگانیسم‌ها رشد کرده و وارد ساختار ملات شده و به مرور زمان باعث شده استحکام ملات کمتر شود.

هم‌چنین با تکیه بر مطالعات فنی انجام‌گرفته بر روی نمونه ملات‌های برج بزرگ ربع رشیدی می‌توان گفت به جز آهک که ماده اصلی ملات است، ناخالصی‌ها یا افزوده‌ها به ملات شامل دو مرحله می‌شود؛ بخشی به صورت ناخالصی و ناخواسته در سنگ معدن وجود داشته که مراحل پخت و آماده‌سازی را طی کرده و در ملات وجود دارد. بخشی نیز به صورت عمدی در مرحله عمل‌آوری به ملات اضافه شده است؛ مانند ماسه و مقدار کمی خاک. در مرحله عمل‌آوری، میزان آب‌دهی و خیساندن آهک کم بوده است. به این دلیل، دانه‌های درشت‌تر آهک در ملات دیده می‌شود و برخی از آن‌ها بعداً در حضور رطوبت شکفته شده است. شاید به خاطر عجله‌ای که در کار بوده، زمان کافی برای خیساندن آهک نداشته‌اند. میزان پراکندگی ماسه

و خاک در ملات آهک به صورت یکنواخت نبوده و به نظر می‌رسد اهمیتی برایشان نداشته است؛ هم‌چنین دانه بندی ماسه‌ها به صورت یکنواخت و یک اندازه نیست. فقط برای بالا بردن استحکام ملات، مقداری ماسه و خاک به ملات آهکی اضافه شده است. فقط ملاتی که مربوط به نما است، از دانه بندی ریزتری برخوردار است و میزان ماسه در آن کمتر از دیگر نمونه است که نشان می‌دهد برای نمای اثر، زمان بیشتری صرف شده و ملاتی یکنواخت‌تر با دانه بندی ریزتر استفاده شده است. یکی از دلایل استحکام ملات، استفاده از پودر زغال و گاهی خاکستر در ساختار ملات است. هم‌چنین واکنشی که آهک با سیلیسیوم در برج بزرگ ربع رشیدی می‌داده، از دو جا تأمین می‌شده است؛ الف) ماسه‌هایی که به ملات اضافه شده است. ب) مصالح سنگی که برای ساخت برج استفاده شده است. اندازه سنگ‌ها در بدنه برج، یکسان نیست؛ ولی در عین حال سعی شده برای هر روز، یک ضخامت بین ۳۰ الی ۴۰ سانتی‌متری کار شود. اگر ضخامت سنگ زیاد بوده (مانند: سنگ قبرها یا برخی از قطعات سنگی)، فقط یک ردیف سنگ در یک روز اجرا می‌شده است. اگر قطعات سنگ کوچک بوده، دو یا سه ردیف سنگ در یک روز بر روی هم اجرا می‌شده تا به سطح مورد نظر برسد.

سپاسگزاری

نویسندگان لازم می‌دانند از کمک‌ها بی‌دریغ آقای دکتر بهرام آجورلو (مدیر پروژه بین‌المللی ربع رشیدی)، آقای حسین اسماعیلی عتیق (مدیر پایگاه میراث فرهنگی مجموعه ربع رشیدی)، اعضای هیأت علمی و کارکنان دانشکده حفاظت آثار فرهنگی، دانشگاه هنر اسلامی تبریز سپاسگزاری نمایند.

مشارکت درصدی نویسندگان

این مقاله برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی نگارنده اول است و نگارنده دوم در مقام استاد راهنما در نگارش این پژوهش مشارکت فعال داشته‌اند.

تعارض منافع

این مطالعه به منظور بررسی مجدد نمونه‌های مطالعه‌ای است که فرآیند آن‌ها می‌تواند به صورت تجربی تکرار شود؛ از این رو فناوری ملات به کار رفته در برج ربع رشیدی که در برابر زلزله‌های قدرتمند دوره صفویه و اوایل دوره قاجار تبریز کاملاً سالم مانده است، با روش‌های علمی، اعم از میدانی و آزمایشگاهی، تحلیلی و تجربی شناسایی و مطالعه شده است.

کتابنامه

- آجورلو، بهرام، ۱۳۹۶، «گزارش اولین فصل کاوش‌های باستان‌شناسی هیأت بین‌المللی ربع رشیدی تبریز». اداره کل میراث فرهنگی، صنایع دستی و گردشگری آذربایجان شرقی، مرکز اسناد (منتشر نشده).

