پوهنتون پولی تخنیک کابل
مجله علم و تکنالوژی
جلد ۵۴– شماره ۱
سال ۱۴۰۵ – هـ.ش
P-ISSN: 2305 - 896X
KPU-JST
تاریخ دریافت اثر:۱۴۰۴/۰۹/۰۱
تاریخ قبولی اثر:۱۴۰۴/۰۹/ ۲۶

ارزیابی عملکرد فنی و زیست محیطی خشت‌های گلی تثبیت شده به عنوان جایگزین خشت های پخته در صنعت ساخت وساز کابل

دیپلوم مهندس مصطفی غفوری[1*] پوهنوال صالح محمد یاری[2]
۱ مدیر دیپارتمنت آزمایش اسفلت، شاروالی کابل، ناحیه۸، کابل افغانستان
ایمل آدرس:Arc.mustafaghafori@gmail.com
۲ استاد دیپارتمنت مهندسی، پوهنتون پولی تخنیک کابل، ناحیه ۵، کابل، افغانستان
ایمیل آدرس: salehmohammad.yari@gmail.com

خلاصه

این تحقیق به بررسی عملکرد فنی و زیست محیطی خشت های گلی تثبیت شده به عنوان یک جایگزین پایدار برای خشت های پخته شده در صنعت ساخت و ساز کابل می‌پردازد. با توجه به مصرف بالای انرژی و نگرانی‌های زیست‌محیطی مرتبط با تولید خشت های پخته، این مطالعه از روش ترکیبی استفاده کرده است که مرور آرشیف و تحقیقات لابراتواری را با هم در بر می‌گیرد. مرور آرشیف، ادبیات موجود در زمینه عملکرد فنی، اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی هر دو نوع خشت را مورد بررسی قرار داد. برای بخش لابراتواری، 16 نمونه خشت پخته شده از ولسوالی ده سبز کابل جمع‌آوری و وفق معیارهای C-MTSA 67 آزمایش شدند طوریکه 8 نمونه تحت آزمایش مقاومت فشاری با استفاده از ماشین خودکار بهداد سازان-بکهود 200 و 8 نمونه دیگر برای جذبان آب از طریق خشک کردن در داش در دمای 5±110 درجه سانتی‌گراد به مدت ۸ ساعت و سپس غوطه‌ور شدن در آب با درجه حرارت 25 درجه سانتی گراد آزمایش شدند. نتایج لابراتواری نشان داد که خشت های پخته شده نسبت به خشت های گلی تثبیت‌شده مقاومت فشاری بسیار بالاتری دارند. با این حال، تحلیل آرشیف نشان داد که خشت های گلی تثبیت‌شده عملکرد حرارتی بهتر، مصرف انرژی پایین‌تر و انتشار کاربن آن‌ها به طور قابل توجه کاهش یافته است (با هزینه‌های تولید تا 60٪ کمتر از خشت های پخته). با وجود این مزایا، موانع فرهنگی عمیق ریشه‌دار و ترجیحات اجتماعی که خشت های پخته را با مدرنیته و مقام اجتماعی مرتبط می‌دانند، مانع از پذیرش گسترده مواد جایگزین در کابل می‌شوند. تحقیق نتیجه می‌گیرد که اگرچه خشت های گلی تثبیت‌شده مقاومت فشاری کمتری دارند، اما از نظر پایداری زیست‌محیطی، کارایی اقتصادی و عملکرد حرارتی یک گزینه پایدار و قابل استفاده محسوب می‌شوند. برای ترویج پذیرش گسترده‌تر این مواد، مطالعه تحولات فنی، مشوق‌های اقتصادی، حمایت‌های سیاسی، ابتکارات حفظ فرهنگ و سیستم‌های تبادل دانش را توصیه می‌کند. این تحقیق یک نقشه راه برای استفاده از خشت های گلی تثبیت‌شده به منظور ایجاد محیط ساخته شده پایدار، فراگیر و پاسخگو به فرهنگ در کابل و سایر ولایت‌های افغانستان ارائه می‌دهد.

کلمات کلیدی: خشت گلی تثبیت‌شده، خشت های پخته شده، ساخت‌وساز پایدار، کابل.

مقدمه

کابل پایتخت افغانستان از دیربار مرکز فعالیت های عمرانی بوده که ساخت وساز در آن با بهره گیری از مواد محلی مانند خشت های گلی آغاز شده است. نمونه ای برجسته از این ساخت وسازها، دیوار زنبیل شاه در کوه آسمایی است که با وجود قدمت چندین قرن در برابر عوامل اقلیمی پایدار مانده است[1]. با پیشرفت فناوری، خشت های پخته شده درداش به دلیل مقاومت و دوام بالاتر به تدریج جایگزین خشت های گلی سنتی شدند و امکان ساخت بناهای چند طبقه را فراهم کردند[2]. مراحل تولید خشت های پخته شده در داش شامل انتخاب خاک مناسب، مخلوط کردن با آب، قالب گیری، خشک کردن در آفتاب و پخت درکوره با دمای بالا است که چندین روز طول می کشد[3].

