



اثر فصلنامه علمی فنی هنری ۸۰

بهار ۱۳۹۷

شماره استاندارد بین المللی: ۱۶۴۷-۱۰۲۴

شماره استاندارد بین المللی الکترونیکی: ۴۱-۳۵-۲۲

درجه علمی: علمی ترویجی

صاحب امتیاز: پژوهشگاه سازمان میراث فرهنگی، صنایع دستی و گردشگری

مدیر مسئول: جلیل گلشن

سردبیر: مهناز اشرفی

هیئت دبیران (تحریریه): سیدمحسن حبیبی (استاد دانشگاه تهران)، سیدحسین بحرینی (استاد دانشگاه تهران)، فرهاد تهرانی (دانشیار دانشگاه شهید بهشتی)، محمدرحیم صراف (دانشیار پژوهشگاه میراث فرهنگی)، مهرداد قیومی بیدهندی (دانشیار دانشگاه شهید بهشتی)، حمیده چوبک (دانشیار پژوهشگاه میراث فرهنگی)، علی زمانی فرد (استادیار دانشگاه هنر تهران)، مهناز اشرفی (استادیار پژوهشگاه میراث فرهنگی).

مدیر اجرایی: محمدعلی مخلص

مدیر داخلی و معاون سردبیر: ذات الله نیک‌زاد

ویراستار: عبدالله مؤذن‌زاده کلور

مترجم: شروین معظمی گودرزی، رامین والی

حروفچینی و صفحه‌آرایی: نوربخش

شمارگان: ۱۰۰۰ نسخه

نشانی دبیرخانه: تهران، تقاطع خیابان امام خمینی (ره) و سی تیر،

روبه‌روی موزه ایران باستان، پژوهشگاه میراث فرهنگی و گردشگری، پلاک ۲،

پژوهشکده ابنیه و بافت‌های تاریخی فرهنگی

کد پستی: ۱۱۳۶۹۱۳۴۳۱

تلفن: ۶۰-۶۶۷۳۶۴۵۲ (داخلی ۳۴۴)

وبگاه: Journal.richt.ir/athar

پست الکترونیک: atharmiras@gmail.com

قیمت: ۲۲۰۰۰۰ ریال

چاپ و صحافی: پیشین پژوه

اسامی داوران این شماره:

علیرضا انیسی، محمدحسین پاپلی یزدی، حمیدرضا جیحانی، زهرا حبیبی، ابراهیم حیدری، سعید خودداری نائینی، محمدرضا ریاضی، علیرضا شاه‌محمدپور، رجبعلی لباف‌خانیک، میثم لباف‌خانیک، محمدحسن محبعلی، شروین معظمی گودرزی، ذات‌الله نیک‌زاد.

- نقل مطالب مجله/اثر با ذکر مأخذ آزاد است.

- نظر نویسندگان الزاماً نظر مجله نیست.

- این نشریه در پایگاه استنادی علوم جهان اسلام (ISC) نمایه می‌شود.



-
- ۳ ■ اصول ایکوموس - IFLA، دربارهٔ منظرهای روستایی به عنوان میراث، ۲۰۱۷ دهلی
ترجمه: مهناز اشرفی، مدیا شکرانی
- ۱۵ ■ نوع و نحوهٔ کاربرد مصالح ساختمانی در ایوان غربی تخت سلیمان
رضا تقوی قره‌بلاغ
- ۲۹ ■ میوه‌نگاری در کاشی‌های کاخ گلستان
سمینه خوبی، مریم لاری
- ۴۱ ■ بررسی علل رخداد نرخ متفاوت آسیب‌های لرزه‌ای در ابنیهٔ خشتی روستای تاریخی اصفهک پس از زلزلهٔ طیس
وحید ذات‌اکرم، علی زمانی‌فرد
- ۶۱ ■ بنای یادمانی تل آجری در بخش فیروزی شهر پارسه، رویکرد چندرشته‌ای جامع به تخته‌گاه تخت جمشید و شهر
پارسه، بخش یکم
علیرضا عسکری چاوردی، پی‌یر فرانچسکو کالیری، سباستین گنده
- ۸۱ ■ دو سند دربارهٔ معماری حمام‌های روستایی استرآباد
مهرداد قیومی بیدهندی، محدثه نظیف‌کار
- ۸۹ ■ کالبد و کارکرد آسیاب‌های بشرویه
حنیفه کراگری، بهنام پدرام، رضا ابوئی
- ۱۰۱ ■ نگاهی به ویژگی‌های معماری آسیاب‌های شهر بیرجند
ذبیح‌الله مسعودی، علی نجف‌زاده، علی‌اصغر محمودی‌نسب
- ۱۱۹ ■ تازه‌های کتاب و مجلهٔ کتابخانه پژوهشگاه میراث فرهنگی
معصومه ازقندی، ستاره اسحق تیموری

بررسی علل رخداد نرخ متفاوت آسیب‌های لرزه‌ای در ابنیه خشتی روستای تاریخی اصفهک پس از زلزله طیس^۱

وحید ذات‌اکرم

کارشناسی مهندسی عمران، کارشناسی ارشد مرمت و احیای بناها و بافت‌های تاریخی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران مرکزی

Vahid.zatakram@gmail.com

علی زمانی‌فرد

استادیار دانشگاه هنر تهران، دانشکده حفاظت و مرمت

Ali.zamanifard@gmail.com

تاریخ دریافت: ۹۷/۰۲/۰۵

تاریخ پذیرش: ۹۷/۱۰/۲۵

چکیده

کاربرد مصالح خشتی و گلی به عنوان مصالحی در دسترس، کم‌هزینه و با قابلیت اجرای آسان در مناطق گرم و خشک از دیرباز تا کنون در ساخت ابنیه رایج بوده است. با توجه به زلزله‌خیزی ایران و اهمیت بالای توجه به آسیب‌پذیری احتمالی کلیه ساختمان‌های بومی، تلاش برای شناسایی نقاط ضعف احتمالی ساختمان‌های خشتی روستایی در مقابل این رخداد به منظور حفظ جان انسان‌ها اهمیت می‌یابد. از طرفی سنت‌های ساخت و همچنین الگوهای زیستی مرتبط با ابنیه خشتی روستایی بخشی مهم از تاریخ معماری ایران در کاربرد مصالح بوم‌آورد است که نیاز به حفاظت دارند. یکی از مجموعه ساختمان‌های خشتی که در جریان زمین‌لرزه سال ۱۳۵۷ ش آسیب دیده و دچار تخریب‌های گوناگونی شده است، روستای اصفهک واقع در شهرستان طیس است که در فهرست آثار ملی ایران نیز به ثبت رسیده است. از نکات جالب توجه در ابنیه روستا، رخداد نرخ متفاوتی از آسیب‌های لرزه‌ای در ساختمان‌های مذکور، پس از زلزله است. به طوری که بعضی دچار خسارات جدی شده اند، اما برخی دیگر کم‌تر آسیب دیده و یا به کلی سالم مانده اند. وجود تفاوت‌های احتمالی در الگوی معماری و شیوه اجرای ساختمان، به عنوان عامل احتمالی مؤثر در تفاوت نرخ آسیب‌ها و عملکرد بهتر برخی از ساختمان‌ها در خلال زلزله قابل طرح است که این پژوهش به بررسی آن پرداخته است. این پژوهش توصیفی - تحلیلی بوده و اطلاعات مورد نیاز نیز از طریق مطالعات کتابخانه‌ای و میدانی به دست آمده است. نتایج حاصل از پژوهش حاکی از آن است که عبور قنات از زیر برخی خانه‌ها باعث تشدید آسیب‌ها در آن‌ها شده و همچنین الگوی ساخت متفاوت ابنیه روستا (دست‌کند، چینه‌ای، و خشت قالبی)، اثر مستقیمی بر تفاوت عملکرد لرزه‌ای آن‌ها داشته است. کیفیت پایین اجرا و عدم استفاده از تمهیدات ساختمانی مناسب با هدف ارتقای مقاومت لرزه‌ای ساختمان‌های مذکور توسط سازندگان، از دیگر علل رخداد آسیب‌های لرزه‌ای متفاوت در این بناهاست.

واژه‌های کلیدی

بافت روستایی تاریخی، روستای اصفهک، ساختمان خشتی، زلزله، آسیب‌شناسی سازه‌ای.

۱. مقدمه

بر اساس شواهد باستان‌شناسی، احداث ساختمان‌های مسکونی با مصالح گلین، پیشینه‌ای چند هزار ساله در جهان دارد (طالبیان و ابراهیمی، ۱۳۸۲: ۱۸۸). در واقع تقریباً در تمامی اقلیم‌های گرم و خشک و معتدل جهان استفاده از خشت و گل به عنوان در دسترس‌ترین و ارزان‌ترین مصالح ساختمانی، جهت ساخت سرپناه از دیرباز تا کنون رواج داشته است. در دهه‌های اخیر پژوهش در خصوص چنین بناهایی و البته حفاظت از آن‌ها مورد توجه محققان بسیاری بوده است. در مقاله «بازشناخت تجربیات معماری بومی در جنوب خراسان، جهت حفاظت و مرمت معماری خشتی» به حفاظت و مرمت بناهای خشتی مناطق جنوبی خراسان، از طریق تکیه بر دانش معماران قدیمی و تکنیک‌های ساخت موجود و رایج در منطقه پرداخته شده که در واقع تا حدودی از نظر رویکرد توجه به مصالح و فن‌آوری بومی در حفاظت از ابنیه خشتی به پژوهش پیش رو قرابت دارد (رحیم‌نیا و دیگران، ۱۳۹۲: ۱۹-۳۲). در گزارشی به نام «برنامه گام‌به‌گام به سوی حفاظت و کاهش آسیب‌های ناشی از سوانح طبیعی در بناهای خشتی»، فرآیند مداخلات انجام‌شده در راستای استحکام‌بخشی و حفاظت در کارگاه مرمت، یک خانه خشتی در اردکان یزد ارائه شده است. این اقدامات و گزارش مذکور، توسط مؤسسه کراتر^۲ فرانسه و همکاری عوامل میراث فرهنگی یزد انجام گرفته است و حاوی نکات اجرایی و کارگاهی بسیار آموزنده‌ای است (موریسه، ۱۳۸۹: ۱-۳۹).

