ارائه روش‌های مناسب در استفاده از مصالح بوم آورد

دکتر سهراب ویسه* ناهید خدابنده** حمیدرضا حکاکی فرد*** فرهنگ طهماسبی****

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۸۸/۰۱/۲۲
تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۸۸/۰۳/۰۹

چکیده:

در این مقاله پس از تعریف و شناسایی انواع مصالح بوم‌آورد، تحقیقات و دستاوردها در استفاده از مصالح بومی بررسی و خصوصیات آنها تشریح می‌شود. تحقیقات انجام‌شده در زمینه هر کدام از مصالح ساختمانی بومی شامل خشت، خشت تثبیت شده، خاک کوبیده شده، چینه، کیسه‌های خاک، رس سبک، بلوک کاه، پوشش بام میکروبتنی، آجر، ضایعات آجر، بلوک‌های سیمانی، شن و ماسه، آهک، ملات‌های مورد استفاده در بنایی، چوب، ضایعات کشاورزی و الیاف طبیعی، دیوار حصیری و نی ارائه می‌گردد.

در بخش دیگر این مقاله، ابتدا براساس آمار موجود از مصرف مصالح در ساختمان‌های کشور، مصالح بومی مورد استفاده در مناطق مختلف بررسی می‌گردد. در ادامه این بخش مصرف مصالح مورد استفاده در ساختمان‌های کشور از لحاظ کمی بررسی می‌شود و مصرف آنها در سال‌های آینده، مطابق روند تغییرات آمار موجود از دوره‌های گذشته، پیش‌بینی می‌گردد. برای بررسی وضع موجود، هم‌پوشانی نقشه پهنه‌بندی زلزله و مصالح ساختمان‌های کشور و همچنین هم‌پوشانی نقشه پهنه‌بندی اقلیمی و مصالح ساختمان‌های کشور مورد تحلیل قرار می‌گیرد.

واژه‌های کلیدی: مصالح بوم آورد، اقلیم، زلزله، بنایی، دوام، مقاومت

مقدمه

این مقاله از گزارش طرح پژوهشی "ارائه روش‌های مناسب در استفاده از مصالح بوم آورد" استخراج شده است. کارفرمای طرح یاد شده بنیاد مسکن انقلاب اسلامی، سال انجام ۱۳۸۷ و مراحل کار شامل مبانی نظری، وضع موجود، تجزیه و تحلیل و نتیجه‌گیری بوده است.

خودبسندگی به مفهوم حداکثر استفاده از امکانات در دسترس و مصالح «بوم آورد» روشی قدیمی برای ساخت مسکن بوده است. چنانچه بتوان این روش را

– این مقاله برگرفته از طرح پژوهشی با همین نام است که با حمایت مالی بنیاد مسکن انقلاب اسلامی در سال ۱۳۸۷ تهیه شده است.

* دکترای مهندسی معدن، عضو هیات علمی مرکزتحقیقات ساختمان و مسکن.
** کارشناس شیمی، مرکزتحقیقات ساختمان و مسکن.
*** کارشناس مهندسی عمران، مرکزتحقیقات ساختمان و مسکن.
**** کارشناس ارشد معماری، مرکزتحقیقات ساختمان و مسکن.

[Downloaded from jhre.ir on 2025-07-31]

با الـزامات فنی و مهندسـی امـروز کـشور وفـق داد یکی از اقدامات اساسی برای تأمین مسکن بـرای اقـشار کم درآمد را می‌توان به عمل آورد. حل مـشکل مـسکن روستایی در کشور در قدم اول به ساخت مـسکن ارزان قیمت در مقیـاس وسـیع بـستگی دارد. مهمتـرین جـزء هزینه‌های ساخت، هزینه مصالح ساختمانی اسـت پـس تلاش خاصی بـرای معرفـی مـصالح سـاختمانی بـومی ارزان‌تـر ضروریـست. اسـتفاده از فـن‌آوری محلـی و مصرف مواد خـام محلـی در تولیـد مـصالح سـاختمانی کمک بزرگی به کـاهش هزینـه‌هـای مـسکن و افـزایش تولید مسکن است.

متأسفانه در مناطق روستایی کـشور بـا روش‌هـای سنتی ساختمان‌سازی، سرپناه‌های امـن و بـادوام سـاخته نمی شود، خانه ها به تعمیر مکرر نیـاز دارنـد و هنگـام بارندگی متحمل آسیب قابل ملاحظه‌ای مـی‌شـوند و در برابر زلزله بسیار ضعیف عمل می‌کنند. از طـرف دیگـر، ساختمان‌سازی با مصالح جدید معمولاً بدون هیچ گونـه طراحی درست، انجـام مـی‌شـود کـه نتیجـه آن بناهـای معیوب و غیراستاندارد خواهد بود. در این زمینه، به نظر می‌رسد به عنوان اولین قدم بـه سـمت سـاخت مـسکن بهتر در روستاهای کشور، باید کوشش‌هایی به عمل آیـد تـا روش‌هـای سـاخت و اسـتفاده از مـصالح سـنتی ساختمان‌سازی بهبود یابد.

استفاده موفقیت‌آمیـز از مـصالح سـاختمانی بـومی مناسب و بادوام به موارد زیر مربوط است:

– کوشـش‌هـای تحقیقـاتی جـدی و طـولانی، تجربیات کارگاهی، و فعالیتهای ترویجی؛

– تحقیقـات کـاربردی کـه در آن تجربیـات آزمایشگاهی با کاربردهای کارگاهی ارتباط داشته باشد.

– تحقیقات عملی و اقـدامات ترویجـی کـه بـر کیفیت و دوام، مزایای اقتـصادی مـصالح (توجـه بـه جنبه مهم اقتصاد کلان مصرف انرژی) و فعال نمودن بخش خصوصی متمرکز باشد.

– شرایط اجتماعی–اقتصادی کـه شـامل وجـود دانش فنی محلی در حد قابل قبـول و قـدرت خریـد کافی در میان گروه‌های مختلف کاربران است.

متأسفانه در مناطق روستایی کشور بـا روش‌هـای سنتی ساختمان‌سازی، سرپناه‌هـای امـن و بـادوام ساخته نمی‌شود، خانه‌ها به تعمیر مکرر نیاز دارنـد و هنگام بارندگی متحمل آسیب قابـل ملاحظـه‌ای می‌شوند و در برابـر زلزلـه بـسیار ضـعیف عمـل می‌کنند

تقریباً در همه جا طبیعت موادی را برای ساخت در اختیار قرار داده است. چون این مواد به فراوری یا حمل نیاز کمی دارند، هزینه‌های اقتـصادی و زیـست محیطی کم است. بعضی منـابع تجدیدپذیرنـد (ماننـد درختان و کاه) و بعضی چنان فراوانند که تقریباً پایان ناپذیر محسوب می‌شوند (مانند سنگ و ماسه). بـرای توسعه پایدار لازم است که منابع مالی محدود محلـی به جای خروج از منطقه در داخل آن هزینه و در بـین اهـالی محـل توزیـع شـود. همچنـین دانـش فنـی در زمینـه‌هـای مختلـف از جملـه سـاختمان در منطقـه گسترش یافته و باقی بمانـد. از سـوی دیگـر مـوادی چون سنگ، سفال، آجر و چوب به ساختمان، هویـت "بومی" یا تعلق به محل می‌دهد که ایـن خوشـایند و دلپذیر است. مسکن روستایی به علت قدمت، ضـعف ساخت و ساز، نبـود دانـش فنـی کـافی و اجرایـی و

[Downloaded from jhre.ir on 2025-07-31]

بهره‌گیری از مصالح در دسترس کم دوام و نامرغوب، از وضعیت نامطلوب برخوردار است. عوامل زیر بیشترین تاثیر را در آسیب‌پذیری ساختمان‌های روستایی دارند: وجود مصالح کم دوام و نامرغوب، تلفیق مصالح ساختمانی محلی و جدید به صورت غیراصولی، نبود دانش فنی کافی و دید مهندسی و در نتیجه ضعف در طراحی و اجرا.

حل مشکل مسکن روستایی در کشور در قدم اول به ساخت مسکن ارزان قیمت در مقیاس وسیع بستگی دارد. مهمترین جزء هزینه‌های ساخت، هزینه مصالح ساختمانی است

آزمایش‌های انجام شده در مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن و همچنین عملکرد مصالح هنگام بهره‌برداری و عمر مفید ساختمان‌ها نشان می‌دهد بیشترین مصالح ساختمانی مورد استفاده در ساختمان‌ها بویژه در مناطق روستایی کشور ما غیراستاندارد و دارای کیفیت نامطلوب است. مهمترین علل نازل بودن کیفیت مصالح ساختمانی در کشور عبارت است از: نامناسب بودن کیفیت مواد اولیه مورد نیاز برای تولید مصالح ساختمانی، پایین بودن سطح فنآوری تولید مصالح ساختمانی، دانش کم تولیدکنندگان در مورد کنترل کیفیت، آزمایش‌های مربوط و استاندارد، ملزم نبودن تولیدکنندگان به رعایت استاندارد و نبود سیستم کنترل کیفی مؤثر و کارا.