- آجورلو، بهرام، ۱۳۹۷، «گزارش دومین فصل کاوش‌های باستان‌شناسی هیأت بین‌المللی ربع‌رشیدی تبریز». اداره کل میراث فرهنگی، صنایع دستی و گردشگری آذربایجان شرقی، مرکز اسناد (منتشر نشده).
- اردبیلی، ابن‌بزاز، ۱۳۷۳، صفوت الصفا. مصحح: غلامرضا طباطبایی مجد، بی‌جا: بی‌تا.
- اسکندریک ترکمان، ۱۳۹۰، تاریخ عالم آرای عباسی. جلد اول و دوم، به‌کوشش: فرید مرادی، تهران: نگاه.
- اسماعیلی‌سنگری، حسین، ۱۳۸۹، «جایگاه ربع‌رشیدی در تاریخ و تمدن ایران». تاریخ پژوهش، ۴۲ و ۴۳: ۷۹-۹۴.
- اوحدی مراغه‌ای، ۱۳۴۰، دیوان اوحدی مراغی. تصحیح: سعید نفیسی، تهران: امیرکبیر.
- بلر، شیلا، ۱۳۸۷، «معماری و جامعه دوره ایلخانان: تحلیل وقفنامه ربع‌رشیدی». ترجمه مهرداد قیومی، گلستان هنر، ۱۳: ۴۸-۷۳.
- پیرنیا مشیرالدوله، حسن؛ و اقبال آشتیانی، عباس، ۱۳۸۷، تاریخ ایران. چاپ دوم، تهران: باران اندیشه.
- حافظ ابرو، ۱۳۵۰، ذیل جوامع التواریخ رشیدی. مصحح: دکتر خانابا بیانی، تهران: انجمن آثار ملی.
- حمزوی، یاسر، ۱۴۰۰، «مطالعه ساختارشناسی ملاط گچی ایوان بقعه سیدشمس‌الدین یزد (کتیبه کوفی، آرایه گچی قالبی، لایه بستر گچی)». مرمت و معماری ایران، ۱۱ (۲۵): ۳۷-۵۳. DOI: 10.52547/mmi.580.13990415
- حمزوی، یاسر؛ کوچکزایی، علیرضا؛ و نگارستانی، علی‌اصغر، ۱۴۰۰، «ساختارشناسی ملاط رنگی آرایه‌های گچی بوم‌ساب در مدرسه (کاروانسرا) گنجعلی خان کرمان». مطالعات باستان‌شناسی پارسه، ۵ (۱۷): ۲۸۷-۳۰۲. DOI: 10.30699/PJAS.5.17.287
- خجندی، کمال، ۱۳۷۲؛ دیوان کمال خجندی. به‌کوشش: احمد کرمی، تهران: سلسله نشریات ما.
- دیباج، اسماعیل، ۱۳۴۶، «ابنیه باستانی آذربایجان». بررسی‌های تاریخی، ۲ (۵): ۱۳۳-۱۵۰.
- رازانی، مهدی؛ و حمزوی، یاسر، ۱۳۹۷، «ساختارشناسی ملات‌های تاریخی در آرایه‌های معماری و اندود داخلی معبد صخره‌ای ورجووی مراغه». پژوهش باستان‌سنجی، ۴ (۲): ۲۱-۳۳. DOI: 10.29252/jra.4.2.21
- رفیع، کافیه، ۱۳۸۸، «ربع‌رشیدی؛ بزرگترین مجتمع علمی دانشگاهی ایران (قرن هشتم هجری/ سیزدهم میلادی)». مجله تاریخ پزشکی، ۱: ۱۳۱-۱۴۵. DOI: https://doi.org/10.22037/mhj.v1i1.12300
- سعیدنیا، احمد، ۱۳۷۹، «پژوهشی در ربع‌رشیدی». هنرهای زیبا، ۷: ۴۷-۵۸.
- سعیدنیا، احمد، ۱۳۸۱، «بازآفرینی شهرستان رشیدی». هنرهای زیبا، ۱۱: ۲۹-۴۱.