بااین حال، تولید این خشت ها نیاز مند مصرف انرژی زیاد و منابع طبیعی فراوان است که نگرانی های درباره پایداری زیست محیطی ایجاد نموده است[4]. خشت‌های گلی تثبیت‌شده، مواد ساختمانی پایدار ساخته‌شده از خاک (گل) هستند که با افزودن مقادیری از تثبیت‌کننده‌هایی مانند سمنت، آهک یا سایر مواد بهبوددهنده، مقاومت، دوام و عملکرد فنی آنها افزایش می‌یابد. در دهه‌های اخیر، این مصالح به‌عنوان جایگزینی سازگار با محیط‌زیست و مقرون‌به‌صرفه برای مواد ساختمانی سنتی مانند خشت های پخته مورد توجه قرار گرفته‌اند[4]. این خشت ها از طریق پروسه تثبیت، خواص میخانیکی بهبود یافته پیدا کرده و حساسیت کمتری به رطوبت و عوامل جوی دارند، که آنها را برای ساخت و ساز در مناطقی با شرایط اقلیمی چالش برانگیز مانند کابل مناسب می سازد [2]. علاوه براین، تولید خشت های گلی تثبیت شده در مقایسه با خشت های پخته شده در داش انرژی کمتری مصرف می کند و تاثیرات زیست محیطی کمتر دارد، که با اصول معماری پایدار و ساخت وساز سبز همخوانی دارد[2]. با این حال، پذیرش این خشت ها در کابل به دلیل ترجیح سازه های کانکریتی و خشته های پخته شده در داش در میان اقشار مرفه تر جامعه با موانع مواجه است[5].

قدمت استفاده از خشت به عنوان ماده ساختمانی به بیش از ده هزارسال پیش باز می گردد که خشت های پخته شده به ویژه از قرون وسطی به دلیل مقاومت در برابر آتش و دوام بالاتر اهمیت یافتند[2]. با وجود استفاده گسترده از خشت ها در ساخت و ساز کابل، تحقیقات محدودی به مقایسه جامع خواص خشت های گلی تثبیت شده و خشت های پخته شده در داش پرداخته اند. این تحقیق با هدف بررسی و مقایسه خواص فزیکی، کمیاوی، و میخانیکی این دو نوع خشت انجام می شود.

اهداف تحقیق

هدف این تحقیق کلاً یک بررسی جامع از ظرفیت خشت های گلی تثبیت شده بوده که به عنوان جایگزینی برای خشت های پخته داشی دراعمار ساختمان های شهری کابل و ولایات دیگر کشور میباشد. ولی به طور خاص هدف این تحقیق قرار ذیل است:

1. ارزیابی عملکرد فنی و مزایای زیست محیطی خشت های گلی تثبیت شده در مقایسه با خشت های پخته داشی با تمرکز بر عواملی مانند عملکرد حرارتی، یکپارچگی ساختاری و پایداری.

2. بررسی عوامل اجتماعی و فرهنگی از جمله (سنت ها، چارچوب های سیاسی، و فرهنگی)که بر پذیرش مواد ساختمانی جایگزین مانند خشت های گلی تثبیت شده در محیط ساخته شده کابل تاثیر می گذارد.

روش تحقیق

در این تحقیق از روش ترکیبی آرشیف و لابراتواری استفاده به عمل آمده است.

با استفاده از روش آرشیف مشخصات فزیکی و میخانیکی خشت های گلی تثبیت شده بررسی گردیده و با استفاده از میتود لابراتواری مشخصات فزیکی و میخانیکی خشت های پخته شده در داش مورد مطالعه قرار گرفته است.

مرحله اول

شامل بررسی گسترده از آرشیف های موجود در مورد این موضوع خواهد بود . این بررسی نوشتاری با استفاده از یک رویکرد سیستماتیک برای شناسایی و ارزیابی تحقیات موجود انجام خواهد شد که فشرده تحقیقات در مورد مقایسه خشت های گلی تثبیت شده و خشت های پخته داشی در محیط کابل ارائیه خواهد گردید. این بررسی طیف وسعی از منابع دانشگاهی از جمله مقالات، مجلات، جلسات و گزارش های فنی مربوطه را پوشش داده که شامل مراحل ذیل میباشد.