همچنین پژوهش‌های متعدد دیگری در مؤسسه گتی^۳ به عنوان یکی از مراکز معتبر پژوهشی در این زمینه انجام و ارائه شده است که به تعدادی از آن‌ها اشاره می‌شود: مقاله «رهنمودهای اساسی ساختمان‌های بنایی مقاوم در برابر زلزله برای طراحی مدارس در ایران»، مباحث رفتارشناسی این‌گونه ساختمان‌ها در برابر زمین‌لرزه را مورد بررسی و آنالیز قرار می‌دهد و راهنمای بسیار خوبی برای درک رفتار ساختمان‌های بنایی است (Ghaidan, 2002: 1-20). کتابچه خودآموز ساختمان‌های خشتی مقاوم در برابر زلزله نیز به پارامترهای ساخت اصولی ابنیه خشتی با تمرکز بر نقاط ضعف سازه‌ای آن‌ها پرداخته است. این پژوهش اگرچه راهگشای بسیاری از مسائل مربوط به پژوهش پیش رو خواهد بود، اما شرایط خاص نمونه موردی مذکور باید در کنار آن مد نظر قرار گیرد تا راه‌حل‌های بومی و مختص منطقه مورد نظر پژوهش ارائه شود (blondet, 2003: 1-25). «راهنمای ساخت خانه‌های مقاوم خشتی در برابر زلزله» عنوان مقاله‌ای دیگر است که به کلیه شاخص‌های اثرگذار بر مقاومت لرزه‌ای ابنیه خشتی توجه کرده و آن‌ها را به تفصیل مطالعه و بررسی کرده است. از جمله این موارد می‌توان به اثر محل قرارگیری،

پلان، دیوارها، سقف، و اتصالات بحرانی در رفتار سازه‌های خشتی اشاره کرد (Minke, 2001: 1-52). ویلفرد کارازاس در راهنمای تهیه‌شده در زمینه ساخت بناهای خشتی ضد زلزله، تلاش کرده با زبانی روان و قابل فهم برای عموم، به ضعف‌های احتمالی این‌گونه بناها در برابر زلزله اشاره کرده و راه‌کارهایی ساده در خصوص نحوه ساخت صحیح این بناها توصیه کرده است (Carazas, 2003: 1-31). در سال‌های اخیر مؤسسه گتی، این موضوع را مورد توجه قرار داده و حاصل پژوهش‌های خود را به صورت رهنمودهای طراحی و مهندسی تقویت لرزه‌های ابنیه خشتی تاریخی (Tolles & kimbo & Ginell, 2003: 1-144)، منتشر کرده است. در این کتاب، مباحث مختلفی مانند اصول و مباحث حفاظتی، طراحی مهندسی، پارامترهای آسیب‌پذیر ابنیه خشتی در برابر زلزله و... مورد بحث و توجه قرار داده شده است.

یکی از مسائل موجود و مورد توجه در ارتباط با بناهای خشتی، بررسی رفتار لرزه‌ای این ساختمان‌ها و مقاومت آن‌ها در برابر زلزله است. مصالح خشتی در مقابل تنش‌های کششی ضعیف بوده و در صورت عدم پیش‌بینی تمهیدات اجرایی مرتبط با پیوستگی اجزا و عناصر ساختمانی، این ضعف می‌تواند در مقایسه با بناهای آجری و سنگی باعث آسیب‌پذیری بیشتری در بناهای خشتی شود (تابش‌پور، ۱۳۹۰: ۱۰). مسئله حفاظت از سازه‌های خشتی و سنت‌های معماری مرتبط با آن، با توجه به تهدید موجود در خصوص زلزله - که در ایران نیز همیشگی و هرجایی است - ضروری به نظر می‌رسد، چرا که ابنیه خشتی نیز به عنوان بخشی مهم از میراث معماری ایران در همه ابعاد خود از جمله کالبدی، سنت‌های ساخت، و شیوه‌های اجرا به عنوان فصلی مهم از نحوه کاربرد مصالح بوم‌آورد در تاریخ معماری ایران، نیازمند حفاظت اند. همچنین با توجه به تلاش‌های اخیر در خصوص بهینه‌سازی لرزه‌ای یا مقاوم‌سازی چنین بناهایی (مطابق با برنامه‌های پنج‌ساله توسعه کشور) به نظر می‌آید بی‌توجهی احتمالی به اصول ساخت بناهای خشتی روستایی و خطرات در کمین آن‌ها، نبود آیین‌نامه اجرایی مناسب این بناها، عدم فهم مناسب رفتار ابنیه خشتی، و همچنین عدم آموزش استادکاران و مجریان بومی، در کاهش تلفات خطرات احتمالی زلزله برای مسکن‌های خشتی روستایی اثر داشته است.

سابقه تلفات انسانی زلزله‌های اخیر ایران نشان می‌دهد که زلزله‌های بم با بیش از ۴۰ هزار کشته در سال ۱۳۸۲ش و زرنده با ۶۵۰۰۰ کشته در سال ۱۳۸۳ش و همچنین زلزله طبس با حدود ۱۹۰۰۰ تلفات در سال ۱۳۵۷ش (و تخریب کامل ۳۰ روستای خشتی و خسارت به ۱۰۰ آبادی دیگر)،

ناشی از عدم توجه به عملکرد لرزه‌ای بناهای خشتی است (خوشبخت بهرمانی و سپهری مقدم، ۱۳۹۱: ۵۴). همین آسیب‌پذیری بالای ابنیه خشتی در خلال زمین‌لرزه‌ها عامل مهمی در جهت بی‌اعتمادی موجود در ارتباط با این نوع ساختمان‌ها شده که پیامد آن ترک بناهای مسکونی خشتی توسط ساکنان برخی مناطق شهری و روستایی علی‌رغم سلامت کالبدی بناهای مذکور و یا امکان استفاده مجدد از آن‌ها پس از رفع آسیب‌ها و استحکام‌بخشی در مورد بناهای آسیب‌دیده بوده است.^۴ نمونه قابل ذکر روستایی، روستای اصفهک شهرستان طبس در استان خراسان جنوبی است که پس از زلزله سال ۱۳۵۷ ش و تخریب و آسیب دیدن خانه‌های خشتی این منطقه، بازماندگان، مجموعه خشتی مذکور را رها کرده و در فاصله‌ای اندک از آن به خانه‌سازی با مصالح جدید پرداختند. در واقع هم بخشی از میراث گذشتگان خود را رها کرده و هم الگوی معماری غیر متعارفی را نسبت به اقلیم گرم و خشک منطقه بنیان نهاده اند. در مورد ابنیه خشتی روستا، نکته جالب توجه این است که برخی از بناها پس از زلزله، آسیب‌های زیادی دیده و دچار تخریب بیش‌تری شده اند، اما در برخی موارد دیگر آسیب‌های جزئی‌تری مشاهده می‌شود. بررسی اجمالی چنین تفاوتی در میزان تخریب بناهای خشتی موجود در این روستا، این سؤال‌ها را پیش رو می‌گذارد که: کدام پارامترها در تفاوت میزان آسیب‌های رخ داده حاصل از زلزله در این بناها مؤثر بوده است؟ و چه تمهیدات ساختمانی و اجرایی در بناهای خشتی مقاوم‌تر در برابر زلزله به کار گرفته شده است؟ لذا در این پژوهش از طریق بررسی میدانی نرخ متفاوت به‌دست‌آمده از آسیب بناهای خشتی، مبنای انجام مطالعات، تشخیصی در خصوص دستیابی به علل ناکارآمدی‌های احتمالی سازهای بناهای خشتی این روستا بوده است. چنین پژوهشی ضمن تلاش در جهت فهم درست رفتار لرزه‌ای و آسیب‌های به‌وجودآمده در این بناها در خلال زلزله رخ داده، مقدمه‌ای برای ارائه و انجام هرگونه طرح بهسازی لرزه‌ای آن‌ها خواهد بود.

روش این پژوهش توصیفی - تحلیلی بوده و مبتنی بر اطلاعات کتابخانه‌ای و میدانی شامل بررسی بناها و مصاحبه با اهالی روستا است. مطالعات میدانی ضمن جمع‌آوری اطلاعات اولیه در خصوص وضعیت کلی بافت روستا، به ثبت و مستندسازی عوارض سازهای بناها با هدف تحلیل و دسته‌بندی نقاط ضعف سازهای ساختمان‌های خشتی مورد بحث پرداخته است. در نهایت با بررسی عوامل اثرگذار احتمالی بر رفتار لرزه‌ای سازهای خشتی، علل رخداد نرخ متفاوت آسیب‌ها بر اثر زلزله در ساختمان‌های مذکور به بحث گذاشته شده است.

الف. روستای اصفهک

روستای اصفهک از توابع بخش دیهوک، در استان خراسان جنوبی و در ۳۸ کیلومتری جنوب شرقی شهرستان طبس قرار گرفته است (تصویر ۱ و ۲). از نظر اقلیمی این منطقه جز نواحی گرم و خشک محسوب می‌شود. وجود قنات‌های پرآب در گذشته و همچنین بهره‌گیری از سفره‌های آب زیرزمینی از طریق حفر چاه در ایام پس از خشک شدن قنات‌ها تا کنون، همواره روستای اصفهک را بستری مناسب جهت فعالیت‌های کشاورزی و دامداری مردم منطقه قرار داده است. محصولات عمده روستا زعفران و نعنا هستند. بر پایه آمار خانه بهداشت روستایی جمعیت اصفهک بالغ بر ۸۱۶ نفر است که البته در بافت جدید روستا سکونت دارند. قدیم‌ترین اشاره‌ای که به نام «اصفهک» شده است مربوط قرن هشتم هجری در کتاب *جغرافیای حافظ ابرو* است که به ذکر آبادی‌های طبس پرداخته است؛ اما تا قرن اخیر اطلاعات تاریخی دیگری از این روستا به دست نیامده است. در مطالعات میدانی و تحقیقات محلی از اهالی قدیمی روستا نیز، منبع مطمئنی از تاریخ دقیق شکل‌گیری روستا به دست نیامد و تنها دیگی فلزی به نام دیگ پیر زال، در مسجد روستا به عنوان قدیم‌ترین وسیله موجود در روستا وجود دارد که تاریخ ۱۰۴۱ ق بر آن نوشته شده است. بر اساس تاریخ این دیگ، قدمت روستا حداقل به دوران صفویه می‌رسد.

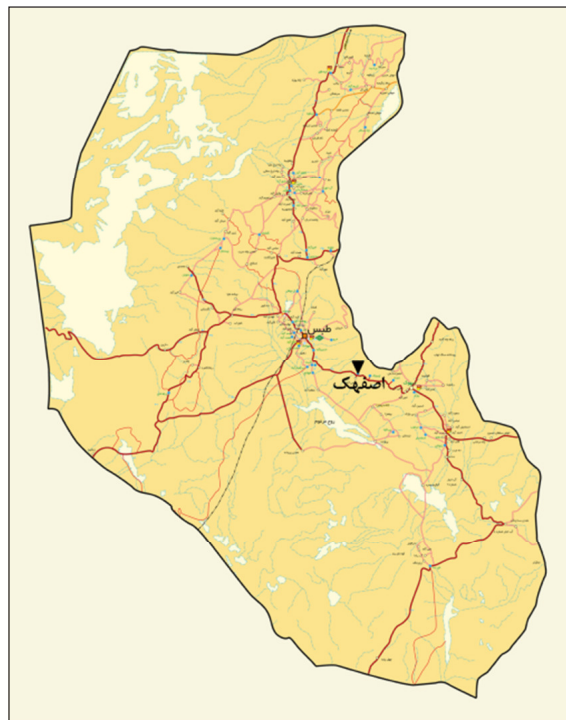


تصویر ۱. تصویر هوایی روستای اصفهک (مأخذ: Google Earth، ۱۳۹۶).

