Archive of SID

همایش علمی منطقه ای معماری کویر
دانشگاه آزاد اسلامی واحد اردستان
فروردین ۸۵

معماری کویر
همایش علمی منطقه‌ای ـ فروردین ۱۳۸۵
دانشگاه آزاد اسلامی واحد اردستان
مصالح و معماری کویر

رویکردی نوین به روشهای بهره‌گیری از خاک در معماری کویر

محسن وفامهر
دانشجوی دکتری معماری دانشگاه علم و صنعت ایران
عضو هیئت علمی دانشکده معماری و شهر سازی دانشگاه علم و صنعت ایران
Dr.vafamehr@gmail.com - 0912 - 115 94 70

عباسعلی شاهرودی
دانشجوی دکتری معماری دانشگاه علم و صنعت ایران
عضو هیئت علمی دانشکده هنر و معماری دانشگاه مازندران
aashahroudi@yahoo.com - 0912 - 345 0 865

محمد رضا صابری
دانشجوی کارشناسی مهندسی عمران دانشگاه صنعتی امیر کبیر (پلی تکنیک تهران)
09122543228

دی ماه ۸۴

www.SID.ir

Archive of SID

همایش علمی منطقه ای معماری کویر
دانشگاه آزاد اسلامی واحد اردستان
فروردین ۸۵

رویکردی نوین به روشهای بهره‌گیری از خاک در معماری کویر

محسن وفامهر * عباسعلی شاهرودی ** محمد رضا صابری ***

واژگان کلیدی : کویر ، معماری ، خاک ، ساختمان‌سازی ، سنتی ، مدرن ، روشها

چکیده :

این مقاله سعی دارد تا به پژوهش و بررسی مراحل تکوین و تحول خاک در چارچوب ساختمان سازی مدرن و سنتی در کویر بپردازد.

سنت ساختمان سازی یک فرآیند پویا است و سازندگان سعی دارند آگاهانه، ولی آرام ، روش ها و اشکال خود را توسعه داده و متحول سازند . چرا که اگر ساختمان‌های جدید با مواد مدرن بنا شوند بیشتر مورد پذیرش قرار می گیرند. البته نباید از یافتن راه حل های ابداعی برای به‌کارگیری مصالح سنتی چون خاک، سنگ، سفال و ... در جای مناسب تردید کرد.

استفاده از خاک کویر جهت خانه سازی نه تنها در دنیا ، بلکه در تاریخ کشور ما ایران ، از قدیم مرسوم بوده و به ارزش و اهمیت آن در ساختمان سازی پی‌برده بودند . اما هم اکنون مردم به فضاهای دیگر از جمله ساختمان های فلزی و بتنی عادت کرده اند و مطابق روند روز ، آنچه را که آسانتر به‌دست می آید دنبال می کنند. متخصصین و مردم عادی تقریباً همگی با فضاهای انسانی و زیبای آن غریبه شده اند که البته اگر دوباره این فضاها را لمس کنند دلباخته آن خواهند شد.

اما در جواب این سوال که چرا « **خاک در کویر** » به عنوان یک عنصر ارزشمند در ساختمان سازی به‌کار می رود به قابلیت های متعدد خاک برمی‌گردد که در این مقاله ضمن ارائه روشهای ابداعی به آنها خواهیم پرداخت.

مقدمه :

دانشمندان مختلف در اقصی نقاط دنیا روی خاک تحقیق کرده و به نتایجی جهت استفاده از آن به‌عنوان ماده ساختمانی رسیده اند. در سطح جهانی برآورد می‌شود که یک سوم جمعیت دنیا در خانه هایی زندگی می کنند که به روش ساختمان سازی با خاک تولید شده اند. در انگلیس، اسکاتلند، ایران، یمن و ... میراثی غنی از ساختمان های خاکی وجود دارد.

---

* دانشجوی دکتری معماری دانشگاه علم و صنعت ایران ـ عضو هیئت علمی دانشکده معماری و شهر سازی دانشگاه علم و صنعت ایران
تهران ـ میدان رسالت ـ خیابان هنگام ـ خیابان دانشگاه علم و صنعت ایران
Dr.vafamehr@gmail.com - 0912 - 115 94 70