به‌طور کلی مصالح مصرفی در ساخت و ساز واحدهای مسکونی روستایی را می‌توان به دو دسته مصالح بومی و مصالح ساختمانی کارخانه‌ای تقسیم کرد. تجربه نشان داده است که مصالح بومی اغلب دارای خواص مناسب ساختمانی نیستند، اما می‌توان با شیوه‌های ساده‌ای، خواص آنها را بهبود بخشید و یا با انجام تمهیدات خاص در اجرا، از تاثیر نامطلوب آنها کاست.

مبانی نظری

۱- تعریف و شناسایی انواع مصالح بومی

در وضعیت موجود ساخت و ساز در کشور، مصالح ساختمانی را در دو حالت زیر می‌توان بومی یا بوم آورد در نظر گرفت: مصالح موجود یا قابل تهیه درروستا یا شهر و مصالح وارد شده به روستا یا شهر از فاصله‌ای کوتاه.

باید توجه داشت که مصالح ساختمانی عموماً دارای چگالی زیاد و ارزان قیمت هستند بنابراین حمل آنها در مسافت‌های زیاد توجیه اقتصادی ندارد. البته از این قاعده تعدادی از مصالح ساختمانی مستثنی هستند. برای تولید این مصالح نیاز به سرمایه گذاری عظیمی است که در همه جا امکان‌پذیر نیست. در زیر مثال‌هایی از این نوع مصالح آورده می‌شود: سیمان، فولاد، آلومینیوم، شیشه، لوله، شیرآلات، لوازم برقی، یراق آلات و سرویس‌های بهداشتی.

دو مورد اول یعنی سیمان و فولاد شرایط ویژه‌ای دارند. این مصالح در تمام ساختمان‌های جدید به کار می‌روند. بخش اعظم ساختمان‌هایی که در حال حاضر طبق ضوابط فنی تأیید شده ساخته می‌شوند یکی از موارد زیر را شامل می‌شوند: ۱- ساختمان اسکلت فلزی ۲- ساختمان اسکلت بتنی ۳-ساختمان دیوار باربر دارای کلاف بندی بتن.

در موارد یاد شده، سیمان و فولاد به کار می‌روند. بنابراین درشرایط فعلی ایران، بدون این

[Downloaded from jhre.ir on 2025-07-31]

مصالح استراتژیک (سیمان وفولاد) ساختمان با دوام ساخته نمی‌شود. مصالح بوم آورد را می‌توان درسه نوع ساختمان یاد شده به کار برد.

باید توجه داشت که مصالح ساختمانی عموماً دارای چگالی زیاد و ارزان قیمت هستند بنابراین حمل آنها در مسافت‌های زیاد توجیه اقتصادی ندارد. البته از این قاعده تعدادی از مصالح ساختمانی مستثنی هستند

با توضیحات ارائه شده مصالح بومی به طور عمده شامل موارد زیر است: آجر تولید شده در فاصله نسبتاً کوتاهی ازمحل مصرف (برای مثال در شعاع ۴۰ کیلومتری)، خشت ساخته شده ازخاک محل، کاهگل مورد استفاده در اندود خارجی یا داخلی دیوارها، گچ تولید شده در منطقه در کوره‌های ساده سنتی، آهک تولید شده درکوره‌های ساده محلی سنتی، سنگ جمع آوری شده یا استخراج شده ازدامنه کوه‌های محلی، بلوک سیمانی که با استفاده ازماسه محلی و سیمان در محل تولید می‌شود، ورق‌های سیمانی سقف که با مصالح بند قبل و یا با الیاف مسلح کننده ساخته می‌شود، چوب به دست آمده از باغ‌ها یا جنگل‌های منطقه که درمحل عمل‌آوری می‌شود، شن و ماسه به دست آمده از ذخایر رودخانه‌ای یا کوهی محل، ماسه محلی مشابه مورد قبل استفاده شده درملات ماسه سیمانی یا ملات باتارد.

مزایای استفاده از مصالح بومی به شرح زیر است: هزینه اجرای اندک، هزینه کم تولید، آشنایی افراد محلی با شیوه‌های ساخت، حفظ هویت بومی و حذف هزینه‌های حمل.

معایب استفاده از مصالح بومی شامل موارد زیر است: نبود آزمایشگاه‌های کنترل کیفیت، پایین بودن دانش فنی سازندگان، کم بودن ظرفیت تولید مصالح، پایین بودن کیفیت فراورده‌ها، عدم کنترل کیفیت مواد اولیه و محصول، تغییرات زیاد کیفیت، تولید غیرصنعتی و نبود مدیریت یکپارچه و عدم صرفه‌جویی کلان مقیاس.

برای انتخاب مصالح بومی یا غیربومی مصرفی به معیارها و ملاک‌هایی شامل موارد زیر نیاز است:

هزینه: هزینه مصالح شامل هزینه تولید مصالح و هزینه حمل است. به طور کلی هزینه تولید مصالح در محل کارگاه تولیدی به عوامل زیر وابسته است: هزینه مواد اولیه مصرفی (شامل استخراج و حمل از معدن به محل تولید)، هزینه نیروی کار، هزینه انرژی، هزینه تعمیر و نگهداری دستگاه تولید و سایر هزینه‌ها (شامل آب، مالیات و ...).

ذخایر و معادن مواد اولیه موجود در منطقه: یکی از مهم‌ترین مسائل مربوط به ذخایر و معادن مواد خام برای تولید مصالح، اکتشاف و شناسایی آنها در مناطق مختلف کشور است. وجود امکانات و پتانسیل‌های محلی مواد ساختمانی زیر در انتخاب مصالح ساختمانی اصلی بنا تأثیر زیاد دارد: خاک با ضخامت نسبتاً زیاد، چوب، سنگ و سنگدانه (شن و ماسه).

فرهنگ ساخت و ساز: تغییر فرهنگ ساخت و ساز در صورت لزوم به ویژه در مناطق روستایی کشور دشوار است که باید با تلاش سازمان‌های دولتی به روش‌های زیر انجام شود: ۱- برگزاری دوره‌های آموزشی در مناطق روستایی ۲- انتشار راهنماهای فنی-تصویری از ساخت و ساز همساز با

[Downloaded from jhre.ir on 2025-07-31]

اقلیم و با استفاده از مصالح بوم آورد ۳- ساخت ساختمان‌های الگو با توجه به ضوابط و معیارهای فنی- اقتصادی مربوط.

اقلیم: اقلیم از پارامترهای مهم در انتخاب مصالح است.

مقاومت ساختمان ساخته شده با مصالح مورد نظر در برابر زلزله: هرچه جرم ساختمان بیشتر باشد مقاومت کمتری در مقابل نیروهای زلزله دارد. مصالح ساختمانی مورد استفاده در ساختمان محدوده وسیعی از چگالی‌ها را در بر می‌گیرد.

ویژگی‌ها و خواص: برای تصمیم‌گیری در مورد انتخاب مناسب‌ترین مصالح ساختمانی در طرح‌های مختلف ساخت مسکن باید مقایسه‌ای توسط کارشناسان مربوط بین خواص مصالح انجام شود.

ابعاد اجتماعی-اقتصادی: این مورد شامل ایجاد اشتغال، هزینه‌های سرمایه‌ای و صرفه‌جویی ارزی و صنعتی شدن نواحی روستایی است.

۲- بررسی تحقیقات و دستاوردها در استفاده از مصالح بومی

خشت: در بسیاری از مناطق جهان، به ویژه در کشورهای کمتر توسعه یافته، خشت‌های خشک شده در آفتاب به عنوان مصالح ساختمانی اصلی استفاده می‌شوند. در ایران نیز، بخش بزرگی از روستاییان کشور در خانه‌های ساخته شده از خشت و گل خام زندگی می‌کنند. استفاده از خشت دارای مزایای زیر است: آلودگی محیط زیست ایجاد نمی‌کند، ارزان است، ذخیره جرم حرارتی، خواص انتقال حرارتی بهینه برای گرمایش زمستانی و سرمایش تابستانی دارد، از آنجا که خاک مناسب برای ساخت وساز در اکثر مناطق مسکونی جهان وجود دارد و با توجه به آنکه معمولاً تنها فرآوری حداقلی برای مصالح خاکی نیاز است، تولید می‌تواند محلی و غیرمتمرکز باشد و ساخت مسکن به طریق خودیاری انجام شود و هزینه‌ها پایین نگاه داشته شود، تولید خشت تنها ۱ درصد از انرژی مورد نیاز برای تولید آجر یا سیمان پرتلند را لازم دارد، ساختمان سازی با خشت عموماً نیاز به نیروی کارگر زیاد دارد، بنابراین به اقتصاد محلی کمک می‌کند، انتقال صوتی بسیار کم است، خاک می‌تواند برقراری تعادل رطوبتی در داخل ساختمان را بهتر از هر مصالح ساختمانی سنتی دیگری انجام دهد، خشت غیر سمی است. یکی از خصوصیات ویژه خشت آن است که می‌توان آن را در ابعاد مدولار تولید کرد. مزیت دیگر استفاده از خشت آن است که ملات چسباننده آن، یعنی گل (به ضخامت ۱/۲ تا ۲/۵ سانتیمتر) به سرعت خشک می‌شود. سرعت اجرای آن در مقایسه با چینه یا خاک کوبیده بیشتر است.