ب. سیر تحولات و توسعه روستا

بررسی تاریخ توسعه روستا از طریق مصاحبه با ساکنان روستا و بررسی شواهد موجود، نشان می‌دهد که سکونت‌گاه اولیه در جنوب غربی روستای فعلی و در پایین‌دست جاده بوده است که بنا به علل نامشخصی توسط سکنه به بافت خشتی

بخشی از زمین‌های کشاورزی در جنوب روستا، قابل مشاهده است (تصویر ۳). تا سال ۱۳۵۷ش و رخداد زمین‌لرزه، اهالی روستا، کماکان در همان ساختمان‌های خشتی زندگی می‌کردند. تا اینکه در ساعت ۱۹ و ۳۶ دقیقه‌ی بعدازظهر ۲۵ شهریورماه سال ۱۳۵۷ش، زلزله طبس به بزرگی ۷/۴- ریشتر (طبق آمار پایگاه‌های مختلف داخلی و خارجی) اتفاق افتاد.^۵ تلفات در روستای اصفهک بر اثر این زمین‌لرزه بنا بر اطلاعات محلی حدود ۸۰ نفر بوده است. لازم به ذکر است که اگرچه منطقه طبس، بر اساس آیین‌نامه‌ی طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله، از حیث درجه‌بندی خطر نسبی زلزله شهرها و نقاط مهم ایران، جزء مناطق با خطر نسبی خیلی زیاد محسوب می‌گردد،^۶ اما عدم ذکر وقوع زلزله در این منطقه در مدارک تاریخی مستند موجود تا قبل از زلزله سال ۱۳۵۷ش نشان می‌دهد که زلزله در محلی که از نظر زلزله‌خیزی آرام فرض می‌شده، رخ داده است. پس از رخداد زلزله مذکور در روستای اصفهک، ابتدا افراد آسیب‌دیده و بی‌خانمان به سکونت‌گاه‌های موقتی ایجادشده در حد فاصل بافت قدیمی و بافت امروزی انتقال یافتند. در سال‌های بعد بازماندگان به منظور تأمین سرپناه شروع به ساخت مسکن با مصالح جدید و کاملاً متفاوت با بافت قدیم کردند. در نقشه ۱۳۹۵ش بافتی جدید در کنار بافت قدیمی و در فاصله حدود یک کیلومتری آن دیده می‌شود که در واقع همان خانه‌های ساخته‌شده با مصالح مدرن (آجر، آهن، بتن و سیمان) پس از وقوع زمین‌لرزه سال ۱۳۵۷ش هستند (تصویر ۴).



تصویر ۲. موقعیت جغرافیایی اصفهک در شهرستان طبس (مأخذ: آرشیو شرکت ملی نفت ایران، ۱۳۹۷).

کنونی تغییر مکان یافته است. طبق نقشه سال ۱۳۴۸ش تنها بافت تاریخی روستای اصفهک شامل ساختمان‌های خشتی، باغ‌های میوه در قسمت‌های شرقی و شمالی بافت و همین‌طور



تصویر ۳. نقشه هوایی ۱۳۴۸ش (مأخذ: سازمان نقشه‌برداری، ۱۳۹۵).



تصویر ۴. عکس هوایی ۱۳۹۵ ش (مأخذ: Google Earth, ۱۳۹۶).

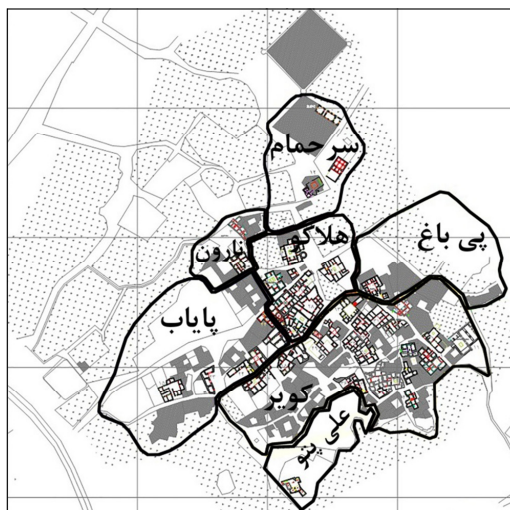
ج. ویژگی‌های معماری خشتی روستای تاریخی اصفهك

بافت تاریخی روستای اصفهك دارای هفت محله مسکونی است که تنها توسط ساکنان محلی قابل تفکیک و شناسایی هستند. بافت مذکور به علت اقلیم گرم و خشک منطقه، در اکثر نقاط متراکم و فشرده است و تنها در بخش‌هایی از حومه و فضاهای پیرامونی هسته مرکزی بافت، از تراکم واحدهای ساختمانی کاسته شده و خانه‌ها به صورت پراکنده قابل مشاهده هستند. همچنین با حرکت از سمت شمال بافت، به طرف محله پی باغ (جنوب شرقی بافت)، خانه‌ها به صورت پراکنده و پلان بزرگتر دیده می‌شوند. خانه‌هایی که عمدتاً دارای پلان حیاطدار هستند و با توجه به مقیاس بزرگ و قرار گرفتن در موقعیت مکانی بهتر یعنی در کنار باغ‌ها و در نزدیکی مسیر آب، متعلق به افراد متمکن‌تر روستا بوده است. گذرها و کوچه‌های بافت روستا، به صورت باریک و نامنظم قابل شناسایی اند؛ که قطعاً متأثر از شرایط زیستی و اقلیمی منطقه مورد نظر شکل گرفته است. خانه‌های روستا، اکثراً یک طبقه و به ندرت دوطبقه هستند. همچنین این ساختمان‌ها فارغ از هر نوع پلان و شیوه ساخت، دارای شاخصه‌های فیزیکی مشابهی مانند بادگیر، ایوان، طاق‌های قوسی و گنبدی، دیوارهای ضخیم و بازوهای نه چندان فراخ هستند. بادگیرهای موجود در ابنیه روستا، عمدتاً یک‌طرفه و گاه دوطرفه و دارای یک، دو و یا سه تیغه اند و از بادهایی که از دو جهت شمال و شرق، در طی سال می‌وزد، به منظور خنک‌سازی و تهویه خانه بهره می‌برند. دیوارهای به کاررفته در ساخت خانه‌های روستا، شامل دیوارهای باربر و غیر باربر دارای ضخامتی در حدود ۴۰ تا ۶۰ سانتی‌متر اند. بازوهای

تعبیه شده در خانه‌های خشتی روستای اصفهك، چند نقش عمده را در بر عهده داشته اند؛ نوررسانی، تهویه و تلطیف هوای محیط، ایجاد چشم‌انداز به صورت محدود، و همچنین ورود و خروج افراد از جمله مهم‌ترین عملکردهای بازوهای موجود است. بازوهای مذکور شامل درها، پنجره‌ها، و نورگیرهای کوچک و بزرگ در دیوار و سقف فضاها هستند. البته درها و به خصوص پنجره‌های به کاررفته در خانه‌های خشتی مورد بحث، تعدادشان کم و ابعادشان کوچک است. در تمامی خانه‌های روستا از شکل‌ها و فرم‌های قوسی و گنبدی در طاق‌زنی بهره برده شده است. در بین طاق‌های به کاررفته در روستای اصفهك طاق آهنگ یا گهواره‌ای نقش عمده‌ای در پوشش فضاها دارد. در کنار آن، طاق و تویزه و طاق جناغی و نیز پوشش‌های گنبدی برای پوشاندن فضاهای مختلف در ساختمان‌های مذکور به کار برده شده است. طبق مطالعات میدانی مشخص شد که در هیچ کدام از بناها، پی و کرسی چینی اجرا نشده است و دیوارها بلافاصله بر روی زمین ساخته شده اند (تصویر ۵).

د. گونه‌شناسی خسارات و مکانیسم شکست در ساختمان‌های خشتی اصفهك

یکی از مهم‌ترین ابزار موجود برای درک رفتار لرزه‌ای سازه‌ها، بررسی مودهای شکست آن‌ها در زلزله‌های مختلف و با شدت‌های متفاوت است. با استفاده از مفاهیم مقاومت مصالح و دینامیک سازه‌ها می‌توان مودهای شکست سازه‌ها را توضیح داد و نقاط ضعف و قدرت ساختمان‌ها را پیدا کرد. در مورد بافت تاریخی روستای اصفهك - که شامل تعداد زیادی خانه خشتی با میزان آسیب‌های متفاوت است -



تصویر ۶. پلان محله بندی اصفهک
(مأخذ: آرشیو شرکت عمارت خورشید، ۱۳۹۵).

آن‌ها نیز مستند نیست، این سه محله از روند پژوهش کنار گذاشته شدند.

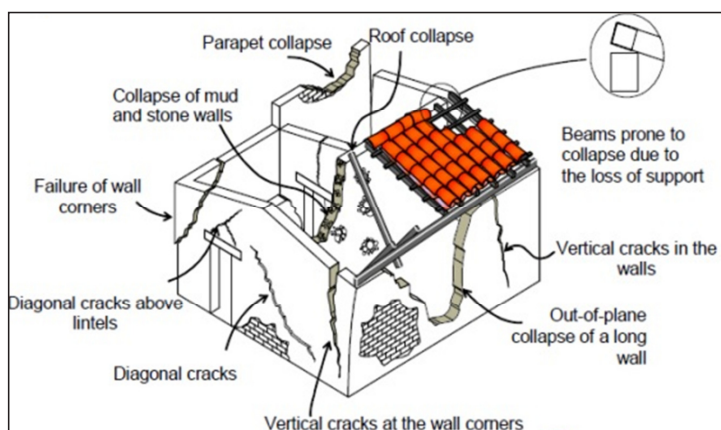
۳. سومین فاکتور در انتخاب خانه‌ها به منظور آسیب‌شناسی این بود که ساختمان‌های انتخابی نسبت به یکدیگر پراکنده باشند. تا بتوان نرخ و چگونگی خسارات و آسیب‌ها را در مکان‌های مختلف بافت بررسی کرد. ساختمان‌های موجود در محله‌های پایاب و علی پتو (تصویر ۶) به علت اهمیت این موضوع که به ترتیب دارای بیش‌ترین و کم‌ترین میزان تخریب و تلفات در خلال زلزله بوده اند، بیشتر به صورت جامع و بازدید از کلیه بناهای محله مورد ارزیابی آسیب‌شناسانه قرار گرفتند. همچنین خانه‌آرایی (ساختمان شماره ۱۰) نیز از میان خانه‌های جدا افتاده از بافت اصلی روستا در بین خانه‌های منتخب برای ارزیابی گنجانده شد (تصویر ۷ و ۸).



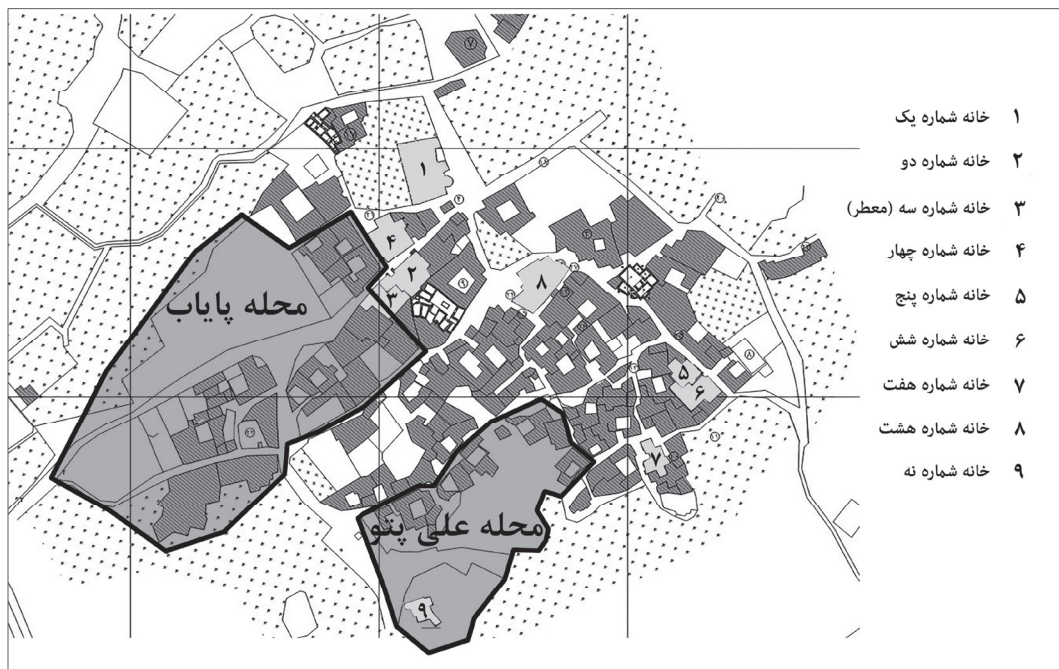
تصویر ۵. عکس هوایی بافت خشتی اصفهک
(عکس از: امین قاضی‌زاده، ۱۳۹۵).

