

بسمه تعالی

روش ساخت و ساز مبتنی بر خاک (تکنیک خاکوب)

شناسه سند: HIC.RDE.RP.MT.189.V1.0

تعداد صفحات: ۱۴



شرکت گروه سرمایه‌گذاری مسکن
(سهامی عام)

معاونت فناوری و مدیریت ساخت

مدیریت تحقیق و توسعه

پاییز ۹۷

فهرست

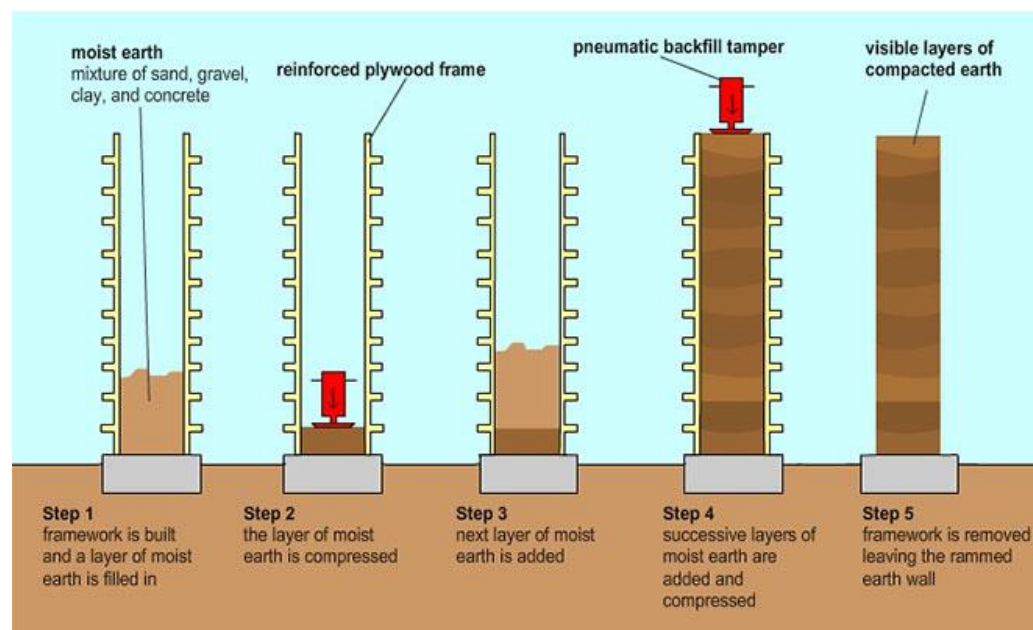
۱. کلیات	۳
۱.۱. مقدمه	۳
۲. مقررات و دستورالعمل‌ها	۴
۳. مشخصات فنی خاکوب	۵
۱.۳. ضخامت خاکوب	۶
۲.۳. حداکثر ارتفاع و طول دیوار	۶
۳.۳. مقدار اختلاط	۷
۴.۳. قابلیت پیش ساختگی و ساخت در کارگاه	۸
۴. امتیازهای زیبا شناختی	۱۱
۵. مزایا و ابهامات محصول	۱۲
۶. نمونه موردی	۱۲
۷. بحث و نتیجه‌گیری	۱۴

۱. کلیات

هدف از ارائه این گزارش معرفی روش ساخت و ساز مبتنی بر مصالح خاک (خاکوب) می باشد. این تکنیک به کوبیدن خاک و ایجاد متریاال های سازه ای و غیرسازه ای اشاره دارد. این نکته قابل ذکر است در حال حاضر ضوابط و یا دستورالعملی برای اجرا و استفاده از این تکنیک در ایران به صورت رسمی انتشار نیافته است. اما در حال حاضر شرکت دانش بنیان پرهیب سپهر هنر پارس به عنوان یک واحد فناوری مستقر در مرکز رشد دانشگاه علم و صنعت ایران، استفاده از خاک در ساخت بناهای سازگار با طبیعت را پیگیری می کند. پرهیب در این زمینه تفاهم نامه ای را با شرکت LEHM TON ERDE اتریش و Ecoarquitectura اسپانیا امضاء کرده است.

۱.۱. مقدمه

تکنیک خاکوب عبارت است از یک مخلوط مرطوب از خاک با تناسب های مشخصی از شن، ماسه و خاک و با دانه بندی های معین و تثبیت کننده هایی نظیر آهک، سیمان یا آسفالت که بین دو صفحه چوبی یا فلزی به عنوان قالب، فشرده می شود. این قالب شامل دو صفحه موازی است که با فاصله ای در حدود ۲۰ تا ۳۵ سانتیمتر به خوبی به یکدیگر قفل و بست شده اند. مخلوط خاک، بین این دو صفحه ریخته می شود و فشرده می شود. این مراحل آنقدر تکرار خواهد شد تا نهایتاً دیوار به ارتفاع مطلوب برسد. با اتمام کوبیدن لایه آخر مقاومت لازم به دست آمده و می توان قالب ها را برداشت. به منظور کیفیت و سرعت مناسب کوبیدن خاک، می توان از کوبنده های بادی و برقی استفاده کرد. در این تکنیک می توان دیوارهای خاکی کوبیده شده را بر روی فنداسیون بتنی و بتن مگر بنا کرد.