خشت تثبیت شده: یکی از مصالح پیشنهادی جایگزین خشت سنتی کم دوام و کم مقاومت در روستاها، خشت‌های تثبیت شده است. این مصالح به ویژه در مورد روش‌های خودیاری، برنامه‌های بازسازی و سایر پروژه‌های مشابه که بر اساس کارگر بسیار ارزان یا مجانی استوار است، بسیار مؤثر می‌باشد. مردم روستایی کم درآمد قادر به تأمین آجر و بلوک‌های بتنی نیستند. با این وجود خاک‌های روستاها را می‌توان با موادی تثبیت کرد تا مصالحی که در برابر آب مقاوم و دارای مقاومت فشاری زیاد است ساخته شود. این بلوک‌ها را می‌توان در کارگاه ساختمانی تولید کرد تا هزینه‌های حمل و نقل کاهش یابد (شکل ۱). استفاده از افراد خانواده به عنوان

[Downloaded from jhre.ir on 2025-07-31]

کارگر، کیفیت بالاتر و هزینه ساخت کمتر را تضمین می‌کند و اعتماد و اتکا به خود را گسترش می‌دهد.

تصویر۱- تولید بلوک‌های متراکم و تثبیت شده در مناطق کم درآمد

مطالعات زیادی در کشورهای مختلف جهان در مورد فن‌آوری‌های مسکن ارزان انجام شده است. نتیجه بسیاری از این بررسی‌ها توصیه استفاده از بلوک‌های خاک متراکم و تثبیت شده است. اهداف تولید و مصرف خشت‌های تثبیت شده عبارت‌اند از : ۱- فن‌آوری استفاده از خاک محلی؛ ۲- توسعه ساخت مسکن ارزان قیمت.

سیمان به عنوان یک ماده تثبیت‌کننده برای بسیاری از خاک‌ها و سنگ‌دانه‌ها به طور گسترده‌ای استفاده می‌شود. مخلوط‌های تثبیت شده سیمانی شامل یک سنگ‌دانه یا خاک آسیاب شده و مقدار معینی سیمان و آب است که با چگالی زیاد متراکم شده و در یک دوره مشخصی کاملاً عمل‌آوری می‌شوند. بلوک‌های خاک – سیمان را تقریباً با هر نوع خاکی که عاری از آشغال، مواد گیاهی و نمک‌ها باشد می‌توان ساخت. مناسب‌ترین خاک‌ها برای بلوک‌های خاک – سیمان آنها هستند که دانه‌بندی خوب داشته و از رس، سیلت و ماسه در نسبت‌های تقریباً مساوی تشکیل شده باشند.

جمال و شیخ از دانشگاه مهندسی و فناوری پاکستان مزایای استفاده از بلوک‌های خاک- سیمان را به صورت زیر جمع‌بندی کردند: این بلوک‌ها به دلیل بزرگی، نیروی کار کمتری نیاز دارند. تولید این بلوک‌ها به آموزش خاصی نیاز ندارد. سیمان- خاک از مصالح سنتی ساختمان‌های ارزان قیمت مثل گل، خشت معمولی و بامبو با دوام‌تر است. خواص حرارتی خاک - سیمان قابل قبول است و در مناطق گرم ساختمان‌های خاک-سیمان دارای آسایش حرارتی بیشتری نسبت به ساختمان‌های بتنی است. ظاهر ساختمان خاک – سیمان از نظر معماری جذاب‌تر از سایر انواع ساختمان‌های ارزان قیمت است.

عوامل زیادی به طور ذاتی در طبیعت خاک‌ها وجود دارد که بر واکنش آنها با سیمان و آب اثر می‌گذارد، که به موجب آن بر خواص دوام و مقاومت خاک تثبیت شده نیز تأثیرگذار است. این عوامل شامل مقدار رس و حالت خمیری، آسیاب کردن، دانه‌بندی، مقدار و نوع سیمان، مواد آلی، عمل‌آوری و pH خاک است.

استفاده از خشت به جای بلوک‌های سیمانی هزینه کل یک ساختمان را به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌دهد. انرژی مورد نیاز برای تولید

[Downloaded from jhre.ir on 2025-07-31]

خشت‌های تثبیت شده به روش مکانیکی و خودکار در مقایسه با آجر بسیار کم است. مقدار سیمان مورد استفاده برای تثبیت، تأثیر قطعی بر میزان انرژی مصرفی دارد. در ایران تاکنون توجه زیادی به استفاده از اجزاء پیش‌ساخته در ساخت و ساز توسط خود مالکین برای مسکن اقشار کم‌درآمد نشده است.

آزمایش‌های انجام شده بر روی خشت‌های تثبیت شده که با خاک‌های مناطق مختلف استان‌های خوزستان، گیلان، زنجان، هرمزگان، سیستان و بلوچستان، آذربایجان شرقی، خراسان و مازندران و آهک، سیمان یا ترکیب سیمان و آهک ساخته شدند، نشان داد:

۱- مقاومت خشت‌ها در برابر عوامل جوی و از جمله پایداری در برابر آب افزایش یافته است. ۲- مقاومت فشاری خشت‌ها افزایش یافته است.

خاک کوبیده شده: در دهه‌های اخیر خاک کوبیده شده در ساخت خانه‌های ارزان قیمت بسیار مورد توجه قرار گرفته است. دلیل اصلی این موضوع آن است که در فرایند ساخت خاک کوبیده شده از مصالح فله استفاده شده و این مصالح به طور مستقیم بر قالب‌های سوار شده بر پی فشرده می‌گردند (شکل ۲). اکنون تراکتورها می‌توانند خاک را به سرعت و با کارایی بالا جابه‌جا کنند و پمپ‌های پنوماتیک می‌توانند نقش زیادی در افزایش سرعت نصب دیوارها ایفا کنند. عوامل مهم در ساخت خاک فشرده شامل انتخاب خاک، رطوبت خاک در زمان استفاده و میزان فشردن هر لایه می‌باشد. در روش‌های سنتی از قالبی با دستک‌های حجیم چوبی استفاده می‌کردند که باعث به وجود آمدن نقاط ضعیفی در دیوار می‌شد و معمولاً ترک‌هایی افقی در اثر انقباض بین لایه‌ها ایجاد می‌شد.

الف: یک تراکتور برای بار کردن، یک دستگاه مخلوط کن، کوبه دستی، و یک کمپرسور بزرگ که وسایل مورد نیاز در سازه خاک کوبیده را تشکیل می‌دهند.

ب: ساخت دیوار خاک کوبیده توسط دانشجویان دانشگاه چارلزاستورت در نیوساوتولز استرالیا.

تصاویر شماره ۲

چینه: چینه احتمالاً قدیمی‌ترین و ساده‌ترین سیستم ساختمانی خاکی است. با داشتن کلاف بندی، بام و پی مناسب و محافظت با اندود خارجی در صورت لزوم، ساختمان چینه‌ای می‌تواند عمر طولانی داشته باشد. ترکیب جرم حرارتی زیاد و عایق کاری، آن را برای استفاده در ساختمان‌های خورشیدی غیرفعال مناسب می‌سازد. چون چینه درزهای ملات ندارد که در دیوارهای خشتی و آجری وجود دارد، چینه در برابر زلزله مقاوم‌تر است. چینه کاملاً غیرسمی و قابل بازیافت است. به تولید و مکانیزه بودن به هیچ وجه وابسته نیست و هزینه زیست

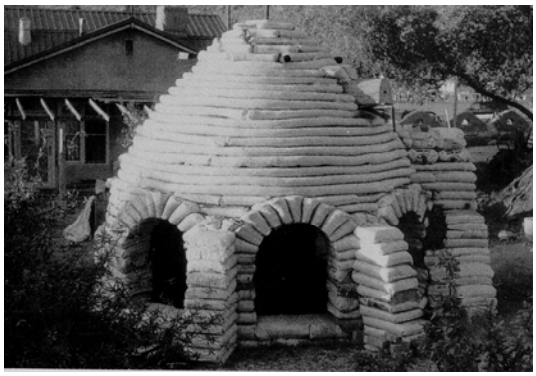
[Downloaded from jhre.ir on 2025-07-31]

محیطی فوق العاده پایینی دارد. هزینه اقتصادی آن نیز به همان میزان کم است. کل مخارج دیوارهای یک مسکن کوچک چند صد دلار است. در بخش دون انگلستان حدود ۲۰ هزار خانه چینه‌ای و بسیاری ساختمان‌های کنارین وجود دارد که اکثر آنها عمری بین ۲۰۰ و ۵۰۰ سال دارند (اسمیت، ۲۰۰۵).