- سمرقندی، دولت‌شاه، ۱۳۸۲، تذکرة الشعراء. به‌کوشش: ادوارد بروان، تهران: اساطیر.
- شاردن، ژان، ۱۳۳۵، سیاحتنامه شاردن. ترجمه محمد عباسی، تهران: امیرکبیر.
- شکاری نیری، جواد؛ طاووسی، محمود؛ و فخاری‌تهرانی، فرهاد، ۱۳۹۸، «ربع رشیدی و تأملی بر طرح‌های بازآفرینی و مطالعات پیرامونی معاصر». علمی مرمت و معماری ایران، ۱۹: ۳۵-۵۱. [DOR: 20.1001.1.23453850.1398.9.19.4.4](https://doi.org/10.1001.1.23453850.1398.9.19.4.4)
- فرهانی‌منفرد، مهدی؛ و طارم، مریم، ۱۳۸۴، «بررسی وضعیت اقتصادی ربع رشیدی در دوره ایلخانی». فصلنامه علوم انسانی دانشگاه الزهراء، ۵۵: ۱۰۷-۱۳۸.
- کی‌نژاد، محمدعلی؛ و بلالی اسکویی، آذیتا، ۱۳۹۰، بازآفرینی ربع رشیدی براساس متون تاریخی. تهران: مؤسسه تألیف ترجمه و نشر آثار فرهنگی.
- ماهیار، شاهین؛ فیروزمندی شیرجینی، بهمن؛ و خمسه، هایده، ۱۴۰۰، «بررسی ساختار ملات اوایل دوره اسلامی براساس نمونه‌های برج‌های آرامگاهی و قلعه‌های شرق مازندران با روش XRD». مطالعات باستان‌شناسی، ۱۳ (۱): ۱۹۱-۲۰۹. <https://doi.org/10.22059/jarcs.2019.269379.142641>
- مستوفی، حمدالله، ۱۳۲۰، نزهت القلوب. تصحیح: محمدعلی فروغی، بی‌جا.
- میردیکوندی، محدثه؛ حاج‌ابراهیم‌زرگر، اکبر؛ و حیدری‌بنی، داریوش، ۱۳۹۴، «شناسایی ملات‌های باستانی پل شاپوری خرم‌آباد و امکان‌سنجی استفاده از آن‌ها در مرمت پل از طریق روش‌های آزمایشگاهی». مرمت و معماری ایران، ۵ (۹): ۴۵-۵۸.
- میش‌مست‌نهی، مسلم، ۱۳۹۴، «کاربرد تحلیل‌های بلورشناسی در مطالعات فنی آثار تاریخی گچی (مطالعه موردی: آرایه‌های گچی کوه خواجه سیستان، ملات گچ شادیاخ نیشابور و ملات گچ قلعه الموت قزوین)». پژوهش باستان‌سنجی، ۱ (۲): ۱۴-۱. [DOI: 10.29252/jra.1.2.1](https://doi.org/10.29252/jra.1.2.1)
- نادرمیرزا، ۱۳۶۰، تاریخ و جغرافیای دارالسلطنه تبریز. شرح از: محمد مشیری، تهران: اقبال.

- Ajorloo, B., 2017, "Report of the first chapter of the archaeological excavations of the Rab-e Rashidi International Committee of Tabriz". General Directorate of Cultural Heritage, Handicrafts and Tourism of East Azerbaijan, Documentation Center (Unpublished, In Persian).

- Ajorloo, B., 2018, "Report of the second chapter of the archeological excavations of the Rashidi Quarter International Committee of Tabriz". General Directorate of Cultural Heritage, Handicrafts and Tourism of East Azerbaijan, Documentation Center (Unpublished, In Persian).

- Ardabili, Ibn-B., 1994, *Safvat alSafa*. Editor: Gholamreza Tabatabai Majd, Bija: Bitā. (In Persian).

- Beck, K. & Al-Mukhtar, M., 2008, "Formulation and characterization

of an appropriate lime-based mortar for use with a porous limestone”. *Environ Geol*, 56: 715-727. DOI: [10.1007/s00254-008-1299-8](https://doi.org/10.1007/s00254-008-1299-8).

- Blair, Sh., 2008, “Architecture and society of the Ilkhanate period: Analysis of Raqidi quarter endowment letter”. Translated by: Mehrdad Qayyumi, *Golestan Honar*, 13: 48-73. (In Persian).

- Chardin, J., 1956, *Chardin Travelogue*. Translated by: Mohammad Abbasi, Tehran: Amirkabir. (In Persian).