ابتدا تعدادی از ساختمان‌ها، جهت آسیب‌شناسی و ثبت و ارزیابی آسیب‌های لرزه‌ای بافت خشتی روستا انتخاب شدند تا حجم کار به میزان میسر در خلال یک پژوهش محدود، درآید. سپس آسیب‌های لرزه‌ای ساختمان‌ها به دقت برداشت شد تا نقاط ضعف سازه‌ای ایجادکننده این آسیب‌ها، قابل درک شود. معیارهای انتخاب خانه‌های برگزیده شده برای آسیب‌شناسی به قرار زیر است:

۱. پلان ساختمان‌های انتخابی باید برداشت شده باشد تا بتوان در مورد ویژگی‌های پلان آن مانند تقارن و یا عدم تقارن، جهت‌گیری، جزئیات ساختمانی و تأثیرات آن‌ها بر نوع و میزان آسیب‌ها و خسارات صحبت کرد. وجود پلان این امکان را خواهد داد تا هر آسیب با توجه به مکان وقوع آن در رابطه با رفتار لرزه‌ای کل ساختمان ارزیابی شود.
۲. با توجه به آن‌که محله پی باغ تنها شامل باغ‌ها و مزارع روستاست و همچنین محلات سر حمام و نارون نیز دارای تعداد بسیار کم واحدهای ساختمانی هستند که پلان



تصویر ۷. آسیب‌های لرزه‌ای رایج در ابنیه خشتی (مأخذ: Aria & Boen & Ishiyama, 2013: 52).



تصویر ۸. خانه‌های منتخب آسیب‌شناسی (جانمایی از: نویسندگان، ۱۳۹۵).

• خسارت ناشی از لغزش بین دیوار و طاق: این مکانیزم به واسطه عدم چسبندگی و اتصال کافی بین سقف و دیوار ایجاد می‌شود و اگر مقدار آن طوری باشد که دیوار از زیر سقف به خارج از صفحه حرکت کرده و تکیه‌گاه سقف از بین نرود، آسیب‌های جدی برای ساکنان به همراه خواهد داشت (تصویر ۱۱ و ۱۲).

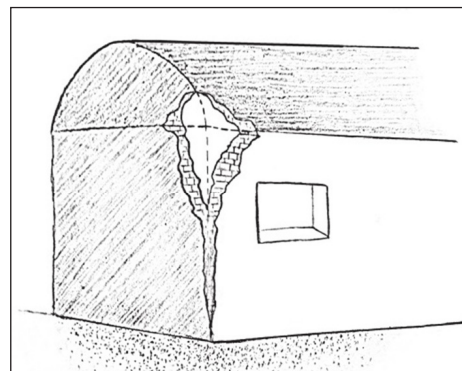
• شکست و فروریزش ناشی از حرکت خارج از صفحه دیوار: این ترک‌ها در یک دیوار و بین دو تکیه‌گاه که معمولاً دیوارهای جانبی دیگر هستند، ایجاد می‌شود. این نوع ترک‌ها در ناحیه برخورد دو دیوار شروع شده و به سمت پایین به طور عمودی یا قطری حرکت کرده و در پای

بر اساس مشاهدات و ارزیابی‌های به عمل آمده، به طور کلی خسارات و مودهای شکست به وجود آمده در ساختمان‌های خشتی روستای اصفهک بر اثر زلزله سال ۱۳۵۷ش شامل موارد زیر است:

• ترک و شکست گوشه بین دو دیوار متعامد (عمود برهم هم): خسارت در گوشه‌ها اغلب به علت تمرکز تنش در دیوارهای متقاطع صورت می‌گیرد. ناپایداری این بخش به این سبب است که دو طرف دیوار مقید شده نیستند و لذا برای حرکت خارج از صفحه، دیوار آزاد است و با پیچش ایجاد شده در سقف و انتقال آن در گوشه‌های دیوار، این قسمت از دیوار، دچار آسیب می‌شوند (تصویر ۹ و ۱۰).



تصویر ۱۰. ترک گوشه در خانه شماره ۳ (زمستان ۱۳۹۵).



تصویر ۹. مکانیسم ایجاد ترک گوشه در تقاطع دیوارها (ترسیم از: نویسندگان، ۱۳۹۷).



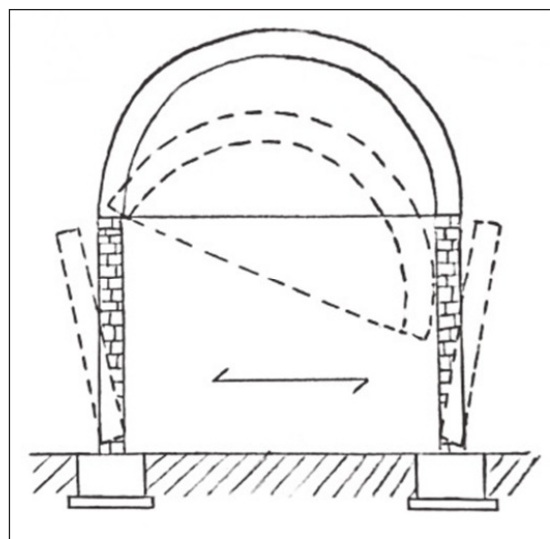
تصویر ۱۲. ترک بین دیوار و طاق در خانه شماره ۱۰ (زمستان ۱۳۹۵).



تصویر ۱۱. ترک بین دیوار و طاق در خانه شماره ۱ (پاییز ۱۳۹۴).



تصویر ۱۴. شکست خارج از صفحه دیوار و ریزش طاق در خانه شماره ۳ (پاییز ۱۳۹۴).



تصویر ۱۳. شکست خارج از صفحه دیوار (ترسیم از: نویسندگان، ۱۳۹۷).

نورگیرهای بزرگ در سقف نیز (همانند آنچه در طاق‌بندی مرکزی الگوهای دوصف و چهارصفه در روستای اصفهک قابل مشاهده است)، باعث کاهش عملکرد دیافراگمی آن و بروز خسارات شدید می‌شود (تصویر ۱۵).

در خصوص سقف‌های قوسی، رفتار سقف شدیداً به جهت زلزله بستگی دارد. اگر دیوارهای برشی (دیوارهای موازی با جهت زمین‌لرزه) در جهت موازی قوس سقف به مقدار کافی برای تحمل نیروی زلزله باشند، در صورت وقوع زلزله در جهت موازی این دیوارها، رفتار سازه مطلوب خواهد بود، زیرا سقف از خود کنش قوسی نشان می‌دهد. اما اگر دیوارهای موازی قوس کافی نباشند، هرچند در این راستا سقف از خود کنش قوسی نشان می‌دهد، ولی به علت عدم انسجام کافی بین سقف و دیوار غیر باربر، ساختمان ضعیف خواهد

دیوار به صورت افقی در طول دیوار امتداد می‌یابند. سپس دیوار شروع به حرکت خارج از صفحه کرده و حول ترک افقی چرخش می‌کند (Tolles & Kimbro & Ginell, 2003: 55) (تصویر ۱۳ و ۱۴).

• شکست و تخریب طاق: دلیل اصلی تلفات شدید جانی در زلزله‌های ایران، ریزش سقف‌ها به‌خصوص در ساختمان‌های بنایی است. به‌طور کلی برای عملکرد بهتر سازه‌ها در برابر زلزله، بهتر است که سقف سبک بوده و به صورت یک دیافراگم صلب عمل کند. اما در سازه‌های خشتی، بیشتر از سقف‌های سنگین استفاده می‌شود و همچنین اندود کردن سالانه با کاهگل، باعث سنگینی بیش از حد این سقف‌ها می‌شود که این مسئله نه تنها باعث افزایش نیروی جانبی ساختمان می‌شود بلکه موجب ارتعاش قائم سقف نیز می‌گردد. وجود بازشوها و



تصویر ۱۵. نمایی از تخریب طاق‌ها در روستای اصفهک (مأخذ: آرشیو گروه پلیکان، ۱۳۹۵).

۱. گنبد باید دارای ضخامت مناسب باشد به طوری که قادر به ایجاد رفتار خمشی قابل توجهی نشود.
۲. منحنی گنبد باید به طرز صحیحی طراحی و اجرا شود تا از مقاومت و استحکام بخشی مناسبی برخوردار باشد.
۳. گنبد باید دارای تکیه‌گاه‌هایی مناسب باشد که در آن صورت خمش وارده بر سطح پوسته به حداقل خواهد رسید (تصویر ۱۶ تا ۱۹).
- سه شرط فوق برای ایجاد عملکرد فنی مناسب گنبد با هر شکل و تحت هر نوع بارگذاری لازم و ضروری است (مرادی،

بود و امکان ریزش سقف وجود دارد (تابش‌پور، ۱۳۹۰: ۵۱). به طور کلی در سقف‌های قوسی چنانچه خط رانش طاق در یک سوم میانی قرار گیرد، طاق پایدار و مستحکم باقی خواهد ماند. بدین منظور معمولاً طاق‌ها و تکیه‌گاه آن‌ها را ضخیم‌تر می‌سازند. اما در مورد گنبدهای ایرانی باید گفت که به دلیل ماهیت سازه‌ای در مقابل نیروهای رانشی مقاومت خوبی از خود نشان داده‌اند و با توجه به تجربه حاصل از تحلیل‌های علمی در مورد آن‌ها موارد ذیل توصیه می‌شود:



تصویر ۱۷. واژگونی خارج از صفحه دیوار در خانه شماره ۳ (پاییز ۱۳۹۴).



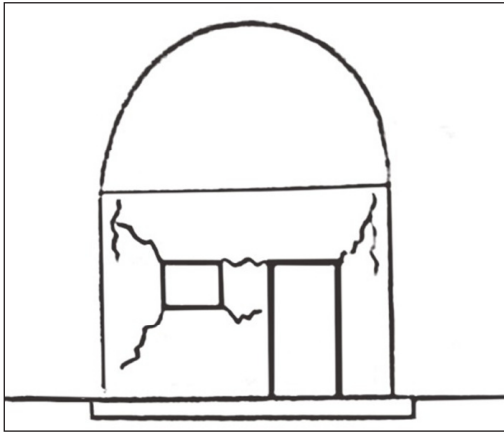
تصویر ۱۶. تخریب طاق آهنگ بر اثر رانش پاکارها در خانه شماره ۲ (زمستان ۱۳۹۵).



تصویر ۱۹. ایجاد ترک با مکانیزم پیچیده در طاق خانه شماره ۱۰ (زمستان ۱۳۹۵).



تصویر ۱۸. ترک در امتداد بندهای ملات‌خور طاق آهنگ در خانه شماره ۹ (پاییز ۱۳۹۴).



تصویر ۲۲. چگونگی ایجاد ترک در دیوارهای بازشودار
(ترسیم از: نویسندگان، ۱۳۹۷).



تصویر ۲۳. ترک در اطراف بازشو در خانه شماره ۳
(پاییز ۱۳۹۴).