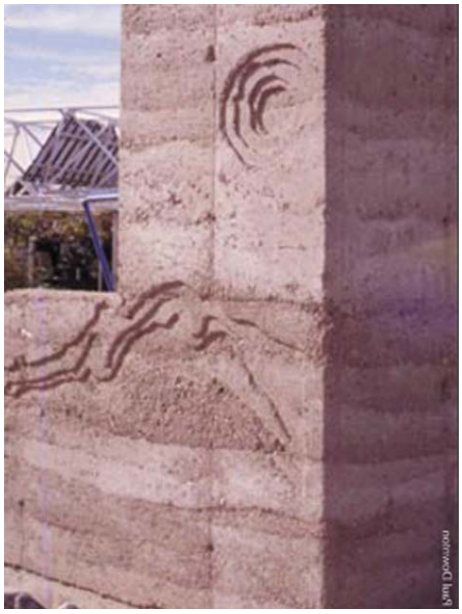
** دانشجوی دکتری معماری دانشگاه علم و صنعت ایران ـ عضو هیئت علمی دانشکده هنر و معماری دانشگاه مازندران
aashahroudi@yahoo.com - 0912 - 345 0 865

*** دانشجوی کارشناسی مهندسی عمران دانشگاه صنعتی امیر کبیر (پلی تکنیک تهران) ـ Mobile : 09122543228

www.SID.ir

Archive of SID

چرا خاک در کویر به عنوان یک عنصر ارزشمند در ساختمان سازی به‌کار می‌رود ؟



تصویر ۱

تصویر۲ Source: principal author: Paul Downton Home design for lifestyle & future - 3.4 c Construction Systems ± Rammed Earth (Pise)

۱– مصالح طبیعی چون خاک، آب ، باد ، آتش ، ابدی هستند فرم های طبیعی حاصله از آنها مثل صفات و طبیعت های اولیه انسان ، نیاز به خدا، عشق و محبت ... ابدی هستند . مثلاً تاق و گنبدی که هزاران سال است در روستاهای کویری ایران با خاک ساخته می شوند انسان آنها را بر این پایه اختراع کرده که به اصل نیروی فشار در برابر نیروی جاذبه ، به اصل ملایم کردن بارهای شدید در برخورد با سطوح قوسی به این نکته پی ببرد که می‌شود از خاک خشت ساخت و با این خشت یک شکل هندسی بوجود آورد که ما بین دو دیوار را به شکل سقف در آورد .

۲– استفاده از خاک فرآیندی است که برای محیط زیست سودمند بوده و بدون اثر منفی بر روی محیط زیست و با جلوگیری از نشر کربن از آلودگی محیط جلوگیری می کند چرا که صنعت ساختمان سازی یک منبع مهم نشر کربن و تولید مواد زائد است.

۳– قابلیت مکانیکی نسبتاً پایین آن به استفاده کننده این امکان را می دهد که با تقلیل هزینه به راحتی قابل دسترس همگان باشد، همچنین بخش اعظم مصالح را از گودبرداری خاک در محل های نزدیک پروژه بدست آورد.

٤– بعنوان یک ماده ساختمانی از بقا و پایداری بالایی برخوردار است.

٥– بعنوان مصالحی که عایق خوبی در برابر گرما و سرما می باشد و با هیچ ماده زیان بخشی در نمی آمیزد با متعادل ساختن لابلای رطوبتی جو در داخل ساختمان سرما را در تابستان و گرما را در زمستان حفظ می کند.

٦– مصالح سنتی که از خاک گرفته تا آهک و ساروج و سفال و غیره، این مصالح به قول اقوام قدیمی بی ارزش نیستند بلکه به خاطر طبیعی بودنشان برای سلامت جسمی و روحی انسان ضروری می باشند.

۷– خاک می تواند به عنوان یک ماده مقاوم در برابر نیروهای وارده عمل کند.

۸– بعنوان تنظیم کننده رطوبت و مقاوم در برابر آتش، همچنین نقش یک عایق را در ساختمان ایفا می کند.

۹– خاک سبب کاهش انرژی در ساختمان می‌شود به‌عنوان مثال یک دیوار چینه ای به ضخامت ۴۰ سانتی متر تمام شرایط لازم برای عایق سازی گرمایی را برآورده می کند و مزیت های یک سازه همگن را نیز حفظ می کند. در مقایسه با خاک یک ساختمان بتنی یا آجری ممکن است فقط برای تولید، حمل و نقل و پیاده سازی مصالح، ده یا بیست برابر بیشتر انرژی مصرف کند.

۱۰– خاک می تواند عایق آکوستیک باشد و توانایی تنظیم رطوبت و هوای درونی و کیفیت آن را دارد. اگر خاک به درستی استفاده شود با دوام و زیبا خواهد بود.

۱۱– در پایان عمر ساختمان مواد به آسانی به زمین بر می گردد و از آلودگی محیط زیست پرهیز می‌شود.