- Deglookar, N. K. & Pancharathi, R. K., 2020, “Investigation of microstructure characterization of mortars from 800 years old heritage structures in Southern part of India”. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 34, 102634: 1-12. DOI: [10.1016/j.jasrep.2020.102634](https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2020.102634)

- Dibaj, I., 1967, “Ancient buildings of Azerbaijan”. *Historical Studies*, 2, (5): 133-150. (In Persian).

- Ergenç, D. & Fort González, R., 2017, “Preliminary investigation of the preparation of repair mortars for the Temple of Diana, Mérida, Spain. bibliog”. Special Issue: YOCOCU 2016. Ge-conservación: *publicación digital hispano-lusa de conservación y restauración*, 11: 42-49. DOI: [AATA No.20190101-00142049](https://doi.org/10.20190101-00142049)

- Eskander beig Torkaman, 2011, *History of the Abbasid world*. Volumes one and two, by Farid Moradi, Tehran: Negah. (In Persian).

- Farhani Monfared, M. & Tarom, M., 2005, “Investigating the economic situation of Rashidi quarter in the patriarchal period”. *Journal of Humanities, Al-Zahra University*, 55: 107-138. (In Persian).

- Freidin, C. & Meir, I. A., 2005, “Byzantine mortars of the Negev Desert”. *Construction and building materials*, 19 (1): 19-23. DOI: [10.1016/j.conbuildmat.2004.05.001](https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2004.05.001)

- Gadsden J. A., 1975, *In: Infrared spectra of minerals and related inorganic compounds*. Butterworths, New York.

- García-Esparza, J. A.; Pardo, F. & Palmero, L. M., 2018, “A multianalysis characterization of medieval and vernacular coating mortars in rural Valencia (Spain): an experimental study for a Heritage Action Plan”. *Journal of cultural heritage*, 31: 83-96. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.culher.2017.10.013>

- Hafiz Eyebrow, 1971. *The following are the communities of Rashidi histories*. Editor: Dr. Khanbaba Bayani, Tehran: National Works Association. (In Persian).

- Hamzavi, Y., 2021, “An Investigation into the Characterization of Gypsum Mortar of Seyed Shams-din Monument in Yazd, Iran”. *Maremat & Me'mari-e Iran*, 11 (25): 37-53. DOI: [10.52547/mmi.580.13990415](https://doi.org/10.52547/mmi.580.13990415) (In Persian).

- Hamzavi, Y.; Koochakzaei, A. & Negarestani, A., 2021, “Characterization of Colored Mortar of Boumsab Gypsum Arrays of

Ganjali Khan School (Caravanserai) in Kerman”. *Parseh J Archaeol Stud.*, 5(17): 287-302, DOI:10.30699/PJAS.5.17.287 (In Persian).

- Ismaili Sangari, H., 2010, “The place of Rab-e Rashidi in the history and civilization of Iran”. *Research Date*, 42 & 43: 79-94. (In Persian).

- Kinejad, M. A. & Balali Oskooi, A., 2011, *Recreating Rashidi Quarter based on historical texts*. Tehran: Nashr-e Asar-e Farhangi. (In Persian).

- Khojandi, K., 1993, *Diwan Kamal Khojandi*. By: Ahmad Karami, Tehran: Ma. (In Persian).

- Mahyar, Sh.; Firozmandi-Shirejini, B.; Khamseh, H., 2021, “Investigation of mortar structure in the early Islamic period based on samples of tomb towers and castles in East Mazandaran by XRD method”. *Archaeological Studies*, 13 (1): 191-209. DOI: <https://doi.org/10.22059/jarcs.2019.269379.142641> (In Persian).

- Mirdrikundi, M.; Haj-Ibrahim-Zargar, A. & Heidari Bani, D., 2015, “Identification of ancient mortars of Khorramabad Shapoori bridge and feasibility study of their use in bridge restoration through laboratory methods”. *Restoration and Architecture of Iran*, 5 (9): 45-58. (In Persian).

- Mishmaštnehi, M., 2015, “Application of crystallographic analyzes in technical studies of gypsum historical monuments (Case study: gypsum arrays of Khajeh Sistan mountain, Shadiakh Neishabour gypsum mortar and gypsum mortar of Alamut Qazvin castle)”. *Archaeological Research*, V 1 (2): 1-14. DOI: [10.29252/jra.1.2.1](https://doi.org/10.29252/jra.1.2.1) (In Persian).