بحرانی‌ترین موضوع طراحی برای ساختمان‌های چینه‌ای محافظت از آن در برابر خیس شدگی طولانی است. دیوارهای چینه‌ای در واقع می‌توانند مقادیر زیادی آب جذب کنند بدون آن که آسیب ببینند به شرطی که قادر باشند خشک شوند (اسمیت،۲۰۰۵).

در ایران دیوارهای چینه‌ای، شاغولی نبودند. این دیوارها هرچه بلندتر ساخته شوند، ضخامت‌شان کمتر می‌شود و این باعث ایستایی دیوار می‌شود. چینه گلی، خازن حرارت خوبی است چون ضخامت جدار زیاد و جرم حرارتی چینه نیز زیاد است. امتیازات چینه گلی: از نظر ترکیب خاک و جنس آن تا حدود زیادی انعطاف پذیر است. در مواردی که به دلیل جنس خاک و ترک خوردن آن پس از خشک شدن، نمی‌شود خشت درست کرد، چینه گلی را می‌توان جایگزین آن نمود. از نظر دانه‌بندی خاک و شن همراه آن نیز محدودیت خشت را ندارد. خیلی ارزان است. سریع اجرا می‌شود. اشکال استفاده از چینه‌های گلی در اتاق‌ها، ناصاف و غیرقائم بودن این دیوارهاست که به تناسب و زیبایی درون اتاق لطمه می‌زند (زرگر، ۱۳۷۸). اشکال دیگر دیوارهای چینه‌ای سنگین بودن آن است که مقاومت کمتری را در برابر نیروهای زلزله فراهم می‌آورد.

کیسه‌های خاک: استفاده از کیسه‌های پرشده با خاک، به عنوان یک تکنیک ساختمان‌سازی، به طور عمده در ایالات متحده، مورد توجه روزافزون قرار گرفته است. کیسه‌های خاک، از جنس پارچه یا پلاستیک هستند که با خاک و برخی مواقع با ماسه یا شن پر می‌شوند، و برای ساخت پی‌ها، دیوارها و گنبدها مورد استفاده قرار می‌گیرند (شکل ۳).



تصویر ۳- ساختمان کیسه خاکی

ساختمان‌سازی با کیسه‌های خاک یکی از ارزان‌ترین شیوه‌ها است. در این شیوه از خاک موجود در محل و کیسه‌های معمول استفاده می‌شود. این تکنیک مهارت کمی نیاز دارد، از دیگر شیوه‌های ساختمان‌سازی با خاک مانند ساخت خشت به مراتب سریع‌تر است، و برخلاف شیوه مدرن خاک فشرده، ابزارهای محدودی نیاز دارد. این سیستم در جاهایی که فاقد خاک رس و چوب هستند و در مناطق سیل‌خیز و طوفان‌خیز، کارآمدترین شیوه است.

زیبایی تکنولوژی کیسه‌های خاک تنها در هزینه پایین آن نهفته نیست، بلکه محصول آزادی فرم‌های آن است. علاوه بر کاربرد در دیوارهای مستقیم و سازه‌های گنبدی سیستماتیک، کیسه‌های خاک می‌توانند به صورت تندیس‌گونه در هم تابیده شوند و ساختمان را مانند آثار سفالی رسی شکل دهند. به این ترتیب، ساختمان می‌تواند با محوطه خود درآمیزد. علاوه بر سازگاری با انواع شرایط زمین، کیسه‌های

[Downloaded from jhre.ir on 2025-07-31]

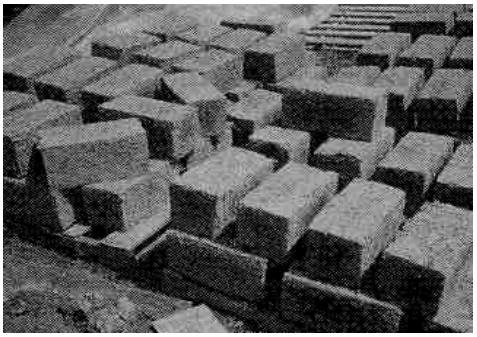
خاک می‌توانند با گستره وسیعی از مواد پرکننده استفاده شوند. دیوارهای کیسه خاکی وقتی به خوبی ساخته شوند بسیار مقاوم هستند. جدارهای کیسه خاکی در مناطق دورافتاده و نیز به عنوان پناه‌گاه‌های بعد از بلایا، ارزشمند هستند زیرا تنها جزء صنعتی آن، کیسه‌ها، سبک بوده و به آسانی حمل می‌شوند.

رس سبک: رس سبک نوعی مصالح ساختمانی مرکب است که از الیاف طبیعی، معمولاً کاه یا تراشه‌های چوب تشکیل شده و روکشی از رس آنها را می‌پوشاند. این ترکیب در قالب‌هایی قرار می‌گیرد تا به صورت دیواره، بلوک یا پنل شکل گیرد. این مصالح عموماً به عنوان پرکننده استفاده می‌شوند و به سبب قابلیت عایق بودن مورد توجه قرار می‌گیرند؛ اما برخی قابلیت‌های سازه‌ای نیز دارند که بسته به چگالی و ضخامت آن‌ها افزایش می‌یابد (شکل ٤).

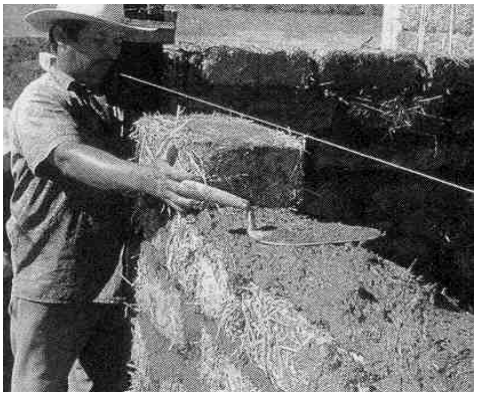
رس سبک بیشتر از الیاف تشکیل شده تا خاک، اما می‌تواند با نسبت‌های متفاوت الیاف به رس ساخته شود. در رس سبک، رس به عنوان چسباننده و نگه‌دارنده عمل می‌کند و محافظت کاه را در برابر آتش افزایش می‌دهد. رس هم‌چنین از هجوم حشرات و جوندگان جلوگیری می‌کند. رس سبک با پوشش دادن کاه با روکش دوغاب رس و قرار دادن مخلوط در قالب ساخته می‌شود. رس سبک به شکل دور از انتظاری بادوام است و تاریخچه‌ای طولانی در اقلیم‌های ناملایم و مرطوب دارد. اما در مورد دیوارهای در معرض باران‌های شدید، استفاده از پوششی از تخته یا شینگل لازم به نظر می‌رسد. به کارگیری لایه‌های نفوذ ناپذیر در برابر رطوبت توصیه نمی‌شود، زیرا مانع تنفس دیوار می‌شوند و رطوبت درونی را حبس می‌کنند.

سایر الیاف طبیعی را می‌توان برای ساخت رس سبک با کاه جایگزین کرد. از اوایل دهه ۱۹۹۰ استفاده از تراشه‌های چوب به عنوان سنگدانه در آلمان رواج یافت. سنگدانه‌های دیگری شامل چوب پنبه، خاک اره، الیاف نارگیل، سیسال، کنف، کتان و سایر الیاف طبیعی نیز وجود دارند (لاپورت و آندرسون ۲۰۰۵).

رس سبک استفاده از چوب را در ساختمان کاهش می‌دهد. همه بخش‌های پر شونده بالای پی مانند دیوارهای داخلی و خارجی، سقف و عایق‌کاری بام را می‌توان با تنوعی از رس سبک ساخت. قالب‌ها



الف: بلوک‌های رس- سبک درحال خشک شدن بر روی طبق‌های چوبی (پالت). این بلوک‌ها را می‌توان با دوغاب رسی مخلوط شده با تراشه‌های چوب، کاه و سایر الیاف طبیعی تولید کرد.



ب: اجرای دیوار رس- سبک

تصاویر شماره ٤

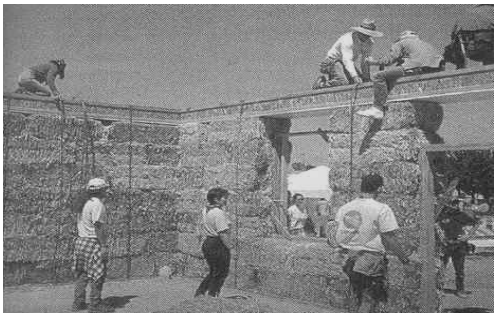
[Downloaded from jhre.ir on 2025-07-31]

در هر دو طرف دیوار محکم می‌شوند تا ریختن کاه – رس به داخل حفره انجام شود. مرحله بعدی بار گذاشتن یا حتی کوبیدن مخلوط است که برای رسیدن به دیوارهای مستحکم و پایدار عاری از ترک لازم است.