تصویر ۲۴. ایجاد ترک بازشو در خانه شماره ۱۰
(زمستان ۱۳۹۵).

محبعلی، امیرکبیریان، ۱۳۸۷: ۱۹۷). در بافت خشتی روستای اصفهک گنبدهای موجود عمدتاً عملکرد لرزه‌ای مناسبی از خود به نمایش گذاشته اند؛ به جز مواردی که در آن‌ها گنبد به درستی اجرا نشده یا به میزان زیادی سنگین بوده که باعث رخداد آسیب و ریزش آن در خلال زمین‌لرزه شده است. در برخی موارد قابل مشاهده نیز عدم اجرای صحیح دیوارهای تکیه‌گاه، باعث لطمه دیدن گنبدها در بافت مذکور شده است (تصویر ۲۰ و ۲۱).



تصویر ۲۰. ترک نصف‌النهاری در طاق خانه شماره ۱۰
(زمستان ۱۳۹۵).



تصویر ۲۱. ترک مداری در طاق خانه شماره ۱۰ (زمستان ۱۳۹۵).

- شکست مرتبط با بازشوها: اندازه و چیدمان بازشوها و نحوه اجرای جرزها، نقش تعیین‌کننده‌ای در رفتار لرزه‌ای سازه‌ها دارد. سه نوع ترک افقی، قائم و مورب و یا ترکیبی از اینها در اطراف بازشوها رخ می‌دهد. این ترک‌ها به دلیل تمرکز تنش بین بازشوها و در گوشه بالا یا پایین دیوار ایجاد شده و به صورت قطری یا عمودی گسترش می‌یابند. (تصویر ۲۲، ۳۲ و ۴۲)

گوناگونی شده اند که شامل ایجاد ترک بین بادگیر و طاق زیرینش و همچنین در مواردی تخریب و فروریزش جزئی یا کلی بادگیر است (تصویر ۲۷ و ۲۸).



تصویر ۲۷. ترک در تیغه‌های بادگیر در خانه شماره ۹ (پاییز ۱۳۹۴).



تصویر ۲۸. تخریب و ریزش بادگیر در خانه شماره ۳ (پاییز ۱۳۹۴).

• شکست و فروریزش ناشی از حرکت داخل صفحه دیوار: این نوع از ترک‌ها به طور معمول نتیجه نیروهای داخل صفحه هستند و در اثر وقوع تنش‌های کششی اصلی با زاویه حدوداً ۴۵ درجه نسبت به افق ایجاد می‌شوند. این سلسله ترک‌ها با توالی نیروهای داخل صفحه و اغلب بین بازشوها گسترش می‌یابند. اگر همراه با تغییر مکان افقی، جابه‌جایی قائم هم اتفاق بیفتد، خسارت ناشی از این نوع مکانیسم می‌تواند افزایش پیدا کند. در این حالت الگوی ترک بیش‌تر یک خط مستقیم قطری را طی می‌کند نه یک خط پلکانی از داخل ملات را (تصویر ۲۹) (جدول ۱).

• ترک در طاقچه و دیوار اطراف آن: ایجاد طاقچه در قسمت‌های داخلی ساختمان‌های خشتی روستای اصفهک به‌خصوص در دیوارهای باربر و تکیه‌گاه طاق آهنگ باعث کم شدن ضخامت جرز شده و ضمن ایجاد مشکل در مسیر انتقال بار از طاق به دیوار، باعث ایجاد تمرکز تنش در این نواحی می‌شود که در نهایت و در زمانی که میزان تنش از مقاومت مصالح بیش‌تر شود، ترک‌هایی رخ خواهد داد (تصویر ۲۵ و ۲۶).



تصویر ۲۵. ایجاد ترک قطری در طاقچه خانه شماره ۴ (پاییز ۱۳۹۴).



تصویر ۲۶. ایجاد ترک در انحنای طاقچه در خانه شماره ۸ (زمستان ۱۳۹۵).

• شکست و خسارات مرتبط با بادگیرها: بادگیرها در ساختمان‌های خشتی مذکور به علت عدم اتصال پایدار و مناسب به طاق زیرین و وزن سنگین خود دچار آسیب‌های



تصویر ۲۹. رخدادهای ترک‌های داخل صفحه دیوار در خانه شماره ۴ (زمستان ۱۳۹۵).

جدول ۱. آسیب‌های لرزه‌ای بافت خشتی روستای اصفهک

عارضه	نقطه ضعف	پراکندگی آسیب در خانه‌های مورد بررسی
ترک و شکست گوشه بین دو دیوار متعامد	عدم هشت‌وگیر مناسب در اتصالات	خانه‌های شماره ۱، ۲، ۳، ۴ و ۱۰
ترک و خسارت در محل اتصال دیوار و طاق	عدم هشت‌وگیر مناسب در اتصالات	خانه‌های شماره ۱، ۲، ۳، ۴، ۸ و ۱۰
شکست و فروریزش خارج صفحه دیوار	اتصال ضعیف دیوار و عدم وجود تکیه‌گاه	خانه‌های شماره ۳، ۴، ۵، ۶ و ۱۰
شکست و تخریب طاق	رانس طاق بر اثر اجرای غیر اصولی (نوع، نحوه اجرا و وزن طاق اهمیت بسیاری دارد)	خانه‌های شماره ۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۶، ۷ و ۱۰
شکست بازشوها (ترک افقی، قائم یا مورب و یا ترکیبی از آن‌ها)	عدم اجرای نعل درگاه و تمرکز تنش در اطراف بازشوها	خانه‌های شماره ۲، ۳، ۴، ۷، ۸ و ۱۰
ترک در طاقچه و اطراف آن	برهم زدن مسیر انتقال بار	خانه‌های شماره ۲، ۳، ۴، ۸ و ۱۰
ترک کمانی در طاق آهنگ	عدم یکپارچگی مناسب در بین خشت و بندهای ملات‌خور	خانه‌های شماره ۳، ۴ و ۹
شکست و خسارت مرتبط با بادگیرها	هشت‌وگیر نامناسب اجزای بادگیر و طاق زیرین	خانه‌های شماره ۳، ۴، ۹ و ۱۰
شکست داخل صفحه دیوار (ترک ۴۵ درجه)	اجرای بازشوهای غیر اصولی و همچنین اجرای دیوار با ابعاد نامناسب	خانه‌های شماره ۱، ۲، ۳، ۴، ۷، ۸ و ۱۰

و. بررسی عوامل اثرگذار بر عملکرد لرزه‌ای ساختمان‌های خشتی اصفهک

۱. جهت‌گیری خانه‌ها و جهت عملکرد زمین لرزه نسبت به آن‌ها

با توجه به پلان بافت روستا و جانمایی خانه‌های برداشت‌شده، تعداد زیادی از ساختمان‌ها، دارای جهت‌گیری تقریباً شمالی - جنوبی هستند. اگرچه نمی‌توان ادعا کرد که در مورد اکثر خانه‌ها این جهت‌گیری صدق می‌کند. با مشاهده و بررسی تخریب‌ها و خسارات به‌وقوع‌پیوسته در مورد خانه‌های دارای جهت‌گیری مختلف در روستای اصفهک نمی‌توان بر این مسئله صحنه گذاشت که جهت‌گیری خانه‌ها بر میزان تخریب آن‌ها مؤثر بوده است. چراکه حتی در خانه‌های با جهت‌گیری مشابه می‌توان طیف خسارت‌های متنوعی را دید. در واقع طبق مشاهدات صورت‌گرفته رابطه معناداری بین آسیب‌ها و تخریب‌های رخ داده و نوع جهت‌گیری و وضعیت استقرار ساختمان نسبت به جهات جغرافیایی وجود ندارد.



نقشه ۱. پلان چهارصفه در خانه شماره ۶
(ترسیم از: دانشجویان دانشگاه تهران مرکزی، ۱۳۹۵).



نقشه ۲. پلان دوصف در خانه شماره ۷
(ترسیم از: دانشجویان دانشگاه تهران مرکزی، ۱۳۹۵).



نقشه ۳. پلان حیاطدار خانه شماره ۴
(ترسیم از: طاهای زالی، ۱۳۹۵).



نقشه ۴. پلان حیاطدار خانه شماره ۵ (مأخذ: آرشیو شرکت عمارت خورشید، ۱۳۹۵).

۲. تقارن در پلان ساختمان‌ها

۱. گونه‌شناسی الگوی پلان معماری سکونتگاه‌های خشتی روستا

پلان‌های موجود در بافت روستا دارای سه الگوی اصلی دوصف، چهارصفه و حیاطدار است (نقشه ۱ تا ۴). با توجه به مشاهدات میدانی صورت‌گرفته الگوی حیاطدار دارای بیش‌ترین فراوانی است و پس از آن الگوی چهارصفه و دوصف قرار می‌گیرند. پلان‌های چهارصفه و دوصف از نوع پلان‌های متقارن در معماری ایرانی محسوب می‌شوند، اما افزوده شدن فضاهای جانبی باعث ایجاد عدم تقارن در پلان‌های مذکور شده است. به‌طورکلی اکثر خانه‌های موجود در بافت از حیث پلان، نامتقارن محسوب می‌شوند که این مسئله در هنگام زلزله باعث ایجاد پیچش به‌خصوص در المان‌ها و بال‌های نامتقارن ساختمان‌ها شده است. در حقیقت فضاهای مرکزی چهارصفه و دوصف با توجه به تقارن موجود و همچنین وجود فضاهای جانبی پیرامون خود - که

مانع از حرکت خارج صفحه دیوارهای باربر صفحه‌های مرکزی شده اند - عمدتاً عملکرد بهتری (در صورت اجرای صحیح) را در خلال زمین‌لرزه از خود به نمایش گذاشته اند در حالی که فضاهای جانبی بیشتر دچار خمش‌های خارج صفحه و همچنین تخریب‌های گسترده‌تر در سطح دیوارها و طاق‌ها شده اند. نمونه‌هایی از پلان‌های سه الگوی مذکور با مقیاس ۱/۱۰۰ برداشت و ترسیم شده اند که در ذیل قابل مشاهده است. لازم به ذکر است که تمامی پلان‌ها جزء خانه‌های مورد مطالعه قرار گرفته در پژوهش هستند (نقشه ۱ تا ۴).

۳. الگوی ساخت خانه‌ها

۳.۱. گونه‌شناسی الگوهای ساخت

مصالح اصلی شکل‌دهنده ساختمان‌های خشتی روستای اصفهک، خشت و ملات گل است. خشت و مصالح خشتی، به‌خصوص در مقطع دیوارها، به سه شکل در ساخت خانه‌های روستا مورد استفاده قرار گرفته اند که به شرح زیر است:

۳.۱.۱. **خشت قالبی:** از طریق مصالحه با معماران و بنایان سنتی منطقه مشخص شد که خاک مورد نیاز به منظور خشت‌زنی، به تشخیص معمار بنا، از مناطق کویری اطراف روستا که چندان فاصله‌ای نیز با ساختمان نداشته است، تهیه می‌شده است. همچنین گاه از خاک موجود در محل ساختمان، به منظور خشت‌زنی بهره‌گیری می‌شده است. عمل‌آوری خشت این‌گونه بوده است که ابتدا خاکی را که حاوی مقادیر مناسب و ماسه و سنگ‌ریزه (به منظور افزایش مقاومت خشت تولیدی) بوده به وسیله آب، آبخوره می‌کردند و دو یا سه روز به حال خود می‌گذاشتند تا خیس بخورد، سپس آن را هم زده و لگدمال می‌کردند تا به صورت خمیر گل درآید و بعد از آن با استفاده از قالب‌های چوبی، خشت را قالب‌گیری می‌کردند. هیچ‌گونه افزودنی از قبیل کاه، گردآهک، موی بز، نمک، و... به خشت مذکور اضافه نمی‌کرده اند. سپس خشت‌های قالب‌گیری شده را در زیر تابش آفتاب در فضای باز قرار می‌دادند تا پس از چند روز رطوبت خود را از دست می‌داد و خشک می‌شد. از خشت‌های عمل‌آمده برای دیوارچینی، طاق‌چینی و حتی کف‌سازی ساختمان‌ها بهره می‌برده اند. به جز محله علی‌پتو، در محله‌های دیگر روستا تعداد قابل توجهی بنا دارای این شیوه ساخت هستند. محله‌های پایاب، پی باغ و سرحمام، تقریباً به طور کامل از این شیوه ساخت بهره برده اند.