۱۲– خاک می تواند به روش های زیادی در ساختمان سازی در جهت تشکیل دیوارها، کف، سقف و دیگر اجزا ساختمان استفاده شود . مطابق تصاویر ۱ و ۲

تصویر۳ Source: www.sirewall.com/ Portfolio/videos.html

تامین منبع خاک جهت ساختمان سازی

در بسیاری از موارد می‌توان خاک را جهت ساختمان در همان محل با استفاده از خاک زیرین حفاری از زیر بناها و زیر زمین ها تهیه نمود، باید خاک محل جهت تعیین کیفیت و کمیت مواد موجود در آن مورد ارزیابی قرار گیرد. زیرا نوع خاک در دامنه فواصل و قسمتهای مختلف تغییر خواهد کرد.

وقتی خاک با مقادیر کافی موجود نباشد می تواند از دیگر محل های ساختمان سازی تأمین شود. مطابق تصویر ۳

تأمین منبع خاک در محل به علت عدم نیاز به حمل و نقل و کاهش هزینه انرژی و آلودگی بیشتر مورد توجه است.

www.SID.ir

Archive of SID

همایش علمی منطقه ای معماری کویر
دانشگاه آزاد اسلامی واحد اردستان
فروردین ۸۵

استفاده از خاک زیرین محلی و ویژگی خاک

ساختمان سازی با خاک با توجه به خاک های موجود و روش استفاده از آنها و عملکرد مربوطه و چگونگی انجام آن در هر موقعیت ، بسیار متنوع است و به غیر از چند مورد استثناء خاک مناسب برای ساختمان سازی در لایه های زیرین خاک یافت می‌شود، خاک فوقانی مناسب نمی باشد زیرا دارای مواد آلی است که تجزیه پذیر است.

خاک می تواند بسته به ترکیب خود با دانه بندی نسبت های خاک رس، لای، ماسه، شن موجود در آن طبقه بندی شود.

نوع خاک موجود تعیین کننده مناسب ترین روش ساختمان سازی است. با این وجود می‌توان مخلوط های خاکی را جهت متناسب کردن آن با شرایط خاص تغییر داد. متعادل کردن مقدار خاک رس در ساختمان سازی با مابقی خاکها مهم است. بعنوان مثال روش خاک کوبیده ، برای خاک هایی که درصد رس کمتر از ۱۰٪ دارند بهترین روش است و نسبت بالاتری ماسه و شن دارند ولی دیوار چینه ای می تواند با خاک های سنگین تر که دارای نسبت زیادتری خاک رس یعنی بین (۱۵ تا ۷۰) درصد خاک رطوبت دارند نیز با ماهیت و قابلیت کار با مواد در یک روش خاص اثر گذار باشد.

روشها : روش دیوار چینه‌ای (گلی)

تصویر ٤ 6RXUFH 3UR 0 DV + DGHQ± 7KH formation of Voids and Niches in Rammed Earth

این روش تاریخی، دیوار سازی یکپارچه با استفاده از یک مخلوط کاه و خاک است. چینه عبارت است از نوعی خاک رس مرطوب شده و آماده شده بوسیله ورز دادن یا بدون عناصر اضافی پر کننده (شن، سنگریزه، کاه) که به عنوان عنصر اصلی بنا را شکل می دهد. از این رو، کار بست آن در وضعیت خمیری شکل، به صورت گلوله، کلوخ، قطعه مسطح یا استوانی، انجام پذیرد و خشک شدن آن «درجا» صورت می گیرد.

تثبیت آن به صورت رگه های سنگ چین تحقق می یابد و لازم است که قبل از مستقر کردن چند بعدی، منتظر خشک شدن سنگ چینِ چینه قبلی بود. این امر به منظور جلوگیری از فرونشستن سنگ چین زیرین صورت می پذیرد. در عین آنکه جمع شدن چینه قبل از استقرار سنگ چینی جدید را نیز ممکن می سازد. این جمع شدن در زمانی نسبتاً طولانی تکمیل خواهد شد و بنابراین با پیشرفت کار، ترکیبی از سنگ چین ها و قطعات چینه ای به صورت شطرنجی بدست خواهد آمد.

در تفاوت با فنون چینه ای که در مناطق اروپایی تا اوایل قرن جاری استفاده می شد. در خاورمیانه اجرا بدون کمک قالب بندی چوبی انجام می‌شود. قالب امکان دست یابی به چسبندگی حداکثر بوسیله متراکم شدن در اثر کوبیدن را فراهم و سهم آب در ورز دادن را کاهش می دهد و بی اثر می سازد امری که خیس بودن چینه علت اصلی جمع شدن چینه های ساختمانی است. واژه چینه در بسیاری موارد با واژه کاه گل اشتباه می‌شود حال آنکه گل تنها برای اندود و حفاظت بنایی خشتی (چینه و یا خشت) عملکرد دارد. خاکِ استفاده شده برای ساخت کاه گل عملاً تفاوتی با خاکی که برای چینه مصرف می‌شود ندارد ولی در کاه گل این خاک همیشه بَا مقدار بسیاری از خرده کاه یا دیگر گیاهان و حتی موی حیوانات از جمله (بز) همراه است.