1. عملکرد فنی (خشت های پخته شده در داش دارای عملکرد بهتری نسبت به خشت های گلی تثبیت شده هستند)
2. اقتصادی بودن (خشت های گلی تثبیت شده از نظر اقتصادی و فرهنگی اقتصادی تر هستند)
3. عوامل اجتماعی و فرهنگی
4. پایداری و اثرات زیست محیطی

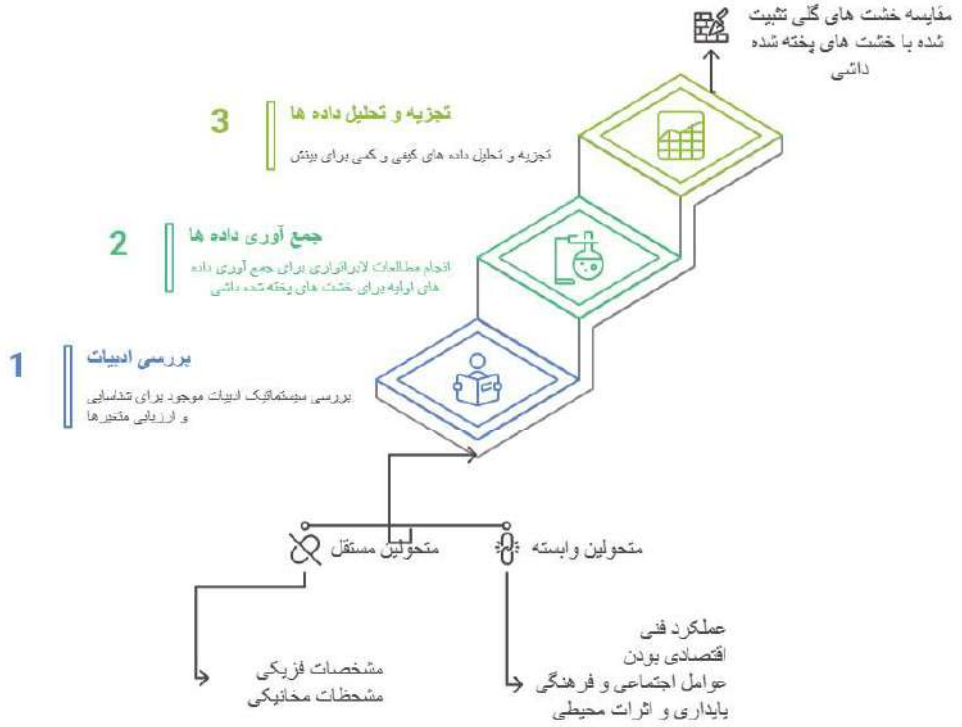
مرحله دوم

با ترکیب یافته های بررسی جامع آرشیف و قسمت دیگر تحقیق که شامل جمع آوری داده های اولیه از طریق مطالعات لابراتواری انجام شده که شامل بررسی مقاومت فشاری و مقدار جذبان آب خشت های پخته شده در داش است میباشد.

مرحله سوم

بخش سوم تحقیق شامل تحلیل داده های جمع آوری شده از طریق بررسی آرشیف و مطالعات لابراتواری خواهد بود که شامل مراحل کلیدی زیراست.

1. تحلیل داده های کمی
2. تحلیل داده های کیفی
3. تحلیل یک پارچه



شکل 1. پروسه روش تحقیق مولف

پیشینه تحقیق

این پیشینه تحقیق به هدف ارائه یک بررسی جامع از تحقیقات موجود در مورد مناسب بودن خشت های گلی تثبیت شده و خشت های گلی در زمینه صنعت ساخت و ساز ساختمان ها درشهر کابل انجام شده است. با ترکیب شواهد موجوده این بررسی عوامل فنی، اقتصادی و اجتماعی را که بر انتخاب مواد ساختمانی تاثیر دارد، روشن نموده است.

محیط ساخته شده شهر کابل مدت هاست که با منابع طبیعی فراوان منطقه و تکنیک های ساخت و ساز سنتی شکل گرفته است. برای قرن ها، ساختمان ها عمدتاً با استفاده از خشت های گلی خشک شده در آفتاب و روش های زمینی (پخسه)ساخته شده اند که منعکس کننده پایداری مواد محلی و میراث فرهنگی میباشد[6].

"مراحل تولید خشت‌های گلی تثبیت شده یا(CSEB)به عنوان یک راهکار پایدار در اعمار ساختمان ها اهمیت زیادی دارد. این مراحل به طور خلاصه به شرح زیر است:

1. جمع‌آوری و آماده‌سازی خاک: خاک مناسب برای تولید خشت های گلی تثبیت شده معمولاً شامل خاک رس است. علاوه بر این، می‌توان از خاک‌های دیگر نیز استفاده کرد، اما نسبت خاک رس باید بالا باشد تا چسپندگی لازم تأمین شود.

2. اضافه‌کردن تثبیت‌کننده: برای افزایش مقاومت و استحکام، معمولاً سمنت یا آهک به خاک اضافه می‌شود. نسبت معمولی سمنت به خاک بین 5% تا 10%وزن خاک است.