۲. مقررات و دستورالعمل‌ها

در حال حاضر در ۶ کشور جهان استانداردهایی برای استفاده از مصالح خاکوب تعریف شده است که در چهار کشور استرالیا، نیوزلند، آمریکا و زیمبابوه دستورالعمل‌های کلی به زبان انگلیسی انتشار یافته است و دو کشور آلمان و اسپانیا از ترجمه استانداردهای سایر کشورها بهره می‌برند. دستورالعمل این مصالح در استرالیا در سال ۲۰۰۲ انتشار یافته که البته این سند بیشتر جنبه مشورتی داشته و با استفاده از جنبه‌های مثبت این روش به پیشنهادات در زمینه کاربرد این مصالح برای سبک‌سازی ساختمان



های دو طبقه می‌پردازد. هرچند که در نیوزلند تکنیک و مصالح خاکوب به صورت رسمی و غیر مشورتی در ۳ استاندارد ارائه گردیده که برای اجرای پروژه با این تکنیک لازم-الاجرا می‌باشد.

۳. مشخصات فنی خاکوب

مقاومت فشاری محصول بسته به استفاده کردن و یا استفاده نکردن از تثبیت کننده، از ۱ مگا پاسکال تا ۲۸ مگا پاسکال متغیر می‌باشد. اضافه کردن آهک می‌تواند مقاومت آن را بالا ببرد اما افزودن آهک صرفاً در مخلوط‌هایی که فاقد خاک رس است صورت می‌گیرد. ظرفیت حرارتی بالای خاک، گرمایش غیر فعال خورشیدی را برای آن‌ها فراهم می‌کند. این دیوارها همانند آجر و سازه‌های بتنی در طول روز گرما را دریافت و در شب به محیط اطراف پس می‌دهد در نتیجه برای محیط‌های فعال خورشیدی مناسب‌تر می‌باشد. در آب‌وهوای سرد باید عایق‌بندی مناسب برای آن در نظر گرفت و از باران‌های شدید محافظت شود و همراه با عایق رطوبتی باشد.

۱.۳. ضخامت خاکوب

ضخامت تعریف شده برای خاکوب در استانداردهای مختلف ذکر شده در بالا متفاوت بوده که به شرح زیر می باشد:

منابع	ضخامت دیوار	
	داخلی	خارجی
استرالیا	۱۲۵ میلیمتر	۲۰۰ میلیمتر
آمریکا	۳۰۵ میلیمتر	۴۵۷ میلیمتر
نیوزلند	۲۵۰ میلیمتر	
زیمبابوه	۳۰۰ میلیمتر	