۳.۱.۲. **چینه (گل برداد):** در محله‌های کویر و هلاکو، گونه‌ای از ساخت دیوار، به صورت چینه‌ای دیده می‌شود که معماران محلی به آن «گل برداد» یا «دیوار برداد» می‌گویند. نحوه ساخت بدین صورت بوده است که با استفاده از خاک رس و مقادیری سنگ‌ریزه که در حدود ۳ - ۴ روز

در آب خیس خورده و عمل آمده و سپس لگدمال شده بود، دیوارهای چینه‌ای با ضخامت ۵۰ - ۶۰ سانتی‌متر و بدون استفاده از قالب اجرا می‌شده است. این دیوارها در مرحله اول تا ارتفاع ۷۰ - ۸۰ سانتی‌متر و گاه تا ۱ متر نیز کار می‌شده است و سپس رها می‌شده تا قسمت کار شده خشک شود. در روز بعد و در مرحله دوم تا همین ارتفاع روی دیوار قبلی کار می‌کردند. همین چرخه ادامه داشته است تا به ارتفاع مورد نظر دیوار دست یابند و بتوان عملیات طاق‌زنی را بر روی آن انجام داد.

۳.۱.۳. **دیوار دست‌کند (کوبیر):** در نقاط مختلف روستا، به‌خصوص در قسمت جنوبی بافت روستا، تپه‌ها و بلندی‌هایی دیده می‌شود که به وسیله برخی اهالی - که نسبت به دیگران از وضعیت اقتصادی ضعیف‌تری برخوردار بودند - با تدابیری خاص به منظور ساخت سرپناه و مسکن مورد استفاده قرار گرفته است. این فضاها به صورت دست‌کند، در درون این تپه‌ها ایجاد شده است (تصویر ۳۰). در حقیقت بعضاً با ایجاد حفره در این تپه‌ها، یک فضای تماماً یک‌دست را به عنوان سرپناه ایجاد می‌کردند و در برخی موارد دیوارها را به صورت دست‌کند ایجاد کرده و پس از آن برای طاق‌زنی از خشت‌های قالبی بهره می‌بردند. در برخی نقاط محله کویر و تقریباً در تمام محله علی‌پتو، می‌توان این ساختارها را دید (نقشه ۵ تا ۷) (تصویر ۳۱ تا ۳۳).

دیوارهای خشتی که با استفاده از خشت قالبی ساخته می‌شدند، به علت وجود بندهای ملات‌خور مابین بلوک‌های خشت و همچنین عدم یکپارچگی در رفتار لرزه‌ای خود، بیشترین آسیب را در زلزله رخ داده، متحمل شده اند. اما الگوی ساخت چینه‌ای و دست‌کند، اگرچه مربوط به اقل‌شمار ضعیف‌تر روستا بوده اند، در حین زلزله به علت یکپارچگی و انسجام بیشتر، دچار خسارت ناچیزی شده اند و عملکرد بهتری از خود نشان داده اند. درواقع در مشاهدات صورت گرفته، کم‌تر دیوار چینه‌ای و دست‌کندی را می‌توان جست که در زلزله آسیب جدی دیده باشد. شایان ذکر است که بر اساس مشاهدات میدانی صورت گرفته، طاق‌هایی که بر روی دیوارهای دست‌کند و یا دیوارهای چینه‌ای احداث شده اند، عملکرد بهتری در مقابل نیروهای حاصل از زمین‌لرزه از خود بروز داده اند و توانسته اند پابرجا باقی بمانند.

۴. کیفیت اجرا

عوامل بسیاری در کیفیت اجرای یک ساختمان مؤثر است. مهارت و دانش فنی معماران و بنایان بومی، کیفیت مصالح مصرفی، رعایت ضوابط و تمهیدات لازم به منظور مقاومت لرزه‌ای بنا، نظارت مداوم بر اجرای صحیح ساختمان، و همچنین طراحی مناسب آن، از جمله این عوامل هستند.



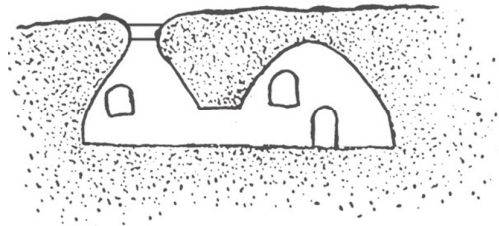
تصویر ۳۱. طاق چینی بر روی دیوارهای دست‌کند در خانه شماره ۳ (پاییز ۱۳۹۴).



تصویر ۳۲. دیوار چینهای در خانه شماره ۷ (زمستان ۱۳۹۵).



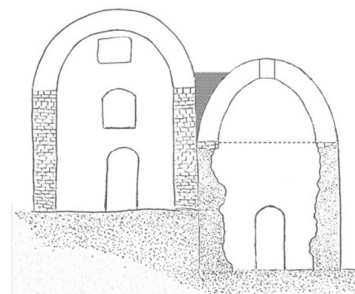
تصویر ۳۳. اجرای طاق بر روی دیوار چینهای در خانه شماره ۷ (زمستان ۱۳۹۵).



نقشه ۵. برش از فضای دست‌کند در بافت روستای اصفهک (ترسیم از: نویسندگان، ۱۳۹۷).



نقشه ۶. خانه شماره ۳ دارای فضای دست‌کند (ترسیم از: نویسندگان، ۱۳۹۵).



نقشه ۷. برش الف - الف در پلان خانه شماره ۳ (ترسیم از: نویسندگان، ۱۳۹۷).



تصویر ۳۰. فضای دست‌کند در روستای اصفهک (زمستان ۱۳۹۵).

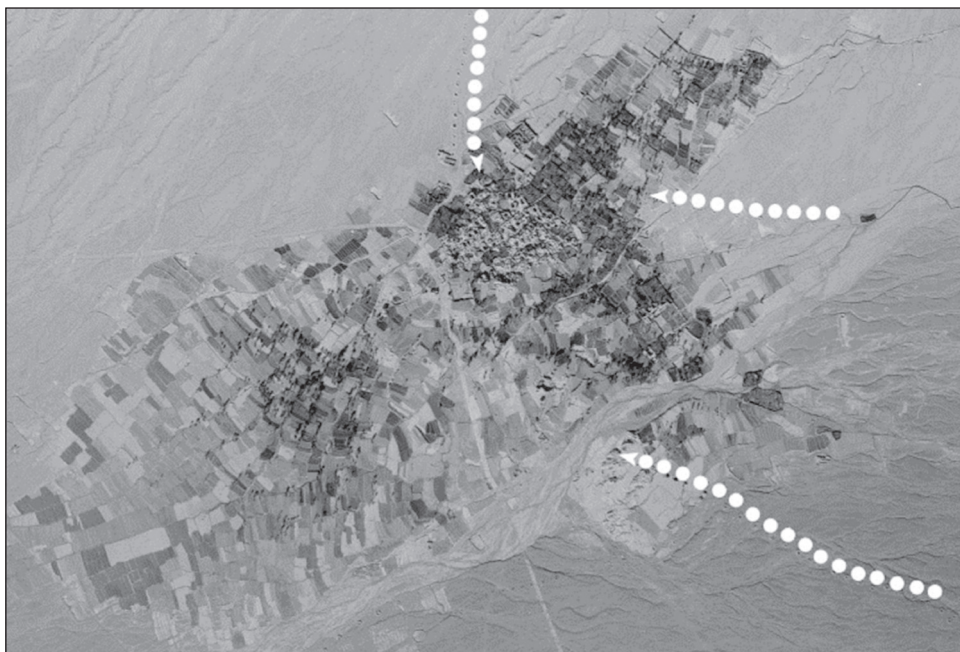
در خلال بازدیدهای میدانی، می‌توان به‌خوبی مشاهده کرد که نحوه اجرای غیر صحیح برخی طاق‌ها (ضخامت زیاد و رج‌چینی نامناسب)، عدم ایجاد فونداسیون و کرسی‌چینی، عدم به‌کارگیری تمهیدات سازه‌ای مانند دیوار پشت‌بند (به‌خصوص در دیوارهایی که پشت آن‌ها فاقد تکیه‌گاه است و مستعد خمش‌های خارج از صفحه هستند)، فقدان کلاف‌بندی ساختمان، عدم ایجاد نعل‌درگاه به‌خصوص در بازشوهای تخت و همچنین عدم توجه به رانش طاق‌ها و قوس‌ها که همگی از ناآگاهی و عدم درک صحیح رفتار لرزه‌ای ساختمان توسط معماران و سازندگان بومی ناشی می‌شود، اثرات بسیار زیادی در ایجاد خسارات و تخریب‌های گوناگون بر اثر زلزله، در بافت تاریخی روستا داشته است.

۵. کیفیت مصالح

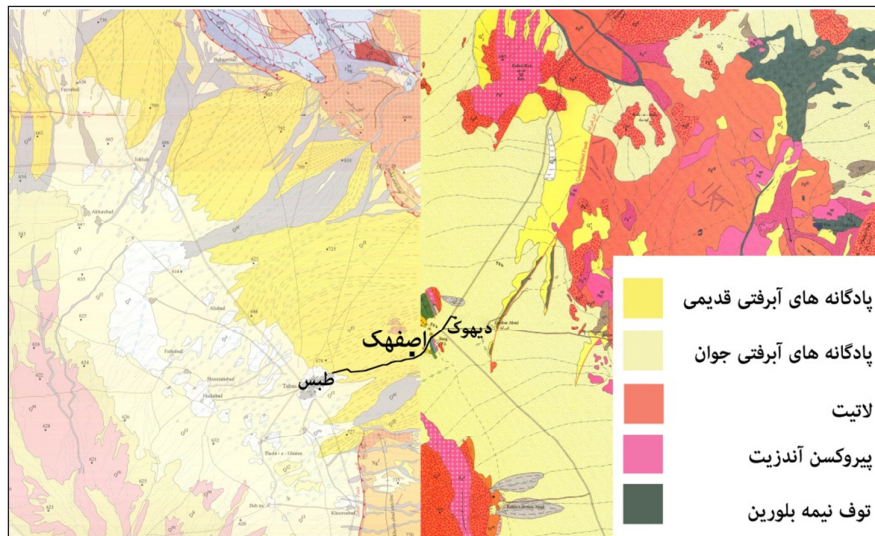
کیفیت خشت‌زنی با توجه به کثرت و قدمت استفاده از آن در منطقه، کیفیت متوسطی ارزیابی می‌شود. چراکه در خلال ساخت بلوک‌های خشتی و ملات گل به کیفیت خاک، عاری بودن آن از مواد آلی و معدنی مضر، وجود سنگ‌ریزه‌ها برای مقاومت بیش‌تر خشت‌های تولیدی، و همچنین عمل‌آوری مناسب خشت‌ها، توجه کافی از سوی معماران می‌شده است؛ اما عدم توجه به اثرات مثبت مواد افزودنی مانند کاه، موی بز، الیاف درخت خرما، و... باعث پایین بودن مقاومت کششی خشت به‌کاررفته در ساخت بناها شده است.