بلوک کاه: روش ساختمان سازی بلوک کاه در دشت‌های "نبراسکا" در قرن نوزدهم ابداع شد. در قرن بیستم ساختمانسازی با بلوک کاه اندود شده توسعه یافت. امروزه نیز ساخت ساختمان با مکعب‌های به‌هم فشرده کاه، که در ۱۵۰ سال پیش در دشت‌های بزرگ ایالات متحده رایج بوده، مورد توجه قرار گرفته است. ساختمان‌های بلوک کاهی به طور کلی بر اساس این که بارهای عمودی در درجه اول توسط خود بسته‌ها تحمل شود یا توسط یک قاب، به دو دسته «باربر» و «تیر و ستونی» تقسیم می‌شوند (شکل۵). در مورد انواع باربر، امروزه سیستم‌های متعددی برای پیش‌فشرده‌سازی بسته‌های کاه میان پایه دیوار و صفحه یا تیر حمال فوقانی به کار می‌رود. باید اشاره کرد که حتی در سیستم‌های باربر، پوسته‌های اندود شده دیوارها (اغلب اندود سیمان) نقش مهمی در خصوصیات سازه‌ای دیوار ایفا می‌کنند. این مجموعه در واقع مانند یک ساندویچ پنل عمل می‌کند که بسیار مستحکم‌تر از خود بسته‌های کاه یا اندودهاست.

مزایای ساختمان بلوک کاه به شرح زیر است: آثار زیست محیطی منفی آن بسیار کم است. فراوری (بسته بندی کردن) در محل تولید – کارگاه ساختمانی- با حداقل انرژی مصرفی، بدون استفاده از آب و حداقل آلودگی انجام می‌شود. از آنجا که از کاه روییده در محل استفاده می‌شود هزینه حمل به کارگاه ساختمانی حداقل است. بلوک کاه به انرژی نصب بسیار کمی نیاز دارد. انرژی سرمایش و گرمایش در طی عمر ساختمان

الف: مسکن یک اطاق خوابه با یک حمام. این ساختمان سیستم برقی فتوولتائک و گرمایش از کف خود را دارد. این خانه تیر و ستونی به طریقی طراحی شده است که شبیه خانه‌های شیبدار سنتی شمال نیومکزیکو باشد.



ب: این دیوار با تلاش گروهی در گوادالوپ مکزیک ساخته می‌شود. در اینجا تیر جعبه‌ای با تسمه‌های فلزی به صفحه کف متصل شده است. این تسمه‌ها به بسته‌های کاه باربر محکم بسته شده است.

تصاویر شماره ۵

صرفه‌جویی می‌شود. هیچ ماده سمی آزاد نمی‌کند. در پایان عمر مفید ساختمان کاه به خاک باز می‌گردد (لرنر و همکاران ۲۰۰۵).

پوشش بام میکروبتنی: یکی از مصالح ساختمانی که می‌تواند در روستاهای کشور تولید شده و در بام‌های شیبدار مصرف شود، پوشش بام میکروبتنی است که ملاتی از سیمان و ماسه دانه‌بندی شده است که بر روی قالب شیبدار ویبره و به صورت لایه‌ای شکل داده و عمل‌آوری می‌شود (شکل ٦). این

[Downloaded from jhre.ir on 2025-07-31]

مصالح در سیستم بام شیب‌دار کاربرد دارد و از ورق‌های آزبست–سیمان، ورق گالوانیزه و پوشش بام سفالی ارزان‌تر تمام می‌شود. در جایی که پوشش بام سفالی در دسترس نیست و در جایی که سیستم نگه‌دارنده چوبی گرانتر است استفاده از این مصالح مناسب می‌باشد. سیستم تیرهای شیروانی با استفاده از پوشش بام میکروبتنی ارزان‌تر است. در مناطقی که بارندگی شدیدی وجود دارد این نوع پوشش‌های بام می‌توانند به عنوان پوشش آببند کننده به کار روند.

آجر: در سال‌های اخیر استفاده از آجر در ساخت و ساز روستایی کشور رواج بیشتری یافته است. لازم است در مناطق پر جمعیت روستایی برای مثال شمال و غرب بررسی احداث کارگاه‌ها و کارخانه‌های آجر انجام شود. ابعاد اجتماعی– اقتصادی تولید آجر ایجاد اشتغال، هزینه‌های سرمایه‌ای و صرفه‌جویی ارزی، کاهش هزینه تولید واحد آجر و صنعتی شدن نواحی روستایی می‌باشد.

ضریب هدایت حرارتی بدنه آجر به نسبت‌های اجزای شیشه‌ای، بلورین و تخلخل بستگی دارد. ضریب هدایت حرارتی به شدت با افزایش میزان رطوبت افزایش می‌یابد. آجر چون خود ماده‌ای پخته است عملکرد آن تحت شرایط آتش عموماً بسیار عالی است. آجر توپر عموماً مقاومت بیشتری در برابر شوک حرارتی و مقاومت بهتری در برابر انتقال حرارت در دماهای زیاد دارد. تحدب و تقعر آجر اثر نامطلوبی بر مقاومت آن دارد زیرا باعث تمرکز تنش در محل‌های خاص شده و از توزیع یکنواخت تنش جلوگیری می‌کند.

ضایعات آجر: ماهر (۱۹۸۷)، استفاده از ضایعات آجر را (که به فراوانی در کارگاه‌های تولید آجر یافت می‌شود) به عنوان سنگدانه درشت در بتن سازه‌ای شرح داد. با استفاده از این سنگدانه‌های حاصل از ضایعات آجر می‌توان بتن نیمه‌سبک با چگالی ۲۰۰۰ تا ۲۰۸۰ کیلوگرم بر مترمکعب تولید کرد. هنگام استفاده از این سنگدانه‌ها در بتن درصد بیشتری از آب مورد نیاز است. استفاده از سنگ‌دانه آجر اغلب نتایج امیدوارکننده‌ای داشته است.

الف: تولید پوشش بام میکروبتنی

ب: بام شیبدار با استفاده از این مصالح

تصاویر شماره ٦

بلوک سیمانی: بلوک‌های سیمانی یا بتنی اصطلاحاً به مصالح بنایی گفته می‌شود که از اختلاط سیمان و آب با سنگ‌دانه مناسب و سپس لرزاندن و پرس کردن مخلوط به دست می‌آید. تهیه و کاربرد بلوک‌های بتنی بیشتر در مناطقی رایج است که خاک مناسب برای تهیه آجر وجود نداشته باشد. از فواید دیگر مصرف بلوک صرفه جویی در مصرف مصالح، حمل آسان، عایق بودن نسبی حرارتی و صوتی و

[Downloaded from jhre.ir on 2025-07-31]

سهولت در مسلح کردن کارهای بنایی را می‌توان نام برد. بلوک‌ها را به صورت‌های گوناگون گروه بندی می‌کنند. این بلوک‌ها خشن و معمولاً در برابر آب قابل نفوذ هستند. توصیه شده است که دیوارهای خارجی بنا با ملات سیمانی نرم اندود شوند. بلوک‌های سبکدانه نیز هم اکنون در ایران تهیه می‌شوند که مهم‌ترین سبکدانه آنها رس منبسط (پوکه صنعتی) و پوکه معدنی است. تهیه و کاربرد بلوک‌های بتنی بیشتر در مناطقی رایج است که خاک مناسب برای تهیه آجر وجود نداشته باشد. از فواید دیگر مصرف بلوک، صرفه جویی در مصرف مصالح، حمل آسان، عایق بودن نسبی حرارتی و صوتی، مقاومت خوب در برابر آتش و سهولت در مسلح کردن بنایی را می‌توان نام برد.