* (CSEB (Compressed Stabilized Earth Blocks

3. اضافه‌کردن آب: آب به مخلوط اضافه می‌شود تا به یک خمیر قابل شکل‌دهی تبدیل گردد. مقدار آب باید به گونه‌ای باشد که خمیر نه خیلی مرطوب و نه خیلی خشک باشد.

4. قالب‌گیری: خمیر به دست آمده در قالب‌های مخصوص ریخته می‌شود. این قالب‌های معمولاً از فلز یا پلاستیک ساخته می‌شوند و می‌توانند در اندازه‌ها و اشکال مختلفی طراحی شوند.

5. فشرده‌سازی: با استفاده از ماشین‌آلات فشرده‌سازی، محتوای درون قالب با فشار بالا فشرده می‌شود تا ماده‌ای محکم و متراکم به دست آید. این مرحله از اهمیت بالایی برخوردار است.

6. آب دهی و خشک‌کردن: معمولاً خشت‌ها به مدت 7 روز آبدهی گردیده بعد در محیط خشک و خنک قرار می‌گیرند تا رطوبت آن‌ها به تدریج تبخیر شود. زمان خشک‌کردن بستگی به شرایط جوی و ضخامت خشت دارد[7].



شکل 2. جریان تولید خشت های گلی تثبیت شده [7]

مطالعه که توسط محمد الله ابراهیم حکیمی، فلیپ دیولر و ارک گارزیا دیاز انجام داده شده است از سه محله شهر کابل ده سبز، ارغندی و بند غازی نمونه های خاک به لابراتوار انتقال جهت تولید خشت های گلی خشک شده در آفتاب، خشت های گلی فشرده شده و خشت های گلی تثبیت شده بعد از تهیه ترکیب مناسب مواد در لابراتوار مطابق جدول 1 به نتایج ذیل دست رسی پیدا نموده اند.

اسامی خشت ها	خشت های تثبیت شده گلی			خشت های متراکم شده گلی			خشت های گلی خشت شده در آفتاب		
ابعاد قالب	155mm,100mmو300mm			155mm,100mmو300mm			155mm,100mmو300mm		
متبع مواد	ده سبز	بند غازی	ارغندی	ده سبز	بند غازی	ارغندی	ده سبز	بند غازی	ارغندی
آهک(سلت) خاک رس (کلی) Kg	441	613	445	1824	614	1718	1606	600	1590
ریگ Kg	1327	1349	1337	37	1352	116	31	1322	107
سمنت Kg	197	196	198	0	0	0	0	0	0
آب Kg	245	186	247	298	157	238	524	317	441
فیصدی آب %	12.5%	8.6%	12.5%	16.0%	8.0%	13.0%	32.0%	16.5%	26.0%
مجموعه به Kg	2210	2345	2228	2158	2124	2072	2162	2239	2138

جدول 1 . ترکیب مخلوط خشت های گلی خشک شده در آفتاب ، خشت های گلی متراکم یافته و خشت های گلی تثبیت شده به حجم 1 مترمکعب .

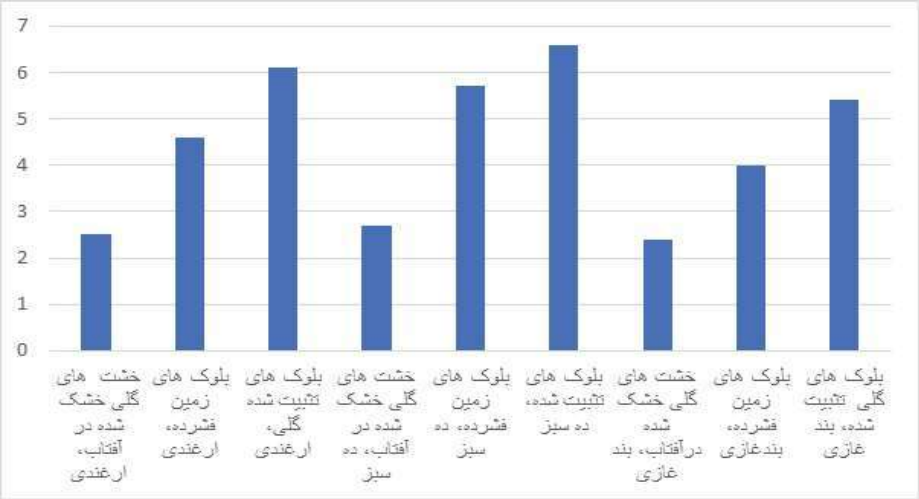


تصویر الف تصویر ب تصویر ج

شکل3. تصویر الف، ب وج نوع قالب گیری خشت های گلی خشک شده در آفتاب، خشت های زمین فشرده و خشت های تثبیت شده گلی میباشد[8].