کاه علاوه بر اینکه نقش پر کننده دارد، از جمع شدن زیاد کاه گل (ناشی از مقدار آب لازم برای اینکه مخلوط قابل کار شدن با ماله باشد) پس از خشک شدن جلوگیری می‌کند، کاه نوعی آرماتور حقیقی بوده و به کاه گل ساختاری الیافی می دهد. ساختی که برای چسبندگی آن بویژه در زمانی که با ضخامت اندک مورد استفاده واقع می‌شود ضروری است.

افزون بر آنکه ماله کشی در هنگام اجرا، بر آنست تا کاه را در سطح اندود، عمود بر فشارهای کششی و خمشی بگستراند. فشارهایی که کاه گل در مقابل آنها بسیار مقاوم می باشد و سرانجام کاه مقاومتی غیر قابل انکار را در برابر کنش مکانیکی عناصر فرسایشی عرضه می دارد.

به‌عنوان نمونه می‌توان ساختمان سازی با خاک به روش چینه و خشت در یمن جنوبی (جنوب شبه جزیره عرب) را مثال زد . مطابق تصویر ۴

روش خاک کوبیده

در این روش دیوار خاک کوبیده را به‌عنوان یک بلوک بزرگ فشرده خاکی تلقی می کنیم زیرا خیلی بزرگتر از یک بلوک خاکی پرس شده است و درست بر روی دیوار شالوده ساخته می‌شود. ساختن این نوع دیوار به صورت مناسب دشوارتر است. ولی در صورتی که آن را خوب اجرا کنیم از اتلاف مقدار زیادی از سعی و کوشش جلوگیری می کند. زیرا مجبور نیستیم مقدار زیادی بلوک های کوچک را حمل کرده و در دیوار کار بگذاریم. یک دیوار خاکی کوبیده را به خوبی دیواری که از بلوک فشرده ساخته شده می‌توان ساخت.

مهمترین کاری که پس از پیدا کردن خاک مناسب ، برای تهیهٔ خاک کوبیده باید انجام دهیم این است که یک قالب برای کوبیدن خاک داشته باشیم. و سپس با تخماقهای مختلف در ضخامت های گوناگون خاک را بکوبیم. مطابق تصاویر ۵ و ۶

www.SID.ir

Archive of SID

تصویر۵ Source: www.sirewall.com/ Portfolio/videos.html

تصویر۶ Source: principal author: Paul Downton - Home design for lifestyle & future - 3.4 c Construction Systems ± Rammed Earth (Pise)

در ساختمان سازی با دیوارهای خاک کوبیده اولین قسمتهایی که باید کوبیده شوند گوشه های خانه بر روی شالوده هستند. دقت مخصوصی باید اعمال شود تا مطمئن شویم قالبهای گوشه کاملاً شاقول یا قائم هستند. این عمل مهمترین موضوع است و باید اغلب کنترل شود. یا دیوار خاکی که کج ساخته شود هرگز امکان ندارد که بتوان آن را مستقیم ساخت و اصلاح کرد.
همه قسمتهای دیوار تازه ساخته شده را تا موقعی که مقاومت لازم را کسب کند محافظت می کنیم در موقع شب ها و وقتی که احتمال بارندگی می رود. تمام دیوارهایی که در برابر باران قرار گرفته اند را باید با حصیر، پارچه کلفت و یا کاغذ ضد آب محافظت کنیم بسیار مهم است در این نوع محافظت، بالای دیوار را بپوشانیم چون خوردگی ابتدا از آنجا آغاز می‌شود.
بعضی خاکها مخصوصاً انواع ماسه ای، ممکن است وقتی قسمت بعدی بر روی دیوارکه قبلاً بالا آمده کوبیده می‌شود تمایل به خرد شدن داشته باشند. اگر چنین موضوعی اتفاق افتاد، صبر می کنیم تا قسمت پایین تر مقاومت کافی کسب کند تا از وقوع این امر جلوگیری شود لذا می توانیم در بالای هر قسمت دیوار پس از طی زمانی که خرد نمی شود یا ترک نمی خورد عمل کوبیدن را انجام دهیم.
قبل از کوبیدن یک قسمت جدید باید بالای قسمت تمام شده زیرین را به گودی در حدود یک سانتی متر با یک چوب نوک تیز یا میخ فلزی بخراشیم اگر قسمت تمام شده خشک است روی آن را کمی مرطوب کنیم این عمل باعث بهبود چسبندگی قسمتها می‌شود.
سیم خاردار ، سیم بافته شده یا آرماتورهای کوچک ممکن است جهت مسلح کردن دیوار خاک کوبیده بکار روند. اگر ساختمان در یک ناحیه زلزله خیز یا طوفان خیز ساخته شود و خاک تثبیت شده در آن بکار رود مسلح کردن آن بخصوص ضرورت دارد. مسلح کردن در دیوارهای خاک تثبیت نشده به اندازه مصالح تثبیت شده موثر نیست. وجود آرماتور اطراف بازشوهای در و پنجره ها همیشه باعث استحکام یک دیوار می‌شود . مسلح کردن باعث حذف ترکهای مضر در این نقاط می‌شود.
خاک کوبیده، همانند سازی فرآیندهای زمین شناختی است که سنگ رسوبی را تشکیل می دهند. دیوارهایی که با این روش ساخته می شوند می توانند استحکام و سختی ماسه سنگ را داشته باشند و می توانند حامل بارهای زیادی بوده و در اغلب موارد غیر اندود شده رها می شوند. در مقایسه با دیوارهای چینه ای، دیوارهای خاک کوبیده ظرفیت و توانایی ساختاری بیشتری دارند و در معرض انقباض کمتر هستند. خاک کوبیده برای ساخت کف نیز مفید است.