۲.۳. حداکثر ارتفاع و طول دیوار

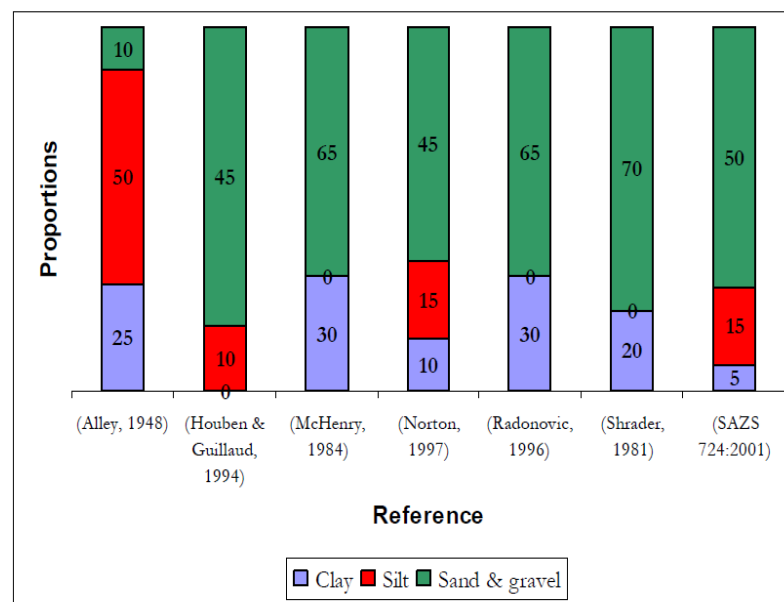
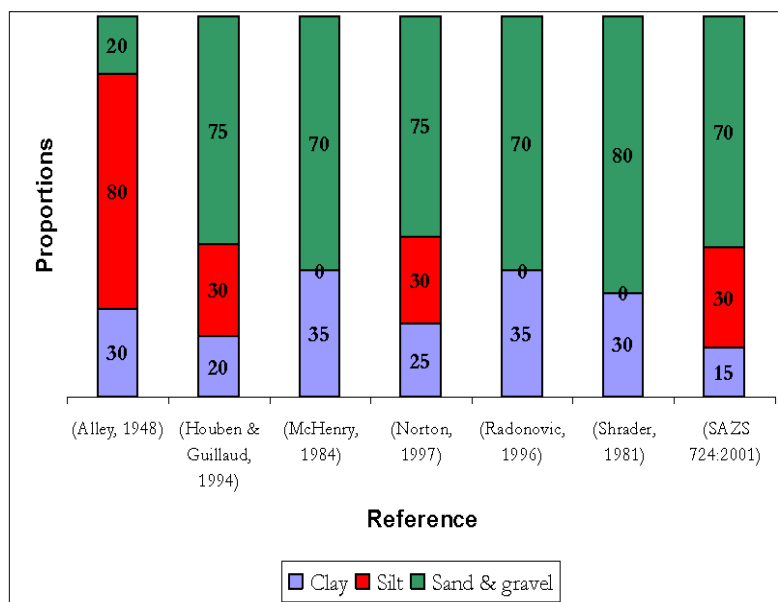
ایجاد ترک یا کمانش در دیوارهای خاکوب با توجه به ضخامت نا مناسب امری طبیعی است که استاندارد نیوزلند مقادیر زیر را به عنوان حداکثر مقدار طول و ارتفاع با

توجه به مقدار ضخامت ارائه می دهد:

مقدار استاندارد ارتفاع و طول	شرایط دیوار
ارتفاع و طول کمتر از ۱۸ برابر ضخامت	Simply supported
ارتفاع و طول کمتر از ۲۱ برابر ضخامت	One end continuous
ارتفاع و طول کمتر از ۲۲ برابر ضخامت	Both ends continuous
ارتفاع و طول کمتر از ۸ برابر ضخامت	Cantilever

۳.۳. مقدار اختلاط

طبیعی است که تقریباً خاک هیچ منطقه‌ای ترکیب و اختلاط کامل و مناسبی نمی‌باشد. بر اساس تحقیقات متفاوت بازه حداکثر و حداقلی برای اختلاط اجزای خاک که شامل خاک رس، شن، لای، ماسه معرفی می‌گردد که به در دو شکل زیر شرح داده شده است.



۴.۳. قابلیت پیش ساختگی و ساخت در کارگاه

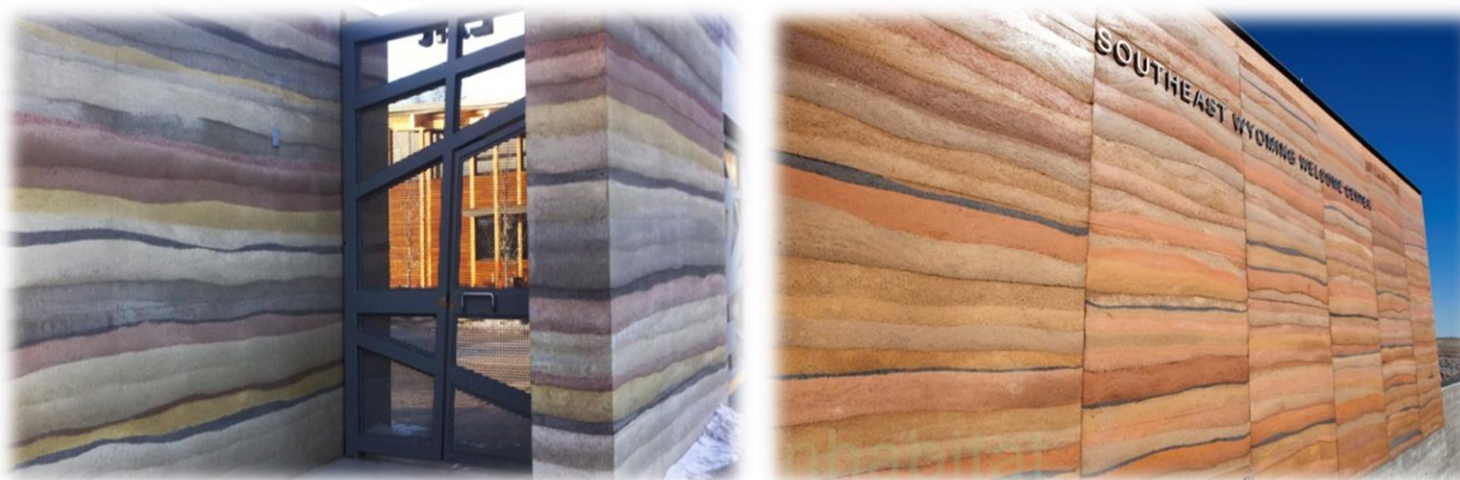
این تکنیک هم قابلیت ساخت در کارگاه یا کارخانه‌ای خارج از محل احداث ساختمان و انتقال به پروژه را دارد و هم قابلیت ساخت در محل احداث ساختمان به صورت درجا و قالب بندی در پروژه را دارد. قطعاً پیش ساختگی می‌تواند در صرفه جویی زمان موثر باشد هرچند که باعث افزایش قیمت به صورت مستقیم می‌گردد که البته با کاهش زمان می‌توان به طور غیر مستقیم کاهش هزینه هم به دنبال داشته باشد.