برای مقاومت فشاری خشک، یک روش آزمایش توسط موسسه استاندارد بریتانیا (1985) دنبال شده که تمام عناصرگلی خشت های پس از 28 روز تحت آزمایش قرار گرفته اند که برای توزیع بهتر قوه ها در دو طرف خشت با ورقه های نازک 3 میلی متر از چوب پوشیده شده بودند. نمونه ها با استفاده از یک دستگاه تست مکعب کانکریتی نیمه اتوماتیک AD-200 bs با سرعت بارگزاری حدود 2میگا پاسکال در دقیقه تا زمان تخریب آزمایش شدند که نتایج آن مطابق نمودار (1) قرار ذیل بدست آمده اند.[8]

*(AD-200bs) اسم دستگاه



نمودار 1. مقاومت فشاری خشک خشت ها[8].

از اینکه سازه های زمین (پخسه)یک تکنیک ساخت و ساز سنتی که نزدیک به خشت های تثبیت شده است. عملکرد حراتی بهتری نسبت به دیوارهای ساخته شده از خشت پخته داشی از خود به نمایش گذاشته اند علاوه برکارکرد خوبی حرارتی خشت های گلی تثبیت شده در مقایسه با همتایان سنتی خود از دوام و ویژه گی های ضد آب خوبی برخواردار هستند[6].

طوریکه خواص میخانیکی و عملکرد بلند مدت خشت های گلی تثبیت شده بررسی شده است مقاومت آنها در برابر فرسایش آب، مقاومت فشاری وثبات ابعادی نشان داده که استفاده از خشت های گلی تثبیت شده در صنعت ساخت و ساز میتواند به افزایش انعطاف پذیری ساختمان ها به ویژه مواجه با شرایط سخت محیطی کمک کند[6].

علاوه براین اثرات زیست محیطی مواد ساختمانی به یک نگرانی در بخش ساخت و ساز جهانی تبدیل شده که کابل نیز از این قاعده متثنی نیست. مطالعات متعدد نشان داده که میزان قابل توجه در کاهش نمودن کاربن و مصرف انرژی در ارتباط به تولید خشت های گلی تثبیت شده در مقایسه با خشت هایی پخته شده در داش که نیاز به فرایند استفاده از آتش برای تولید انرژی برای داش دارد[9]. این مزیت با تاکید روز افزون به شیوه های ساخت و ساز پایدار و کاهش تاثیرات و تغیرات آب و هوا در منطقه همسو است. دوام مواد ساختمانی یک عامل مهم در روند تصمیم گیری است به ویژه در زمینه مانند کابل که به کمبود منابع مقرون به صرفه و چالش های زیادی روبرروست.

هزینه های تولید و چرخه عمر به طور مداوم نشان داده که اقتصادی بودن خشت های گلی تثبیت شده در مقایسه با خشت های پخته شده در داش بیشتر است. تولید کننده گان گزارش دادند که کاهش نیاز های انرژی، هزینه های حمل و نقل پایین تر و فرآیند تولید ساده خشت های گلی تثبیت شده منجر به کاهش قابل توجهی در هزینه می شود که اغلب تا % 60است. این مزیت هزینه به ویژه در زمینه کابل قابل توجه است، جایی که اقتصادی بودن یک نگرانی مهم بری بسیاری از ساکنان و متخصصان ساخت و ساز ساختمان ها میباشد[10].

زنجیر تولید و تامین متمرکز در محل ظرفیت تولید خشت های گلی تثبیت شده به عنوان یک عامل

کلیدی در پایداری اقتصادی آنها شناسایی شده است[11]. با از بین بردن نیاز به انرژی برای حمل و نقل و تولید متمرکز، این رویکرد میتواند هزینه های کلی را کاهش دهد و دسترسی به خشت های گلی تثبیت شده را بهبود بخشد به ویژه در مکان های خود ساخته در شهرکابل.

با این حال، توجه به این نکته ضروری است که رقابت اقتصادی خشت های گلی تثبیت شده ممکن است تحت تأثیر طیف وسیعی از عوامل، از جمله بازار محلی، سیاستهای دولت و دسترسی به منابع مالی باشد.

عوامل اجتماعی و فرهنگی انتخاب مواد ساختمانی در صنعت ساختمان کابل نه تنها با ملاحظات فنی و اقتصادی هدایت می شود، بلکه عمیقاً در سنت های فرهنگی و دانش اجتماعی شهر ریشه دارد. درک این عوامل اجتماعی و فرهنگی در رفع موانع پذیرش خشت های گلی تثبیت شده بسیار مهم است.

در نتیجه بررسی آرشیف دیدگاه چند وجهی و پیچیده مقایسه ای از خشت گلی تثبیت شده و خشت های گلی سنتی در زمینه صنعت ساخت و ساز ساختمان ها در شهرکابل برجسته کرده است. مزایای فنی خشت های گلی تثبیت شده از جمله عملکرد حرارتی برتر، دوام و پایداری محیطی، در این تحقیق به خوبی مستند شده است. با این حال، دوام اقتصادی و پذیرش اجتماعی این مصالح ساختمانی جایگزین، عوامل مهمی در تعیین پذیرش گسترده تر آنها باقی می ماند.