روش آجر خاکی (خشت خام)

این روش ساخت شامل استفاده از چندین روش است از خشت خام دست ساخته گرفته تا تولید آجر رسی کارخانه‌ای ، اندازه هر واحد بسته به محل و موقعیت آن متفاوت است. خاک زیرین رسی با آب یا الیاف تا حد سفتی شبیه به گل مخلوط می‌شود قبل از آنکه در قالب قرار گرفته و شکل گیرد آجرها قبل از استفاده در معرض هوا خشک می شوند و در ملات های خاکی به صورت بستری قرار می گیرند سطوح آنها می تواند با استفاده از پوشش آهکی یا خاک مورد حفاظت قرار گیرند.
خشک کردن آجر غیر آتشی می‌تواند بدون کمک منبع حرارتی آرام صورت گیرد آجرها باید از آسیب یخبندان در حالت مرطوب محافظت شوند.
چگالی آجر خاکی بسته به نقش آن متفاوت است. آجرهای فشرده‌تر می توانند حامل بار باشند و جرم گرمایی را در ساختار تولید کنند ولی نسبت زیادی از انقباض و نشست را که در روش های خاک جرمی بوجود می آید از بین می برد . آجرهای سبک فیبری و خاکی مقاومت گرمایی دارند . مطابق تصاویر ۷ و ۸

تصویر۷ 6RXUFH 3URI 0 DV + DGGQ± 7KH formation of Voids and Niches in Rammed Earth

www.SID.ir

Archive of SID

آجرهای خاکی دست ساخته به آسانی ساخته می شوند. بنابراین برای نیروی کار غیر ماهر مفید هستند. آن ها می توانند با توجه به عامل زمان و مکان به صورت گروهی ساخته شوند . مقدار تجهیزات مورد نیاز متفاوت است از قالب چوبی ساده برای کاربرد غیر پیشرفته گرفته تا تولید آجر کاملا مکانیزه برای استفاده تجاری.

روش بلوک خاکی فشرده شده:

6RXUFH 3URI 0 DV + DGHQ 7KHIRUP DWRQ RI 9 RIGVDQG1 IFKHVIQ5 DP P HG(DWK

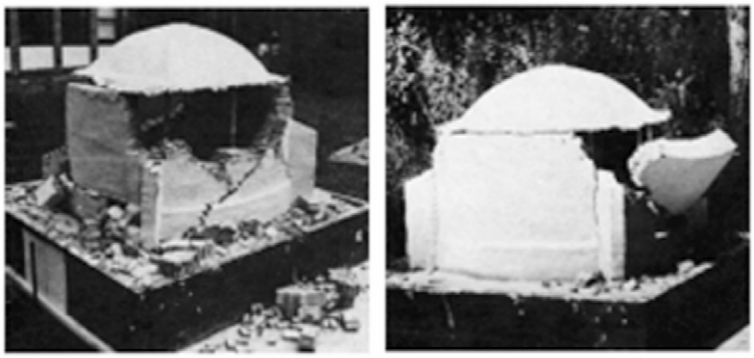
تصویر۸

این نوع بلوک در یک فرآیند فشاری دستی تولید می‌شود و مقدار زیادی فشار با دست بر خاک داخل قالب اعمال می‌شود. بلوک ها با اندازه استاندارد تولید می شوند . نیاز به خاک در این جا مانند خاک کوبیده است.