چوب: وجود ساختمان‌های چوبی که حدود ۳۰۰ سال پیش ساخته شده و هنوز قابل استفاده‌اند بیانگر این واقعیت است که چنان‌چه چوب در شرایط مناسبی استفاده شود عمر مفید آن بیش از مصالح بنایی است. چوب دارای چگالی کم ولی مقاومت زیاد است. عایق حرارتی خوبی است و انتقال حرارت آن خیلی کم است. در ساختمان، چوب به شکل گرد، الوار، چار تراش و تخته مصرف می‌شود. چوب‌ها با توان باربری زیاد، میانه و کم گروه بندی می‌شوند. چون چوب نسبت به مصالح ساختمانی دیگر بسیار سبک‌تر و همچنین ضربه‌گیر می‌باشد، برای مناطق زلزله خیز مصالح ساختمانی مناسبی است، و به عنوان یکی از مصالح ساختمانی دارای مزایای زیر است: قابل تجدید است، قابل استفاده در تولید انرژی و سوخت، ساخت فرآورده‌های چوبی نیاز به حداقل انرژی دارد، نسبت به سایر مصالح ساختمانی خیلی سبک است، احداث ساختمان‌های چوبی دستمزد پایینی دارد، با چسب اتصالات محکمی را به وجود می‌آورد، قطعات چوبی را می‌توان با میخ یا پیچ به هم متصل کرد، چوب خشک در مقابل گرما و برق عایق است و دارای عکس‌العمل الاستیکی و پلاستیکی است. چوب به گرما حساس نیست ولی در مقابل رطوبت خیلی حساس است. وقتی چوب رطوبت زیادی را جذب کند کشیده شده و باد می‌کند. در مقابل اگر رطوبت چوب خیلی کاهش یابد ابعادش جمع شدگی می‌یابد و ترک بر می‌دارد. مهم‌ترین عوامل مخرب چوب عبارتند از: سایش مکانیکی، تخریب شیمیایی، هوازدگی و عوامل بیولوژیکی.

نی: در سواحل خلیج فارس و دریای عمان، افراد تنگدست در کنار هورها و مناطقی که نی رشد می‌کند و هم‌چنین در مجاورت نخلستان‌ها، در خانه‌های حصیری که به نام کپر معروف است، زندگی می‌کنند. مصالح مورد استفاده در این کپرها، نی‌های روئیده شده در کنار آب‌گیرها و یا برگ درختان خرما است. اسکلت کپر را دسته‌های بلند نی و یا شاخه‌های وسط برگ خرما که به هم گره زده شده‌اند و قطر آن حدود ۱۰ الی ۱۵ سانتی‌متر است، تشکیل می دهد.

از لحاظ اقلیمی و اقتصادی کپر برای این مناطق بسیار مناسب است زیرا اولاً حرارت را در خود ذخیره نمی‌کند و دوم آن که در زیر آن سایه است و در همان حال تهویه در آن به راحتی انجام می‌شود. سوم اینکه در مقابل بالا آمدن آب هورها که بسیار اتفاق می‌افتد و سطح روستا را فرا می‌گیرد و یا سیلاب در کنار مسیل‌ها، نی بهتر از دیوار گلی و یا خشتی عمل می‌کند. زیرا آب باعث سست شدن و تخریب تدریجی دیوار گلی و خشتی می‌شود و تا مدت‌ها رطوبت در آن باقی می‌ماند ولی دیوار

[Downloaded from jhre.ir on 2025-07-31]

حصیری توسط آب به راحتی خراب نمی‌شود و رطوبت آن فوراً خشک می شود.

کانتکس نام تجاری قطعات پیش ساخته‌ای است که از بافته شدن نی در کنار یکدیگر توسط مفتول‌های گالوانیزه به دست می‌آید. کارخانه تولید کننده این قطعات در سال ۱۳۳۷ در اهواز تاسیس شد. پنل‌های کانتکس عایق حرارت خوبی محسوب می‌شوند. این پنل‌ها سبک بوده و جهت دیوارکشی در مناطق زلزله خیز بسیار مناسب است. سهولت اجرا یکی از مزایای این مصالح است. قابلیت پوشش کانتکس با محصولاتی نظیر گچ، سیمان، رنگ، کاشی، موزائیک، اندودهای پایه سیمانی، کنیتکس و انواع مشابه به حدی است که از آن به عنوان رابیتس، دیوارکشی و غیره استفاده کرده و روی آن را با محصولات فوق پوشش می‌دهند. قیمت آن در قیاس با محصولات مشابه ارزان است.

بامبو گیاهی است از خانواده گندمیان و یا علوفه با ساقه بندبند و توخالی که در حدود ۱۵۰۰ گونه از آن وجود دارد. این گیاه سالیان درازی است که در تأمین مسکن نیمی از جمعیت دنیا نقش عمده‌ای داشته بدون آنکه برای تولید و استفاده از آن هزینه و نیروی انسانی قابل توجهی لازم باشد. بامبو در مقایسه با چوب ارزان تر است و در دوره‌های کوتاه مدت می‌توان از آن بهره برداری کرد، بامبو دارای مقاومت کششی بالایی است، بامبو دارای سبکی و شکل پذیری قابل توجه و یکنواختی مناسب است و سازه‌های بامبویی مقاومت خوبی در برابر نیروهای ناشی از باد و زلزله دارند، تولید و بهره برداری از بامبو با ابزار و وسایل ساده امکان پذیر است و نیاز به تکنولوژی پیچیده ندارد (شکل ۷).

بامبوی موجود در استان‌های گیلان و زنجان جزء گونه‌های تک ساقه‌ای بوده و قطر آنها از ۱ تا ۱۰ سانتی‌متر متغیر است. حداکثر ارتفاع بعضی از آنها به ۱۲ متر هم می‌رسد. اکثر بامبوها در قسمتی از مزارع به طور محدود کاشته و نگه‌داری می‌شوند. بامبو را به علت دارا بودن ویژگی‌های استثنایی و قیمت ارزان می‌توان به عنوان یکی از مصالح ساختمانی در عمران و آبادانی مسکن روستایی و شهری استفاده کرد.

تصاویر ۷- دیوارهای ساخته شده با ساقه بامبو

ضایعات کشاورزی و الیاف طبیعی: میلوی تحقیقاتی در مورد امکان‌سنجی استفاده از بازمانده‌های کشاورزی به عنوان جزء اصلی مصالح ساختمانی انجام داد. باگاس محصول فرعی تولید شکر یکی از موادی است که در تولید مصالح ساختمانی در ساحل عاج، یونان، کوبا و مصر به طور موفقیت‌آمیزی استفاده شده است (FAO، ۱۹۷۶). از باگاس و رزین برای ساختن تخته استفاده می‌شود. همچنین پوسته

[Downloaded from jhre.ir on 2025-07-31]

نارگیل، ساقه برنج، و پوسته بادام زمینی در تولید مصالح ساختمانی به کار رفته است. این محصولات عمدتاً برای ساخت مصالح بام‌سازی مانند تخته‌های سقفی و نماسازی استفاده می‌شود.

عزیز و همکاران از دانشگاه ملی سنگاپور (۱۹۸۷) خواص مقاومتی، عملکرد فیزیکی و دوام مصالح کامپوزیتی بر پایه سیمان مسلح شده با الیاف نارگیل و کنف (هندی) را مورد تحقیق قرار دادند. الیاف با طول متفاوت به عنوان مسلح‌کننده استفاده می‌شوند که به طور اتفاقی جهت یافته‌اند و در خمیره به طور یکنواخت توزیع شده‌اند. در مورد استفاده از الیاف طبیعی حاصل از بامبو، نارگیل، کنف، سیسال و نیشکر در خمیر سیمان، ملات و بتن تحقیقات گسترده‌ای انجام شده است. این پژوهش‌ها نتایج امیدوارکننده‌ای نشان داده است.

عیب پوشش بام با مواد گیاهی، دوام کم، هجوم حشرات (به ویژه موریانه) و مقاومت کم در برابر آتش است. بنابراین پوشش‌های بر پایه سیمان بر پوشش‌های گیاهی (با ساقه و برگ گیاهان) برتری دارند. الیاف طبیعی مختلفی از نظر خواص عایقکاری مورد بررسی قرار گرفته اند. انواع قابل توجه شامل پنبه، پشم، کنف و کاه است. عایق بر پایه پنبه شامل پنبه بازیافت شده و الیاف پلاستیکی است که با کندسوز کننده و دافع حشرات و جوندگان بهسازی می‌شود. عایق پنبه خواص حرارتی مشابه پشم شیشه دارد.

دیوارهای حصیری: دیوار حصیری در مقابل نیروی زلزله بسیار مقاوم‌تر و مطمئن‌تر از دیوار خشتی و یا گلی است، زیرا دیوار حصیری دارای انعطاف پذیری خوبی است و از دیوار خشتی و گلی سبک‌تر است. مصالح دیوار حصیری، نی‌های خودرو و یا برگ‌های خشک خرما است که به وفور یافت می‌شود. همچنین اجرای این گونه دیوار سریعاً صورت می‌گیرد و انجام آن نسبتاً ساده است و به مهارت زیاد احتیاجی نیست. از معایب کپر عمر نسبتاً کوتاه، قابلیت اشتعال و رشد حشرات مزاحم در داخل آن است. کپر در بسیاری از نقاط ایران به خصوص در کنار دریا، مانداب‌ها و نخلستان‌ها احداث شده است.