۶. سطح آب‌های زیرزمینی

در گذشته قنات‌های متعددی به منظور فراهم کردن آب مورد نیاز روستا حفر شده است. دو رشته از این قنات‌ها، طبق گفته مردم محلی و نقشه هوایی نشان‌دهنده محل عبور قنات‌ها، از زیر خانه‌های خشتی در محله پایاب عبور می‌کند که باعث سست بودن خاک این محله شده است. بسیاری معتقد اند که این مسئله در افزایش میزان خسارت و تخریب در این محله نقش عمده‌ای داشته است. با توجه به بررسی‌های صورت‌گرفته در زمینه تعداد تلفات که اکثراً متوجه این محله است و همچنین حجم خسارات زیاد در ساختمان‌های متعلق به این قسمت از روستا این ادعا قابل دفاع است. اما امروزه سطح آب‌های زیرزمینی در منطقه، هر سال در حدود ۲۰ درصد کاهش می‌یابد. در حال حاضر نیز مخزن سدهای کریت و دره بید، به لحاظ ذخیره آب در وضعیت بحرانی است (مصاحبه با مقامات محلی). رشته قنات‌های تأمین‌کننده آب منطقه نیز به مرور زمان خشک شده اند. در نتیجه مردم محلی به منظور تأمین آب، اقدام به حفر چاه کرده اند. این تغییر سطح آب‌های زیرزمینی و خشک شدن قنات‌ها باعث پوک شدن خاک می‌شود که اثر نامطلوب زیادی بر رفتار سازه‌ای ساختمان‌ها، حتی پس از مقاوم‌سازی خواهد داشت. در نتیجه باید به این مسئله در طرح‌های استحکام‌بخشی توجه کرد (تصویر ۳۴ و ۳۵)



تصویر ۳۴. مسیر عبور قنات‌های موجود در بافت تاریخی اصفهک (مأخذ: سازمان نقشه‌برداری کشور، ۱۳۹۴).



تصویر ۳۵. نقشه زمین‌شناسی طیس و دیپوک (مأخذ: آرشیو پایگاه ملی داده‌های علوم زمین کشور، ۱۳۹۶).

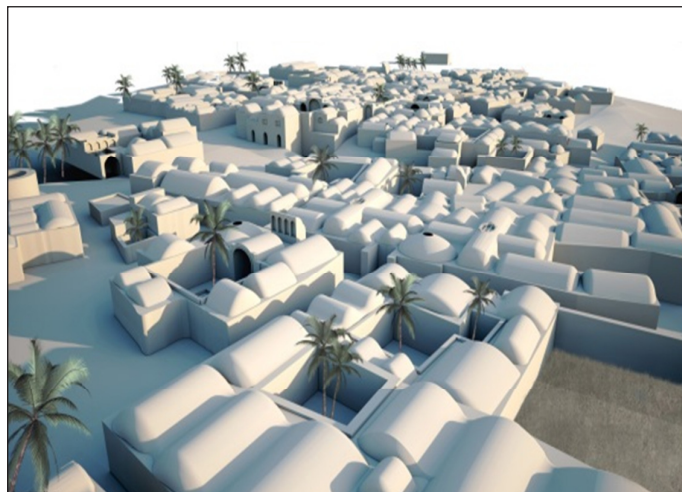
شیب‌های ناپایدار احداث نشده‌اند. هم‌چنین بنا بر مصاحبه با معماران محلی به منظور ساخت بناها ابتدا سطح زمین مسطح می‌شده و خاک‌های سطحی و دست‌خورده کنار زده می‌شده و سپس شروع به احداث ساختمان می‌شده است (تصویر ۳۵).

۸. تراکم ساختمانی

بافت روستا در اکثر نقاط به‌خصوص در محله کویر، دارای بافت متمرکزی است. کم‌ترین تراکم ساختمانی را می‌توان در محله‌های پایاب و علی‌پتو مشاهده کرد (تصویر ۳۶). با دقت در میزان تراکم ساختمانی در نقاط مختلف و آسیب‌های

۷. وضعیت سایت

در مورد زمین‌شناسی روستای اصفهک و ویژگی‌های خاک منطقه، اطلاعات دقیقی در دسترس نیست. اما با توجه به نقشه‌های زمین‌شناسی موجود و هم‌پوشانی آن‌ها می‌توان متوجه شد که خاک منطقه از نوع آبرفتی است. در این خاک‌ها، ضخامت رسوبات شن و ماسه عمدتاً زیاد است و در صورتی که دارای لایه‌های رس و لای به مقدار زیادی نباشند و تراکم مناسبی داشته باشند، جهت ساخت‌وساز مناسب هستند. در ضمن طبق مشاهدات میدانی در بافت مورد بحث، هیچ‌کدام از ساختمان‌ها در دامنه و مجاورت



تصویر ۳۶. دید پانورامای مجازی به بافت خشتی بازسازی‌شده روستای اصفهک (مأخذ: آرشیو شرکت عمارت خورشید، ۱۳۹۵).



تصویر ۳۷. نمایش لکه‌گذاری آسیب‌ها بر روی پلان بافت روستا (جانمایی از: نویسندگان، ۱۳۹۴).

بافت، یعنی محله کویر و محله علی‌پتو، میزان آسیب‌ها و تخریب‌ها به نسبت کاهش پیدا می‌کند. با توجه به بررسی‌های صورت‌گرفته و تحلیل آسیب‌شناسی لرزه‌ای ساختمان‌های منتخب، علت این مسئله را می‌توان در چند نکته مشاهده کرد: در قسمت‌های جنوبی بافت، الگوی ساخت خانه‌ها تا حدود قابل توجهی با قسمت‌های شمالی متفاوت است. در این مناطق خانه‌هایی با استفاده از شیوه دست‌کند (دیوار کویر) و همچنین دیوارهای چینه‌ای (گل برداد) احداث شده‌اند؛ اما در قسمت‌های شمالی، خانه‌ها با استفاده از خشت قالبی احداث شده‌اند. ساختمان‌های دست‌کند و چینه‌ای نسبت به ساختمان‌های خشتی عملکرد یکپارچه‌تری را در هنگام زمین‌لرزه از خود نمایش داده و آسیب‌های کم‌تری را

موجود در این مناطق می‌توان دید که در مناطق پرتراکم، به هم چسبیدگی برخی از عناصر ساختمانی به ساختمان‌های مجاور، باعث انتقال زنجیره‌وار نیرو شده که این مسئله در کاهش آسیب‌های وارده مؤثر بوده است و بسیاری از پاکار طاق‌ها و همچنین دیوارهای ساختمان‌ها به علت حمایت توسط دیوارهای خانه‌های مجاور از تخریب خارج از صفحه، برکنار مانده‌اند (تصویر ۳۷).

جمع‌بندی

همان‌طور که در پلان لکه‌گذاری آسیب‌های بافت خشتی روستا مشاهده می‌شود (تصویر ۳۷)، با گذر از قسمت شمالی روستا و محله‌های پایاب و هلاکو به سمت قسمت جنوبی

میزان اثرگذاری				بررسی عوامل اثرگذار بر عملکرد لرزه‌ای ساختمان‌های خشتی اصفهک
بلاثر	کم	متوسط	زیاد	
				جهت‌گیری خانه‌ها و جهت عملکرد زمین‌لرزه نسبت به آن‌ها
				عدم تقارن در پلان ساختمان‌ها
				الگوی ساخت خانه‌ها
				کیفیت اجرا
				کیفیت مصالح
				سطح آب‌های زیرزمینی
				وضعیت سایت
				تراکم ساختمانی

جدول ۲. پارامترهای مؤثر بر رفتار سازه‌ای ابنیه خشتی روستای تاریخی اصفهک

به صورت ناقص انجام گیرد و بار وارده از دیوارها به وسیله پی به سطح زمین پخش نشود.

مهم‌ترین آسیب‌های لرزه‌ای موجود در بافت روستای اصفهک شامل ترک و خسارت گوشه در دیوارهای متعامد، ایجاد ترک در محل اتصال بین دیوار و طاق، ترک داخل صفحه دیوار، ترک بازشو و طاقچه، ایجاد ترک و تخریب جزئی و کلی بادگیر، فروریزش خارج از صفحه دیوارها، رانش و فروریزش طاق‌های آهنگ و همچنین ایجاد انواع ترک‌های کمانی (در امتداد بندهای ملات‌خور طاق)، مداری و نصف‌النهاری (در طاق‌بندی‌های مرکزی دارای هورنو) می‌شوند. اکثر این آسیب‌ها و خسارات به علت نبود اتصالات مناسب میان اجزای ساختمان (دیوارها، طاق و دیوار، دیوارها با زمین، بادگیر با طاق) و همچنین اجرای غیراصولی طاق‌ها و بی‌توجهی به کنترل رانش طاق‌های آهنگ رخ داده است (جدول ۲).

پی‌نوشت‌ها

۱. این مقاله برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد مرمت و احیای بناها و بافت‌های تاریخی در دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرکز با عنوان بهینه‌سازی لرزه‌ای ابنیه خشتی روستایی (نمونه موردی: روستای تاریخی اصفهک - طبس) به راهنمایی اصغر محمدمرادی و مشاوره علی زمانی‌فرد در سال تحصیلی ۱۳۹۶-۱۳۹۵ است.

2. International Centre On Earthen Architecture

3. Getty Centre

۴. نمونه‌ای از مناطق شهری اینچینی شهر فردوس یا تون در استان خراسان جنوبی است.

۵. بازیابی شده ۱۷ مرداد ۱۳۹۶ از <http://www.tabasenc.ir>

متحمل شده‌اند. در واقع تقریباً تمامی دیوارهای چینه‌ای و دست‌کند و همین‌طور طاق‌های احداث‌شده بر روی آن‌ها بدون آسیب یا با آسیب‌های ناچیز پابرجا باقی مانده‌اند. قسمت شمالی بافت روستا، به علت عبور قنات از زیر محله پایاب نسبت به قسمت‌های دیگر دارای خاک سست‌تری بوده است که این موضوع باعث کاهش مقاومت ساختمان‌های این قسمت از بافت و آسیب‌پذیری بیشتر آن‌ها شده است. ساختمان‌های موجود در محله پایاب نسبت به محله‌های کویر، هلاکو و علی پتو دارای پراکندگی بیشتری بوده که به همین سبب، انتقال زنجیره‌وار نیرو در بین ساختمان‌های متراکم و خنثی‌سازی نیروها در این قسمت از بافت انجام نمی‌شود و در نتیجه اکثر عناصر ساختمان‌های مجزا، به علت نداشتن تکیه‌گاه و پشت‌بند و عدم اتصال مناسب بین اجزای خود دچار فروریزش و تخریب شده‌اند. اکثر دیوارها دچار خمش خارج از صفحه شده‌اند و در پی آن طاق‌های ساخته‌شده بر روی آن‌ها به علت از دست دادن تکیه‌گاه‌های برابر خود دچار ریزش شده‌اند. همچنین باید اشاره کرد که جهت‌گیری خانه‌ها تأثیر چندانی بر میزان تخریب و خسارات در آن‌ها نداشته است چراکه در هر پلان تعدادی از فضاها در یک‌جهت و تعدادی دیگر در جهت متعامد طراحی شده‌اند. در نتیجه هم دیوارها و طاق‌هایی موازی و هم عمود بر راستای زمین‌لرزه در هر ساختمان موجود است که نرخ متفاوت و نامنظمی (بدون ارتباط معناداری از این حیث) از آسیب‌ها را می‌توان در آن‌ها مشاهده کرد. پلان ساختمان‌ها به‌طور کلی نامتقارن است که این مسئله تأثیر پخش را بر ساختمان افزون می‌کند. عدم وجود پی در ساختمان‌های خشتی مذکور باعث شده که انتقال نیرو از دیوارها به زمین

۶. ر.ک: آیین نامه طراحی ساختمان ها در برابر زلزله استاندارد ۸۴-۲۸۰۰.