- Montoya, C.; Lanás, J.; Arandigoyen, M.; Garcia Casado, P. J. & Alvarez, J. I., 2004, “Mineralogical chemical and thermal characterisations of ancient mortars of the church of Santa Maria de Irache Monastery (Navarra, Spain)”. *Materials and Structures*, 37: 433-439.

- Montana, G.; Randazzo, L. Cerniglia, M.R.; Aleo Nero, C. & Spatafora F., 2016, “Production technology of Early-Hellenistic lime-based mortars originating from a Punic-Roman residential area in Palermo (Sicily). Selected articles presented at Congress of the Italian Archeometry Society Arcavacata di Rende (CS), Italy”. *International journal of conservation science*, 7 (2): 797-812.

- Mostofi, H., 1941, *Nozhat al Qoloob*. Edited by: Mohammad Ali Foroughi, Bija. (In Persian).

- Nader Mirza (1981). History and geography of the royal palace of Tabriz. Description by Mohammad Moshiri, Tehran: Iqbal. (In Persian).

- Ouhadi Maraghi (1961). Diwan Ouhadi Maraghi. Edited by Saeed Nafisi, Tehran: Amirkabir. (In Persian).

- Pirnia Mushir al-Dawla, Hassan; Iqbal Ashtiani, Abbas (2008). History of Iran. Second Edition, Tehran: Baran Andisheh. (In Persian).

- Pineda P.; Medina-Carrasco S.; Iranzo A.; Borau L. (2022). Pore structure and interdisciplinary analyses in Roman mortars: Building

techniques and durability factors identification. *Construction and Building Materials*, Vol 317, 125821, DOI: [10.1016/j.conbuildmat.2021.125821](https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.125821).

- Qian K.; Song Y.; Lai J.; Qian X.; Zhang Z.; Liang Y.; Ruan Sh. (2022). Characterization of historical mortar from ancient city walls of Xindeng in Fuyang, China. *Construction and Building Materials*, Vol 315, 125780, DOI: [10.1016/j.conbuildmat.2021.125780](https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.125780).

- Rafi, K., 2009, "Rab-e Rashidi; The largest university scientific complex in Iran (8th century AH / 13th century AD). *Journal of Medical History*, 1: 131-145. DOI: <https://doi.org/10.22037/mhj.v1i1.12300>

- Razani, M. & Hamzavi, Y., 2018, "Characterization of Historic Mortar from the Architectural Decoration and Plaster of Rocky Temple of Verjuy in Maragheh Iran". *Journal of Research on Archaeometry*, 4 (2): 21-33. DOI: [10.29252/jra.4.2.21](https://doi.org/10.29252/jra.4.2.21) (In Persian).

- Saidnia, A., 2000, "Research in Rab-e Rashidi". *Fine Arts*, 7: 47-58. (In Persian).

- Saidnia, A., 2002, "Reconstruction of Rashidi city". *Fine Arts*, 11: 29-41. (In Persian).

- Saima, G.; Chaudhry, M. N.; Burg, J.-P. & Saeed, S. A., 2014, "Characterization of mortars from the Nur Jahan Tomb, Lahore, Pakistan. 37 refs". *International journal of conservation science*, 5 (2): 151-160. URL: www.ijcs.uaic.ro

- Samarkandi, Dolatshah (2003). *Tazkerat o Shoara*. Edward Brown, Tehran: Asatir. (In Persian).

- Santos Silva, A.; Cruz, T.; Paiva, M. J.; Candeias, A.; Adriano, P.; Shiavon, N. & Mirão, J. A. P., 2011, "Mineralogical and chemical characterization of historical mortars from military fortifications in Lisbon harbour (Portugal), 34 refs". *Environmental earth sciences*, 63 (7-8): 1641-1650. DOI: [10.1007/s12665-011-0985-0](https://doi.org/10.1007/s12665-011-0985-0)

- Shekari Niri, J.; Taavusi, M, & Fakhar-e Tehrani, F., 2019, "Rashidi Quarter and a reflection on contemporary reconstruction projects and studies". *Maramat va Memari-e Iran*, 19: 35-51. URL: <http://mmi.aui.ac.ir/article-1-562-fa.html> (In Persian).

- Sanjeev, K.; Bhushan Dighe, M. & Singh, R., 2020, "Characterization of 12th-century brick-lime stepwell plasters from New Delhi, India". *Journal of Archaeological Science: Reports*, 29, 102063: 1-13. DOI: [10.1016/j.jasrep.2020.102063](https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2020.102063)