هم‌پوشانی پهنه‌بندی زلزله و پهنه‌بندی اقلیمی بر انتخاب مصالح ساختمانی

۱- پهنه‌بندی زلزله و مصرف مصالح ساختمانی در کشور

در پهنه بندی حرکات زمین باید موارد زیر در نظر گرفته شوند: الف) لرزه خیزی، ب) کاهش شدت حرکات زمین در اثر دور شدن از مرکز زلزله، و پ) اثرات وضعیت محل بر روی حرکات زمین در حین زلزله. اثرات وضعیت محل حتی در یک ناحیه کوچک نیز دارای تغییرات شدید است و به همین علت به عنوان مهمترین فاکتور در پهنه بندی حرکات زمین قلمداد می‌شود. آن چه که به عنوان مطالعات پهنه‌بندی خطر زلزله انجام می‌شود، برآورد رخدادهایی است که در آینده احتمال وقوع آن در منطقه‌ای و پهنه‌ای وجود دارد.

از نظر پهنه بندی خطر زلزله مناطق مختلف کشور به چهار دسته مختلف تقسیم شده اند: ۱- خطر خیلی بالا ۲- خطر بالا ۳- خطر متوسط ٤- خطر کم. بر این اساس، متاسفانه شهرهای تهران، تبریز، کرمان، کرج، قزوین و ... در پهنه‌بندی با خطر خیلی بالا قرار می‌گیرند. ضمناً شهرستان بم در پهنه بندی خطر بالا قرار دارد. همینطور پهنه بندی خطر بالا شامل

[Downloaded from jhre.ir on 2025-07-31]

شهرهایی مانند شیراز، کازرون، یاسوج، بندرعباس، مشهد، اردبیل، کرمانشاه، رشت، انزلی و ... می‌شود. در پهنه بندی خطر متوسط شهرهایی مانند اصفهان، اراک، ارومیه، سنندج و ... قرار می‌گیرند. در پهنه‌بندی خطر کم تنها مناطق کویری و تقریباً بی‌آب و علف به همراه دو شهر آبادان و خرمشهر قرار دارد.

از نظر پهنه‌بندی خطر زلزله مناطق مختلف کشور به چهار دسته مختلف تقسیم شده‌اند: ۱- خطر خیلی بالا ۲- خطر بالا ۳- خطر متوسط ٤- خطر کم. بر این اساس، متاسفانه شهرهای تهران، تبریز، کرمان، کرج، قزوین و ... در پهنه‌بندی با خطر خیلی بالا قرار می‌گیرند

متأسفانه قسمت بزرگی از کشور ما در پهنه با خطر نسبی زیاد و بسیار زیاد قرار دارد. تهران در پهنه با خطر نسبی بسیار زیاد جای دارد. در استان تهران که قسمت عمده ساختمان‌ها در دو شهر تهران و کرج و توابع آن‌ها قرار گرفته است حدود ۱۷ درصد ساختمان‌ها دارای اسکلت بتنی و حدود ۵۸ درصد دارای اسکلت فلزی است. بنابراین ۷۵ درصد ساختمان‌های این استان از مقاومت ظاهراً خوبی در برابر زلزله برخوردارند. این در صورتی است که این ساختمان‌ها به خوبی اجرا شده باشند که متأسفانه شواهد گویای این امر نیست. این در حالی است که روستاهای استان تهران سهم ساختمان‌های دارای اسکلت فلزی و بتنی با کاهش قابل توجهی نسبت به وضعیت کلی استان و ساختمان‌های شهری روبرو است.

در بسیاری از مناطق مانند استان‌های یزد، کرمان، خراسان (شمالی و جنوبی) که در پهنه با خطر نسبی بسیار زیاد و زیاد قرار دارند سهم ساختمان‌های دارای اسکلت (فلزی و بتنی) بسیار ناچیز است. در استان یزد ۷۵ درصد ساختمان‌ها در گروه آجر و آهن- سنگ و آهن قرار دارند، که به دلیل ضعف سازه‌ای این ساختمان‌ها از مقاومت کافی در برابر حرکات زلزله برخوردار نیستند. نوزده استان کشور کمتر از ۵ درصد ساختمان‌های روستایی دارای اسکلت فلزی و مجدداً نوزده استان کمتر از ۵ درصد ساختمان‌ها دارای اسکلت بتنی هستند. ساختمان‌های دارای اسکلت بتنی و همچنین اسکلت فلزی در روستاها تنها در چهار استان بیش از ۱۲ درصد کل ساختمان‌های موجود را شامل شده است.

با توجه به خطرات زیاد زلزله در کشور و با بررسی آمار مصالح مورد استفاده در ساختمان‌ها جهت‌گیری‌های اصلی باید شامل موارد زیر باشد:

- ساخت ساختمان‌های مهندسی ساز با استفاده از اسکلت در ساختمان‌های جدید در صورت فراهم بودن امکانات لازم و یا استفاده از شناژ افقی و قائم در ساختمان‌های بنایی
- تقویت ساختمان‌های موجود که فاقد اسکلت و شناژ هستند.

با آن که سازه نقش اصلی را در مقاوم‌سازی ساختمان در برابر زلزله دارد، استفاده از مصالح سبک می‌تواند مقاومت ساختمان را در برابر نیروهای زلزله افزایش دهد. به کار بردن مصالح بومی سنگین مانند سنگ و بلوک‌های بتنی توپر در دیوارهای ضخیم ساختمان در پهنه‌های با خطر خیلی زیاد و زیاد مناسب نیست. استفاده از مصالح سبک (مانند بلوک‌های سبک سفالی، سیمانی یا بلوک کاه) در چنین پهنه‌هایی توصیه می‌شود.

[Downloaded from jhre.ir on 2025-07-31]

۲- پهنه‌بندی اقلیمی و مصالح ساختمانی در کشور

در پهنه‌بندی اقلیمی تهیه شده توسط مهندس مرتضی کسمایی، ایران به هشت پهنه اقلیمی تقسیم شده است. این پهنه‌ها به شرح زیر است: گروه اقلیمی ۱: دارای زمستان‌های شدیداً سرد و تابستان‌های مناسب، گروه اقلیمی ۲: دارای زمستان‌های شدیداً سرد تا سرد و تابستان‌های معتدل تا نیمه‌گرم، گروه اقلیمی ۳: دارای زمستان‌های خیلی سرد تا خنک، تابستان‌های مرطوب، گروه اقلیمی ٤: دارای زمستان‌های خیلی سرد تا نسبتاً سرد، تابستان‌های گرم و مرطوب، گروه اقلیمی ۵: دارای زمستان‌های سرد و نسبتاً سرد، تابستان‌های نیمه‌گرم و خشک و گرم، گروه اقلیمی ٦: دارای زمستان‌های نیمه‌سرد تا نسبتاً سرد، تابستان‌های گرم و خشک و بسیار گرم و خشک، گروه اقلیمی ۷: دارای زمستان‌های معتدل و خنک و تابستان‌های بسیار گرم و خشک و بسیار گرم و نیمه‌مرطوب، گروه اقلیمی ۸: دارای زمستان‌های خنک و مناسب، تابستان‌های خیلی گرم و مرطوب. در واقع در این نقشه، پهنه‌بندی کلی اقلیمی ایران، که شامل چهار پهنه معتدل مرطوب جنوب دریای خزر، سرد کوهستانی، گرم و خشک فلات مرکزی و گرم و مرطوب سواحل خلیج فارس و دریای عمان می‌باشد.

با بررسی نقشه‌های هم‌پوشانی پهنه‌بندی اقلیمی و مصالح ساختمان‌ها موارد زیر مشخص می‌شود:

– درگروه‌های اقلیمی ۷ و ۸، که پهنه‌های گرم و مرطوب و گرم و نیمه‌مرطوب جنوبی کشور را در بر می‌گیرند، و گروه اقلیمی ۳ در جنوب دریای خزر، سهم ساختمان‌های اسکلت بتنی به مراتب بیش از ساختمان‌های اسکلت فلزی است. این موضوع به دلیل این باور است که سازه‌های فلزی در مناطق مرطوب آسیب‌پذیرترند. در همین گروه‌های اقلیمی، یعنی گروه‌های ۳، ۷ و ۸ ، سهم ساختمان‌های بلوک سیمانی بیش از دیگر استان‌هاست.

– سهم ساختمان‌های تمام چوبی در پهنه اقلیمی ۳، که شامل جلگه‌های جنوبی دریای خزر می‌باشد، به سبب رطوبت بالای هوا که استفاده از مصالح دارای ظرفیت حرارتی کم را مطلوب می‌کند، و با توجه به منابع موجود در این استان‌ها، بیشتر از دیگر پهنه‌هاست. اما به هر حال در این استان‌ها نیز ساختمان‌های تمام چوبی درصد بسیار کمی از کل ساختمان‌ها را تشکیل می‌دهند.