پرداختن به موانع جایگزین خشت های گلی تثبیت شده در منظر ساختمانی کابل نیازمند رویکرد جامع است که شامل نوآوری فنی، اقتصادی، مداخلات اجتماعی و سیاست های هدفمند باشد. با استفاده از نقاط قوت ذاتی تکنیک های ساخت و ساز سنتی و هماهنگ کردن آنها با خواسته های در حال ظهور برای راه حل های ساختمان پایدار و مقرون به صرفه، محیط ساخته شده کابل را می توان برای خدمت بهتر به نیازها و آرزوهای جمعیت متنوع آن تبدیل کرد.

موضوع تحقیق

تحقیقات جامع انجام شده در این تحقیق درک عمیق و چند وجهی از نقش بالقوه خشت های گلی تثبیت شده را در چشم انداز ساختمانی در حال تحول کابل فراهم کرده است. با ترکیب بینش های ادبیات، مطالعات لابراتواری و تحلیل داده ها این تحقیق کشف کرده که عوامل اجتماعی بر انتخاب و پذیرش مصالح ساختمانی در شهر تاثیر می گذارد. بخش های زیر یافته های کلیدی این تحقیق را ارائه می دهند.

1. عملکرد فنی و مزایای زیست محیطی: نمونه های از خشت های پخته شده در داش از محله ده سبز کابل اخذ و جهت اجرای تیست های لابراتواری مطابق استندر ASTM-C 67 به لابراتوار انتقال گردید.

در قدم اول به تعداد 16 عدد نمونه از خشت ها به صورت تصادفی انتخاب که 8 نمونه آن جهت اجرای مقاومت فشاری و 8 نمونه دیگرای برای اجرای تیست مقدار جذبان آب انتخاب و بعد از شماره گزاری نمونه ها به مدت 8 ساعت در داش به دمای 110±5 درجه سانتی گراد گذاشته شد.بعد از مدت 8 ساعت نمونه ها به مدت سه ساعت در دمای محیط گذاشته و بعداً وزن و یاداشت گردید به مدت 24 ساعت دیگر در آب به دمای 25 درجه سانتی گراد گذاشته و پس از مدت 24 ساعت وزن آن در حالت مشبوع یاداشت گردید که نتیجه آن مطابق نمودار شماره (2)بدست آمده است.

برای معلوم نمودن مقاومت فشاری به تعداد 8 عدد خشت های پخته داشی را بعد از منظم نمودن سطح آن توسط سلفر با یک دستگاه تست مکعب کانکریتی اتوماتیک بهداد سازان -بکهود 200 با سرعت بارگزاری حدود (Fmax=5%*) تا زمان تخریب آزمایش شدند که نتایج آن مطابق نمودار شماره (3) قرار ذیل بدست آمده.



نمودار 2. فیصدی جذبان



نمودار 3.مقاومت فشاری

گرچه نتایج لابراتواری نشان میدهد که مقاومت فشاری خشت های پخته شده در داش به مراتب بیشتر از خشت های گلی تثبیت شده است اما یکی از مزایای اصلی خشت های گلی تثبیت شده نسبت به خشت های پخته شده در داش در عملکرد فنی و پایداری محیط زیست آنها بوده میتواند.

2. کارکرد حرارتی: تحلیل این تحقیق از پیشینه موجود نشان داده که خشت های تثبیت شده به طور مداوم از خشت های پخته شده در داش از نظر عایق بودن حرارت بهتر عمل میکند[6]. این بهبود عملکرد حرارتی میتواند به صرفه جویی قابل توجهی در انرژی برای ساکنان ساختمان تبدیل شده به ویژه در شرایط شدید آب و هوای کابل مکانی که تقاضا برای گرمایش و سرمایش زیاد احساس میگردد.

یکپارچگی ساختاری: یافته های تحقیق نشان میدهد که خشت های گلی تثبیت شده دارای یکپارچگی ساختاری و ویژگی های ضد آب در مقایسه با خشت گلی فشرده شده و خشک شده در آفتاب را دارد[6].

3. پایداری محیط زیست: اثرات زیست محیطی به طور قابل توجهی پایین تر در ارتباط با تولید و استفاده از خشت های گلی تثبیت شده در مقایسه با خشت های پخته شده در داش است. تحلیل پیشینه نشان داده که فرایند تولید آتش برای تولید انرژی مورد نیاز برای تولید خشت های پخته شده در داش باعث ایجاد رد پای کاربن بسیار بالاتر می شود مصرف منابع در مقابل تولید خشت های گلی تثبیت شده شامل تخنیک های تولید کم انرژی مانند تراکم دستی یا ماشینی است که به مواد خام محلی متکی بوده و به طور قابل توجهی کاهش اثرات زیست محیطی را به همراه دارد [12].