۴. امتیازهای زیبا شناختی

بافت و رنگ لایه‌های باعث می‌شود تا این دیوار بدون اندود نمایی مناسب ایجاد کند. خاک طبیعی موجود در طبیعت در طیف گسترده‌ای از رنگ‌ها، از جمله قرمز، زرد، قهوه‌ای، خاکستری، سبز، بلوز، سفید و سیاه است. خاک‌های قرمز اغلب ترجیح داده می‌شوند. تغییر در رنگ خاک می‌تواند منجر به فرآیند غیر یکنواخت شود. اگر چه پارامترهای دیگر مانند مقاومت فشاری و کششی و فرسایشی بیشتر اهمیت دارند دارد که انتخاب خاک را متاثر می‌کنند، اما رنگ تاثیرات زیبایی شناسی مهمی برای طراح دارد.



۵. مزایا و ابهامات محصول

خاکوب سازگاری بسیار مناسبی با طبیعت دارد و به خوبی می‌تواند امتیازات لیید را کسب کند و همچنین از جمله مزایای این محصول عایق حرارتی مناسب آن است که ظرفیت حرارتی بالای خاک، گرمایش غیر فعال خورشیدی را برای آن‌ها فراهم می‌کند و از جمله دیگر مزایای مفید آن قیمت مناسب آن با توجه به قیمت مناسب مواد و مصالح تشکیل دهنده آن است. بزرگترین مانع حال حاضر این مصالح نداشتن مجوز و تاییده‌های مرکز تحقیقات می‌باشد و البته ضخامت زیاد آن نسبت به سایر مصالح جدید می‌باشد.

۶. نمونه موردی

این تکنیک قابلیت اجرایی به صورت سازه‌ای به عنوان تیغه‌های باربر و همچنین به عنوان عناصر غیرسازه‌ای مانند دیوار پیرامونی محوطه و تیغه‌های غیرباربر داخلی را دارا می‌باشد. در ادامه با نمونه های اجرایی از این محصول ارائه می‌گردد.



۷. بحث و نتیجه گیری

این محصول در حال حاضر یک ایده دانش بنیان می باشد که به صورت محدود تولید می گردد و هنوز به مرحله تولید انبوه به صورت پیش ساخته نرسیده است اما مزایای خوب آن بررسی محصول را توجیه پذیر می کند که می توان به ویژگی های سازگاری مناسب آن با طبیعت و قابلیت کسب تاییده های لیید، عایق حرارتی مناسب، عایق صوتی مناسب، زیبایی آن و تنوع در انتخاب بافت، قابلیت پیش ساختگی و یا تولید در محل پروژه و قیمت مناسب آن اشاره کرد. بزرگترین مانع حال حاضر این مصالح نداشتن مجوز و تاییدیه های مرکز تحقیقات می باشد که این عامل سبب به کارگیری این تکنیک صرفا برای تیغه ها و عناصر محوطه و قطعات دکوراتیو می شود. لازم به ذکر است شرکت دانش بنیان پرهیب سپهر هنر پارس نیازمند سرمایه گذار در این راستا برای ارتقاء و افزایش تولید مصالح خود و همچنین کسب تاییدیه های لازم می باشد. عدم تولید انبوه، ضخامت نسبتا زیاد نسبت به سایر مصالح نوین، نیاز به عایق مناسب در برابر رطوبت از دیگر موانع این محصول می باشد. در مجموع درگام اول این محصول مناسب تیغه های و عناصر غیر سازه ای اعم از دیوارهای محوطه، نشیمن های محوطه و عناصر دکوراتیو داخلی یا نمای بیرونی در ارتفاع کم در برخی پروژه ها می باشد.