تولید بلوک خاکی فشرده سریع نیست (خروجی برای هر شخص در هر زمان بین ۱۵۰ تا ۲۰۰ قالب است) ولی زمان خشک سازی در مقایسه با آجرهای قالبی مرطوب بیشتر است. بلوک ها می توانند فوراً چینده شوند و این روند نیاز به خشک سازی و محل ذخیره را کاهش می دهد . تصاویر ۷ و ۸

خشت :

مزیت اصلی خشت بر سایر روش ها این است که ساده ترین روش بوده و با حداقل مهارت می توان بطور رضایت بخشی خانه سازی نمود. در صورتی که کارها بر مبنای اصول صحیح انجام شود می توان دیوارهای محکم وبدون ترک ساخت . تصویر ۹



4-5 and 4-6 Models of the house in Fig. 4-4 after seismic movements (Sibtain, 1982)

6RXUFH * HQHUDO ICQH± &RQVWUXFWRQ DQXDO RUHDWXUH DWXUH XDNHUHLWQVWRXVHVEXLOWRI HDWK

تصویر۹

عیوب خشت :

عبارتند از : یکی بد منظره بودن و دیگری درمناطق بارانی با حجم باران بیش از ۶۲۵ تا ۷۵۰ میلیمتر در سال مناسب نیست. تصویر ۹

خاک کوبیده :

در این روش دیوار های پیوسته با کوبیدن و نمناک نمودن با نم بهینه(optimom) ، داخل قالب های محکم چوبی ساخته می شود، هنگامی که قسمت کوتاهی از دیوار کمپکت شد، قالبها به سمت بالا یا طرفین حرکت داده شده و این پروسه تا تکمیل تمام دیوار تکرار می شود. عمل کوبیدن با دست یا بوسیله تخماق انجام می گردد ولی در هر حالت باید خاک به حد مطلوبی کوبیده شود که کاملا متراکم و محکم گردد، می توان بجای استفاده از تخماق دستی از تخماق بادی نیز استفاده نمود(هوای متراکم و فشرده– با ضربه چکشی) دیوار خاکی متراکم بادوامتر از انواع دیگر تولید شده از خاک است که تا کنون قرن ها پایدار مانده است واز سوی دیگر امکان بهره گیری از کارگران غیر متخصص نیز امکان پذیر می باشد .

www.SID.ir

Archive of SID

معایب خاک کوبیده:

۱- بدست آوردن ترکیب و مخلوط مناسب آسان نیست.
۲- برای ساخت وتولید قالب های چوبی محکم باید دقت و پول صرف کرد و مهارت نیز به خرج داد.
۳- در صورت عدم استفاده از ترکیب مناسب خاک پس از خشک شدن منقبض شده و ترک می خورد.
۴- میزان آب مصرفی (نم بهینه صفر $\lim \rightarrow$) باید به دقت مورد کنترل واقع شود.
۵- در صورت عدم دانه بندی مناسب در خاک دیوار، یا عدم کمپکت مناسب که سطح آن خوش منظره نباشد لازم می گردد که روی دیوار اندود یا رنگ آمیزی شود تا سطح تمام خاک خوشایند گردد.

محاسن استفاده از خاک:

- خاک ماده بی ادعا و بی تکبر است.
- از نمونه سازی با خاک خیس(گل) تا ساختن با خاک کوبیده امکان پذیر است.
- تغییر دادن در شکل و فرم در درون زمین و تبدیل به فضای قابل سکونت ممکن می باشد.
- فرآیند خاک کوبیده با اجرای هر گونه نازک کاری بر روی آن سازگار است.
- ساخت سازه های خاکی ساده و پرداخت نشده(بدون تزیین و نماسازی) عملی است.
- دیوار های ساخته شده از لایه های متوالی«تنیده» به خودی خود جنبه تزئینی پیدا می کنند.
- بهره گیری از همه ویژگیهای خاک بعنوان ماده ساختمانی امکان پذیر است.
- کارکرد های عالی گرمایی د رخاک امکان تنفس به دیوار ها را می دهد.
- اصلاح و تقویت تکنیک های سنتی از طریق تقویت و بالابردن توان سازه ای آن فراهم است
- اصول رسوخ درباره مسائل محیط زیست که بسیار سفت و سخت می باشد
- خاک کوبیده بهتر از هر ماده ساختمانی دیگر پاسخگوی سخت ترین فرم های زیست محیطی یک زیستگاه مطلوب است.
- خاک یک منبع طبیعی ارزان قیمت بوده و در طبیعت به وفور یافت می شود.
- خاک عایق صوتی خوبی است.
- مزیت های یک سازهٔ همگن را داراست.
- شناسایی ارزش مصالح قدیمی از طریق مهمترین تجربه و توجه به اصل خلاقیت رقم می خورد.
- توجه به فناوری تولید یا اجرا و نیز خلاقیت و ابداع هنری زمینه ساز قابلیت های کشف مصالح جدید است.
- معماران و طراحان صاحب سبک وایده با پیش بینی نیازهای جامعه آینده انواع جدید به‌کارگیری مصالح را در پروژه‌های گوناگون باید به‌صورت تجربی و بدیع پیشنهاد نمایند.