– در گروه‌های اقلیمی ۵ و ٦، که پهنه‌های گرم و خشک فلات مرکزی را در بر می‌گیرند، ساختمان‌های «آجر و آهن و سنگ و آهن» و «خشتی و گلی» سهم بیشتری نسبت به دیگر گروه‌های اقلیمی دارند. استفاده از مصالح سنگین مانند آجر و خشت، به سبب اقلیم خشک این مناطق و نوسان بالای دمای روزانه، نقش زیادی در بهبود عملکرد حرارتی این ساختمان‌ها دارد.

در میان مصالح بومی مناطق مختلف ایران، سنگ ضریب هدایت حرارت بالایی دارد و نمی‌تواند جواب‌گوی شرایط اقلیمی سرد مناطق کوهستانی باشد. اما دیوارهای خشتی و گلی با ضخامت‌های معمول ۳۰ سانتی‌متر به بالا می‌توانند تا حدی تبادل حرارت ساختمان را از طریق هدایت کاهش دهند، هر چند بهبود عملکرد حرارتی این اجزا نیز مستلزم به کارگیری عایق‌های حرارتی است. در اقلیم‌های خشک، که نوسان روزانه دمای هوا زیاد است، استفاده از جدارهای سنگین و دارای ظرفیت حرارتی بالا می‌توانند به بهبود عملکرد حرارتی ساختمان کمک

[Downloaded from jhre.ir on 2025-07-31]

کنـد. لازم بـه ذکـر اسـت کـه در صـورت اسـتفاده از عایق‌های حرارتی، نقش جرم و ظرفیت حرارتی جدارها در ارتباط بـا تـابش خورشـید تقریبـاً از بـین مـی‌رود و عملکرد جرم حرارتی در رابطه با منابع حرارتی داخلـی بنا مطرح می‌شود.

در پهنـه‌هـای اقلیمـی سـخت یعنـی پهنـه‌هـای بـا زمستان‌هـای شـدیداً سـرد (گـروه اقلیمـی ۱،۲،۳ و ٤) و پهنه‌های با تابستان‌های بسیار گرم و خشک و بسیار گرم و نیمـه مرطـوب (بخـشی از گـروه اقلیمـی ٦ و گـروه اقلیمی ۷) و پهنه با تابستان‌های خیلـی گـرم و مرطـوب (گروه اقلیمی ۸) استفاده از جرم حرارتی در اکثر مواقـع سال نمی‌تواند آسایش حرارتی را تأمین کند. لازم اسـت در این پهنه‌ها از لایه عایق حرارتی مانند پشم معدنی یـا پلی استایرن در قسمت خارجی دیوار و بام ساخته شـده با مصالح بنایی استفاده شود. راه حـل دیگـر اسـتفاده از عایق حرارتی همگن مانند بلوک‌های بتن سبک است.

نتیجه‌گیری

بعضی منابع تجدیدپذیرند (مانند درختان و کـاه) و بعضی چنان فراوانند که تقریبـاً پایـان ناپـذیر محـسوب می‌شوند (مانند سنگ و خاک). چون ایـن مـواد طبیعـی محلی نیاز کمتری به فراوری یا حمل دارند و هزینه‌های اقتصادی و زیست محیطی آن‌ها کـم اسـت در صـورت خودبسندگی به مفهوم حـداکثر اسـتفاده از امکانـات در دسترس و مصالح "بـوم آورد" و تطـابق آن بـا الزامـات فنی و مهندسی امروز می‌توان اقدام اساسی بـرای تـامین مسکن اقشار کم در آمـد بـه عمـل آورد. بـرای توسـعه پایدار لازم است که منابع مالی محدود محلـی بـه جـای خروج از منطقه در داخل آن هزینه و در بین اهالی محل توزیع شود. همچنین دانش فنی در زمینه‌های مختلف از جمله ساختمان در منطقه گسترش یافته و باقی بمانـد. از سوی دیگر مواد و مـصالح بـوم‌آورد بـه سـاختمان کیفیت "بومی" یا تعلق به محل می‌دهد که خوشـایند و دلپذیر است. در این مقاله بعضی از مهم‌ترین مصالح بوم‌آوردی که در ایران امکان استفاده دارند، شرح داده شده است. مصالح بومی مورد بحث عبارتند از: تثبیت شده، خاک کوبیده، چینه، کیسه‌های خاک، رس سبک، بلوک کاه، پوشش بام میکروبتنی، آجر، ضایعات آجر، بلوک سیمانی، چـوب، نـی و ضـایعات کـشاورزی و الیاف طبیعی. روش استفاده، معایب و مزایـای هریـک توضیح داده شده است.

نقش اصلی در مقاوم‌سازی سـاختمانها در برابـر زلزله به عهده سازه سـاختمان اسـت. بـا ایـن وجـود استفاده از مصالح سبک می‌تواند مقاومت ساختمان را در برابر نیروهای زلزله افـزایش دهـد. بـه کـار بـردن مصالح بومی سنگین مانند سنگ در دیوارهای ضـخیم ساختمان در پهنه‌هـای بـا خطـر خیلـی زیـاد و زیـاد مناسب نیست. استفاده از مصالح سبک (ماننـد بلـوک کاه) در چنین پهنه‌هایی توصیه می‌شود.

در پهنه‌های اقلیمی سـخت ماننـد پهنـه‌هـای بـا زمستان‌های شدیداً سرد و پهنه‌هـای بـا تابـستان‌هـای بسیار گرم و خشک و پهنه با تابستان‌های خیلی گـرم و مرطوب استفاده از جرم حرارتی در اکثر مواقع سال نمی‌تواند آسایش حرارتی را تأمین کند. لازم است در این پهنه‌ها از لایه عایق حرارتی مانند پشم چـوب یـا الیاف گیاهی در قسمت خارجی دیـوار و بـام سـاخته شده با مـصالح بنـایی اسـتفاده شـود. راه حـل دیگـر استفاده از عایق حرارتی همگن مانند بلوک‌های سبک رسی است.

[Downloaded from jhre.ir on 2025-07-31]

منابع

۱. ولفسکیل ل.، دانلپ و.، کلاوی ب.، "استفاده از خاک در خانه‌سازی"، ترجمه حسن تابش، مرکز نشر دانشگاهی

۲. خدابنده ناهید، جعفرپور فاطمه، پرهیزکار طیبه، "بهبود عملیات بنایی با آجر و بررسی ملات‌های متداول در ایران"، بنیاد مسکن انقلاب اسلامی (مرکز مطالعات مقابله با سوانح طبیعی ایران)، ۱۳۷۵

۳. خدابنده ناهید، ماجدی اردکانی محمد حسین، ویسه سهراب، "مصالح بنایی با استفاده از خاک، گچ، آهک و مخلوط‌های آنها در شش استان کشور"، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، نشریه شماره ۳۰۳، ۱۳۷۸

٤. خدابنده ناهید: "بررسی ملات‌های معمول ایران"، چاپ اول، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، ۱۳۷٤

۵. زرگر اکبر حاج ابراهیم، درآمدی بر شناخت معماری روستایی ایران، انتشارات دانشگاه شهید بهشتی، ۱۳۷۸

6. Mcnally G.H., "Soil and Rock Construction Materials", E & FN EPSON , Chapter 18 – P330, 1998

7. Boynton R. S., "Chemistry and Technology of Lime and Limestone" , john willey & sons,1966

8. Robnett Q. L. and Thompson M. R., "Soil Stabilization Literature Reviewes" , University of Illinoise Urbana , Illinois, June 1969

9. Maher A., "Utilization of waste brick bats as coarse aggregate for structural concrete", Building Materials for Low-income Housing", E.&F. N. Spon Ltd, 1987

10. Lerner K., Theis B., Smith D., "Straw-bale", Alternative Construction Contemporary Natural Building Methods, edited by Lynne Elizabeth and Cassandra Adams, John Wiley & sons,inc., 2005

11. Aziz M.A., Paramasivam P., "Natural fiber reinforced composite building materials for Low-income Housing", Building Materials for Low-income Housing", E.&F. N. Spon Ltd, 1987

12. Chindaprasirt P., Hovichitr I., "Portland pozzolana cement- a cheaper alternative for Thailand", Building Materials for Low-income Housing", E.&F. N. Spon Ltd, 1987

13. Smith Michael, "Cob", Alternative Construction Contemporary Natural Building Methods, edited by Lynne Elizabeth and Cassandra Adams, John Wiley & sons,inc., 2005

14. Andersson, R.. Roofing tiles made of mortar reinforced with natural fibres. Report 87074. Stockholm, Sweden: Swedish Cement and Concrete Research Institute, Consultant Section. 1987

15. Jamal S. Q., Sheikh A. S., "The use and performance of soil stabilized building blocks in flood affected rural areas", Building Materials for Low-income Housing", E.&F. N. Spon Ltd, 1987

16. Laport R., Andresen F., "Light clay", Alternative Construction Contemporary Natural Building Methods, edited by Lynne Elizabeth and Cassandra Adams, John Wiley & sons,inc., 2005

[Downloaded from jhre.ir on 2025-07-31]