4. اقتصادی بودن: تحلیل هزینه های تولید متمرکز درساحه نشان داده که اقتصادی بودن خشت های گلی تثبیت شده در مقایسه با خشت های پخته شده در داش بیشتراست. تولیدکنندگان گزارش دادند که کاهش نیاز های انرژی، هزینه های حمل و نقل پایین تر و فرایند تولید ساده منجر به کاهش قابل توجهی در هزینه می شود که اغلب تا 60% کمتر از خشت های پخته شده در داش شده است[10]. این مزیت هزینه به ویژه در زمینه کابل و دیگر ولایات قابل توجه بوده جایی که اقتصادی بودن یک نگرانی مهم برای بسیاری از ساکنان و متخصصان ساخت و ساز است.

5. نو آوری های فنی و ظرفیت سازی: ادامه تحقیق و توسعه در زمینه فن آوری خشت های گلی تثبیت

*حد اکثر نیروی وارد بر مدل در آزمایش (Fmax=5%)

شده با تمرکز بر بهبود عملکرد حرارتی، پکپارچگی ساختاری و اثرات زیست محیطی میتواند رقابت و جذابیت خود را در بازار ساخت و ساز افزایش دهد. علاو براین برنامه های آموزشی و ظرفیت سازی هدفمند برای متخصصان ساخت و ساز، صنعت گران و اعضای جامعه می تواند اشخاص زیدخل را قادر سازد تا به طور موثر خشت های گلی تثبیت شده را در شیوه های ساخت و ساز خود ادغام کنند.

6. مشوق های اقتصادی و حمایت های سیاسی: اجرای مشوق های دولتی، قرضه های و طراحی های تامین مالی مطلوب میتواند به رفع موانع اولیه هزینه های مرتبط با تصویب خشت های گلی تثبیت شده کمک کنند. به طور مشابه ادغام خشت های گلی تثبیت شده در کد های ساختمانی، سیاست ها و تهیه استاندارد های ساختمان سبز میتواند یک محیط فعال تر برای استفاده گسترده آنها در صنعت ساخت و ساز ساختمان ها در کابل، قصبات و دیگر ولایت افغانستان ایجاد کند.

7. حفاظت فرهنگی و مشارکت جامعه: سرمایه گذاری در اهمیت فرهنگی ذاتی ساخت و ساز سنتی خشت های گلی در کابل می تواند یک استراتیژی قدرتمند برای پذیرش خشت های گلی تثبیت شده باشد .تلاش های مشترک بین سیاست گذاران، رهبران جامعه و کارشناسان میراث فرهنگی می تواند بر حفظ هویت معماری در افغانستان کمک کند.

با استفاده از یافته های و توصیه های این مطالعه، سیاست گذاران، اشخاص ذیدخل در صنعت ساخت و ساز ساختمان ها و عضای جامعه می توانند به طور مشترک به سمت یک محیط زیست پایدار، فراگیر و باحفظ فرهنگ پاسخگو در کابل و سایر ولایات کار کنند. این رویکرد جامع می تواند به اهداف گسترده تر شهر برای افزایش انعطاف پذیری، حفظ میراث معماری و بهبود کیفیت زندگی برای جمعیت متنوع آن مثمر واقع گردد.

بحث و نتیجه گیری

در نتیجه گیری این تحقیق، مشحض میشود که خشت های گلی تثبیت شده می توانند به عنوان جایگزینی مناسب و پایدار برای خشت های پخته شده در داش در صنعت ساخت و ساز کابل و دیگر ولایات گرم سیر افغانستان مورد استفاده قرار گیرند.این نوع خشت های از نظر عملکرد فنی، اقتصادی و زیست محیطی مزایای قابل توجهی دارند. برای ارتقای پذیرش این مواد ساختمانی، باید به موانع فرهنگی و اجتماعی پرداخته شود و نوآوری های فنی و حمایت های سیاسی و اقتصادی تقویت شوند.

توصیحه های این تحقیق شامل موادر زیراست :

1. نوآوری های فنی: توسعه و بهینه سازی فرآیند های تولید خشت های گلی متراکم یافته برای بهبود خواص مکانیکی و دوام آنها.

2. انگیزه های اقتصادی: ارائه تسهیلات و مشوق های مالی برای تولید و استفاده از خشت های کلی تثبیت شد ه .

3. حمایت سیاسی:ایجاد سیاست ها و برنامه های حمایتی برای ترویج استفاده از این مواد ساختمانی.

4. ابتکارات فرهنگی: حفظ و مراقبت فرهنگ محلی همزمان با ترویج مواد ساختمانی پایدار.