7. Bardad

8. Kavir

منابع

- آیین نامه طراحی ساختمان ها در برابر زلزله استاندارد ۸۴-۲۸۰۰ (۱۳۹۳). تهران: مرکز تحقیقات مسکن و شهرسازی.
- پارسی، فرامرز و کاوه منصوری. (۱۳۹۳). مرمت، بازسازی و احیای روستای تاریخی اصفهک - تجربه ای در مرمت مشارکتی سکونتگاه های روستایی کشور. در فصلنامه تخصصی بوم شناسی، ش ۵ و ۶، ۸-۱۹.
- تابش پور، محمدرضا. (۱۳۹۰). رفتار لرزه ای ساختمان های بتایی و جزئیات اجرایی. چ ۲. تهران: نشر فدک ایستاتیس.
- حافظ ابرو. جغرافیای حافظ ابرو. نسخه خطی موزه ملک، گ ۳۴۳.
- خوشبخت بهرمانی، شوکا و منصور سپهری مقدم. (۱۳۹۱). «بنیه خشتی مقاوم در برابر زلزله». در مجله هویت شهر، ش ۱۱، ۵۳-۶۲.
- رحیم نیا، رضا و امین محمودزاده و فرهاد فخار تهرانی و علی زمانی فرد. (۱۳۹۲). «بازشناسی معماری بومی در جنوب خراسان جهت حفاظت و مرمت معماری خشتی». در مجله مسکن و محیط روستا، ش ۱۴۲، ص ۱۹-۳۲.
- طالبیان، محمدحسن و افشین ابراهیمی. (۱۳۸۲). «جست و جو در معماری گلی ایران». در نهمین کنفرانس بین المللی مطالعه و حفاظت و معماری خشتی، یزد، ایران.
- عبادی جام خانه، جواد. (۱۳۹۰). ارزیابی عددی مقاومت سازی بناهای خشتی و گلی در برابر بار دینامیکی زلزله با استفاده از الیاف پلیمری مسلح کننده. پایان نامه کارشناسی ارشد رشته مهندسی عمران. استاد راهنما: دکتر سید امیرالدین صدرنژاد. تهران: دانشگاه خواجه نصیر، دانشکده مهندسی عمران.
- مرادی، اصغر محمد و محمدحسن محبعلی و آتس سا امیر کبیریان. (۱۳۸۷). دوازده درس مرمت. چ ۲. تهران: وزارت مسکن و شهرسازی.
- موریسه، سباستین. (۲۰۱۰). گام به گام به سوی حفاظت و کاهش آسیب های ناشی از سوانح طبیعی در بناهای خشتی

مرمت خانه طبائی در اردکان یزد. گرونوبل: دانشگاه کراتر فرانسه.

- Blondet, M. & G. V. Garcia & S. Brzev, & A. Rubiños. (2003). "Earthquake-resistant construction of adobe buildings: A tutorial". *EERI/IAEE world housing encyclopedia*.
- Carazas Aedo, wilfredo. (2003). *Anti Seismic Construction Handbook*. Craterre. France.
- Crocker, E. & Conservation, C. L. A. (2000, November). "Earthen architecture and seismic codes: lessons from the field". In *Proceedings of the International Conference on the seismic performance of traditional buildings*, pp. 16-18.
- Ghaidan, U. (2002). *Earthquake-resistant Masonry Buildings: Basic guidelines for designing schools in Iran*. Division of Educational Policies and Strategies Support to Countries in Crisis and Reconstruction.
- Maini, S. (2005). *Earthen architecture for sustainable habitat and compressed stabilised earth block technology*. The Auroville Earth Institute, Auroville Building Center-India.
- Minke, G. (2005). *Construction manual for earthquake-resistant houses built of earth*. X-Change.
- Tolles, E. L. & E. E. Kimbro & W. S. Ginell. (2003). *Planning and engineering guidelines for the seismic retrofitting of historic adobe structures*. Getty Publications.

- <http://www.Tabasenc.ir> (سایت گلشن طبس)
- <http://www.ngdir.ir> (پایگاه ملی داده های علوم زمین کشور)
- <http://www.khorasanjonobi.niopdc.ir> (پورتال اطلاع رسانی شرکت ملی پخش فرآورده های نفتی ایران منطقه خراسان جنوبی)

Examination of reasons of variance in earthquake damage rates in earthen buildings of the historic village of Esfahak post Tabas earthquake

Vahid Zat Akram

Master's degree in repair and restoration of the historic structures and districts, Islamic Azad University, Central Tehran Branch

Ali Zamani Fard

Assistant Professor, Tehran University of Art, Faculty of Conservation and Restoration, Tehran

Abstract:

Earthen building materials have been in common use as cheap, available, and practical construction materials in hot and dry areas for a long time. Earthen buildings exist in Iran, especially in villages, because of the large and numerous areas that have the same climate. Given that Iran is highly earthquake prone and the importance of paying attention to the possible vulnerability of all the indigenous buildings, endeavours for identifying the possible weak points of the earthen village buildings in an earthquake situation become doubly important. Especially to save human life. On the other hand traditional building methods and life patterns related to village earthen buildings are an important part of the Iranian architectural history in using local building materials that need conservation. One of the collections of earthen buildings that has been damaged and has suffered various degradation during the Tabas earthquake of 1979 is the village of Esfahak located 38 kilometres south-east of the Tabas county, which has also been inscribed in the National Heritage List of Iran. After the aforementioned earthquake and the damage and destruction of the earthen houses in this region, the survivors left these buildings and started constructing buildings using new materials and building styles that clashed with their old architecture just a short distance away. But currently, with the focus on indigenous heritage and the development of the indigenous tourism sector, the residents in this area are asking for the repair and restoration of these buildings. In this respect and before any action is taken on strengthening the above-mentioned buildings, it is essential to study the earthquake damage in these buildings. A remarkable point related to the earthen buildings, is the different rates of damage in these buildings during the earthquake. Some of the buildings have suffered serious damage while other others have only minor damage or are completely unharmed. The existence of possible difference in the architectural template and the implementation method for these buildings is a possible factor in the variance in the rate of damage in the buildings and better performance of some of these structures during the earthquake. Examining the validity of this matter and a study on the existence of other factors influencing the difference in performance of some of these



Esfahak village

earthen structures have been done in this research. In this research, a field study of the different rates of damage in the earthen structures has been used as a basis to perform diagnostic studies in attaining the reasons for the structural failures of the earthen buildings in this village. Apart from endeavouring to reach a correct understanding of the seismic behaviour and the damage in these structures form the earthquake, such research is a precursor for any type of seismic improvement of these structures. This research is descriptive-analytical and the required information has been gathered using academic and field studies. The results of this research show that the passing of the Qanat underneath some of the homes has resulted in the increase in the damages. Also the different building patterns used for the structures (troglodytic, strata, moulded mud brick), has a direct impact on the seismic performance of these structures. The low implementation quality, and not using the appropriate structural strengthening methods to increase the seismic resistance of these buildings by the builders is another reason for the different rates of damage in these buildings.

Keywords: Historic village district, Esfahak Village, earthen buildings, earthquake, building pathology

Abstracts

- | | | |
|---|---|----|
| ■ | ICOMOS-IfLA PRINCIPLES, CONSERVING RURAL LANDSCAPE AS
Translated by: Mahnaz Ashrafi, Media Shokrani | 3 |
| ■ | The Types and Usage of Building materials in the West Iwan of Takht-e Soleyman
Reza Taghavi Gharehbolagh | 4 |
| ■ | Depictions of Fruit in the Tiles of Golestān Palace
Samineh Khobi, Maryam Lari | 5 |
| ■ | Examination of reasons of variance in earthquake damage rates in earthen buildings of the historic village of Esfahak post Tabas earthquake
Vahid Zat Akram, Ali Zamani Fard | 6 |
| ■ | Tol-e Ājori, a new monumental building in Pārsa, a multidiscipline approach to Persepolis and Pārsa, Part 1
Alireza Askari Chaverdi, Pierfrancesco Callieri, Sébastien Gondet | 7 |
| ■ | Two Documents Related to the Architecture of Estarabad Village Baths
Mehrdad Qayyoomi Bidhendi, Mohadesseh Nazifkar | 8 |
| ■ | Physical and Functional Aspects of Bosh rūyeh Mills
Hanife Karagari, Behnam Pedram, Reza Abouei | 9 |
| ■ | A Glance on Architectural Particularities of Watermills in Town of Birjan
Zabihollah Mas'oudi, Ali Najafzadeh, Ali-Asghar Mahmoudi-Nassab | 10 |



In the Name of God

ATHAR

SCIENTIFIC, & TECHNICAL and ART QUARTERLY

No. **80**,
Spring 2018

ISSN: 1024-2647

EISSN: 22-35-41

Owned by: The Research Institute of Cultural Heritage and Tourism (RICHT)

Managing Editor: Jalil Golshan

Editor-in-Chief: Mahnaz Ashrafi

Editorial Board:

Seyed Mohsen Habibi (Ph.D), Farhad Tehrani (Ph.D), Seyed Hosein Bahreini (Ph.D), Mohammad Rahim Sarraf (Ph.D), Mehrdad Ghayomi Bidhendi (Ph.D), Hamideh Choobak (Ph.D), Mahnaz Ashrafi (Ph.D), Ali Zamani Fard (Ph.D)

Executive Director: Mohammad Ali Mokhlesi

Deputy Editor-in-Chief: Zatollah Nikzad

Editor: Abdollah Moazenzadeh Kolour

Translation into English: Shervin Moazami Goudarzi, Ramin Vali

Type and Layout: Nourbakhsh

Circulation: 1000 Editions

Secretariat: No. 2, Prof. Rolin St., 30th st. Imam Khomeini St.

P.O. Box: 1136913431

Website: Journal.richt.ir/athar

E-mail: atharmiras@gmail.com

Price: 120000 Rials

Reviewer of the Articles:

This Issue:

Alireza Anisi, Mohammad Hosein Papoli Yazdi, Hamid Reza Jeyhani, Zahra Habibi, Ebrahim Heydari, Saeid Khoddari Naeini, Mohammad Reza Riazi, Ali Reza Shah Mohammadpour, Rajabali Labaf Khaniki, Meysam Labaf Khaniki, Mohammad Hasan Mohebbi, Shervin Moazami Godarzi, Zatollah Nikzad

- Quotations from the contents of *Athar* are allowed under the condition that faithful reference to the article and the journal accompanies each.

- Contents of the articles shall not, necessarily, be regarded the *Athar* board's ideas.