5. سیستم مشترک: ایجاد سیستم های مشترک برای تسهیل اشتراک گذاری دانش و همکاری در راه حل های مناسب در این زمینه.

این تحقیق نقشه راهی برای استفاده از مزایای خشت های گلی متراکم یافته در تقویت یک محیط ساخته شده پایدار، فراگیر و فرهنگ پاسخگو در کابل فراهم میکند.با پرداختن به موانع موجود و بهره گیری از فرصت های کلیدی، می توان به پذیرش گسترده تر این مواد ساختمانی در صنعت ساخت و ساز کابل دست یافت.

ماخذ

[1] Hakimi, A. T. (2022). “A study of Afghan architecture heritage and conservation efforts in Afghanistan.” Journal of Architectural Conservation, 29(2), 105–121. https://doi.org/10.1080/13556207.2022.2102322.

[2] Khan, M. A., & Hassan, A. (2024). “Thermal performance evaluation of stabilized mud bricks in cold semi-arid climates: A case study of Kabul.” Energy and Buildings, 298, 113-125.

[3] Ahmad, S., et al. (2023). “Socio-cultural barriers to adoption of sustainable building materials in developing countries: Evidence from South Asia.” Sustainable Cities and Society, 89, 104-119.

[4] Laborel-Préneron, A., Aubert, J. E., Magniont, C., Tribout, C., & Bertron, A. (2021). “Plant aggregates and fibers in earth construction materials: A review.” Construction and Building Materials, 111, 719–734. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.124795.

[5] Hosseini, S. M., et al. (2023). “Compressed stabilized earth blocks (CSEB): A comprehensive review of mechanical properties and durability.” Construction and Building Materials, 375, 130-145.

[6] Mohammadi, F., & Karimi, R. (2025). “Economic viability of decentralized production of stabilized earth blocks in post-conflict regions: The case of Kabul.” Habitat International, 145, 103-117.

[7] Nshimiyimana, P., Messan, A., & Courard, L. (2020). “Physico-mechanical and hygro-thermal properties of compressed earth blocks stabilized with industrial and agro by-product binders.” Materials, 13(17), 3769. https://doi.org/10.3390/ma13173769

[8] M. H. Ebrahimi, P. Devillers, and E. Garcia-Diaz, "Sustainable construction for affordable housing program in Kabul," J. Contemp. Urban Aff., vol. 6, no. 1, pp. 23–35, Aug. 2021, doi: 10.25034/ijcua.2022.v6n1-3.

[9] A. Unni and G. Anjali, "Evaluation of Conventional Red Bricks with Compressed Stabilized Earth Blocks as Alternate Sustainable Building Materials in Indian Context," in Proceedings of International Conference on Innovative Technologies for Clean and Sustainable Development (ICITCSD – 2021), V. S. Kanwar, S. K. Sharma, and C. Prakasam, Eds., Cham: Springer International Publishing, 2022, pp. 253–266. doi: 10.1007/978-3-030-93936-6_20.

[10] Touré, A., Sambou, V., Faye, M., Thiam, A., Sambou, M., & Adj, M. (2023). "Life cycle cost analysis of compressed stabilized earth blocks versus fired bricks in sub-Saharan Africa." Construction and Building Materials, 369, 130571. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.130571.

[11] Minke, G., & Krick, B. (2021). Building with Earth: Design and Technology of a Sustainable Architecture (4th ed.). Birkhäuser. ISBN: 978-3035622560.

[12] Kabir, H., Hooker, J., & Tehrani, F. M. (2020). "Earthen construction in earthquake-prone regions of Central Asia: Structural performance and sustainable development." International Journal of Disaster Risk Reduction, 51, 101786. https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2020.101786.

بیوگرافی مولفین :

دیپلـوم مهنـدس مصطـفی غفـوری موفـق بـه دریافـت درجـه ماسـتری از رشـته مهنـدسی در سـال1404 هــ ش از پوهنتـون پـولی تخنیـک کابـل گردیـده و درحـال حاضـر در شـاروالی کابـل، ریاسـت کار، حفـظ و مراقبـت، آمریـت لابراتـوار ایفـاء وظیفـه می نماید.حوضـه هـای تحقیقـاتی وی شـامل مهنـدسی پایـدار و مـواد سـاختمانی معاصـر اسـت.

پوهنــوال صالــح محمــد یــاری ماســتری خویــش را در ســال 1985 از پوهنتــون پــولی تخنیــک کابــل در رشــته سـاختمانهای صنعـتی و مـدنی بدسـت آورده اسـت. وی فـعلاً بحیـث اسـتاد دیپارتمنـت مهنـدسی، پوهنتـون پـولی تخنیـک کابـل اجـرای وظیفـه می نماید.حـوزه هـای تحقیقـاتی او عبـارت انـد از جسـتجو و تثبیـت ویـژگی هـای مهنــدسی مــلی افغانســتان در معمــاری معاصرمیباشــد.