برش خاک همانند بلوک های سنگی از معادن مناسب:

ما همواره اعتقاد داریم که خاک طبیعی و دست نخورده و موجود در عمق زمین بعلت فشرده شدن طبیعی در اثر مرور زمان همواره بهتر و بسیار بیشتر از خاک های دستی یا خاکهای کوبیده شده مقاوم می باشد.
حال این سؤال مطرح می‌شود که چرا اکنون با وجود تکنولوژی موجود و امکان اینکه خاک را در عمق زمین به‌صورت مکعب و بلوک خارج نمی‌کنیم تا آنها را مانند دیوارهای پیش‌ساخته استفاده نمائیم و پس از خارج ساختن خاکی مکعبی به آنها حرارت داده یا با تزریق چسباننده‌ها آنها را به یکدیگر متصل نمائیم زیرا بدلیل وجود میزان بالایی سیلیس در خاک قابلیت چسبندگی خوبی را دارد. مطابق تصویر ۱۰

تصویر ۱۰ 6RXUFH 3UR 0 DV + DGHQ 7KHIRUP DWRQ RI 9 RLGVDQG 1 LFKHVIQ5 DP P HG(DWK

www.SID.ir

Archive of SID

اگر چه سیلیس در درجه حرارت بالای ۱۲۰۰ درجه به حالت روان در می آید ولی در درجات بسیار پایین تر خاصیت چسبندگی خود را متبلور می سازد.
از خصوصیات خاک رس در مجاورت آب چسبندگی آن است، اما در صورت افزودن آب بیشتر باعث روانی آن می شود که می توان به راحتی در قالب های دیوار روان نمود وبا قالب بندی مناسب و تزریق خاک بصورت متراکم و سپس حرارت دادن و خشک نمودن آن به حالت مناسبی از خاک بهم فشرده برسیم و سپس با شوت کردن ذرات خاک به دیوار این موقعیت را تقویت کنیم و به این ترتیب ضمن چسبندگی و یکپارچگی دیوار نوعی ایزوله رطوبتی و عمیقی در ضخامت لایه های خاکی ایجاد نمائیم.

الف: روش مشابه گابیون در دیواره های موقتی و دائمی:

فرض اصلی :

فرض اصلی که در این بخش مورد استفاده بنده قرار گرفته وجود نوعی توری مشبک فلزی یا پلاستیکی است که اندازه توری مشبک موجود در آن از عدد مشخصی کمتر باشد تا خاک براحتی نتواند از آن عبور کند. ضمنا استفاده دیگری از ماده چسباننده ای کرده ام که ابتدا توری را به آن آغشته نمایند و سپس خاک روی آن بریزند واین ماده بتواند در خاک جذب و چسبیده شده خود را با مقاومت قابل قبولی حفظ نماید.

توضیحات:

همانطوری که گابیون قلوه سنگ ها را در کنار هم مهار می کند هدف من هم مهار خاک به همین صورت است، یعنی با استفاده از محفظه هایی که اشکال واحجام مختلفی خواهند داشت خاک بصورت آن حجم در آید و لذا حجمی داریم که مانند آجرهای سبک و ابعاد مشخص در کنار هم قرار می گیرند و حجم اصلی ما را شکل می دهند. از آنجایی که خاک را براحتی می توان تغییر فرم داد کافی است توریها و محفظه های ساخته شده را بصورت های مختلف و ابعاد متفاوت بسازیم و سپس آنها را با خاک پر نموده و از روی هم چیدن این باکسهای خاکی می توانیم هر نوع سازه ای را شبیه سازی نمائیم و از محاسن آن می توان به سرعت اجرا و قیمت پایین مصالح اشاره کرد ، البته از معایب آن این است که سازه های مرتفع و بلند را بدون تقویت خاص نمی توان اجرا نمود.
طریقه اتصال این باکسها بوسیله اتصالات خاصی صورت نمی گیرد بلکه دو روش پیشنهاد من است یکی استفاده از ریشه های فلزی بصورت آنکراژ مابین قطعات بصورت افقی و عمودی بگونه ای که حداکثر صلبیت را ایجاد نماید و یکپارچه شود. روش دیگر ، استفاده از بست های سیمی است وایده اصلی در این مورد بست های سیمی در آرماتوربندی هستند که با وجود مقاومت فردی کم در تعداد زیاد مقاومت و پخش نیرو را به خوبی انجام می دهند .
این سازه میتواند در فواصل مشخصی قطعاتش به یکدیگر بوسیله سیم متصل شوند ودر نقطه اتکا به زمین سطح مقطع بزرگتری از همین متریال مورد نیاز است.
از مزایای دیگر این روش می توان به سهولت اجرا و زمان کوتاه اتمام طرح و اجرا اشاره کرد، البته نیروی متخصص براحتی می تواند زمان اجرا را کاهش دهد و آنرا به زمان ناچیزی تقلیل دهد و کیفیت را نیز افزایش دهد مزیت اصلی دیگری که مورد توجه من قرار گرفت استفاده از مصالح محلی در هر منطقه ای است که پروژه در آن قرار است احداث گردد. در کشور ما ایران در هر منطقه ای دسترسی به خاک خوب مقدور است و کمتر نقاطی هستند که از وجود خاک بی بهره باشند بنابراین در نقاطی که سازه های سبک و کم ارتفاع مد نظر هستند می توان این محصول را استفاده نمود. نکته دیگری که لازم است اشاره کنم این است که سازه ما احتمالا و بعبارت دیگر دقیقا دارای استخوانبندی درشت تری نسبت به سایر مصالح خواهد بود و این بدلیل ماهیت ثقلی آن است.
برای محافظت بهتر پروژه در مقابل نزولات جوی و اتفاقات طبیعی بهتر است که در پایان از یک قشر نازک لایه عایق (آب بند) استفاده نمود که باعث دوام و خدمات بهتر میگردد.

ب: روش مشابه شاتکریت(shotcrete) در ایجاد پوسته های سخت و سریع:

فرض اصلی: فرض کردم ماده ای طبیعی و آلی و حتما غیر شیمیایی وجود دارد که خاصیت چسبانندگی داشته و خشک شود و مقاومت خوب و قابل قبولی نیز داشته باشد. ایده اصلی برای ماده را از گیاه لویی گرفتم که گفته می شود یکی از ارکان اصلی ساروج در ملات آن بوده است. این ماده علاوه بر آنکه آب بند(عایق) است به خاک مقاومت قابل قبولی نیز می‌دهد.

www.SID.ir

Archive of SID

توضیحات:

این روش را برای آنکه بهتر بتوانم معرفی کنم باید ابتدا در مورد shotcrete توضیح بدهم. شاتکریت به دو صورت استفاده می‌شود روش خشک و روش تر. در اینجا روش خشک مد نظر قرار گرفته که توضیح داده می شود. بدیهی است که نیازی به توضیح در مورد روشن تر نمی باشد که البته شباهت های بسیاری به روش خشک دارد. در شاتکریت خشک، ملات ماسه سیمان با طرح اختلاط مشخصی بصورت خشک و بدون آب با هم مخلوط می گردند، و از طریق کمپرسور و دستگاه مخصوصی از طریق لوله، به نازل دستگاه می رسند و در دهانه نازل با درصدی آب مخلوط می شوند و سپس به طرف هدف پاشیده می شوند.

این ملات زودگیر است و مقاومت نسبی خوبی دارد و بسرعت جایگزین مقاومت جانبی از دست رفته خاک می شود، نکته دیگر آنکه این ملات چسبندگی بسیار خوبی به خاک دارد و بعنوان یک اقدام ایمنی و قابل اعتماد در تحکیم های موقت بسیار خوب عمل می کند.

با توجه به توضیحات فوق ایده من نیز از این روش بدین صورت بوده که جای سیمان را با ماده چسبنده طبیعی عوض کنم و جای ماسه را با خاک و دانه بندی مناسب تعویض نمایم که این روش پیشنهادی چند مزیت دارد:

سهولت دسترسی به مصالح–سرعت در اجرا– استفاده از مواد طبیعی و آلی در جهت توسعه پایدار و ...

شرح کلی روش :

نکات اجرایی مورد توجه بدین صورت بوده که ابتدا سطحی خاکی احداث می‌نماییم و سپس بوسیله قالب ابعاد و اندازه آنرا مشخص کرده و با شاتکریت که توضیح داده شد به روش ابداعی پوشش می‌دهیم و پس از آن بصورت عناصر سازه ای در ابعاد بزرگتر استفاده می‌کنیم. بدیهی است چون از قالب در ساخت آن استفاده کرده ایم می توان کلیه جزئیات و دیتیلهای مربوطه را در آن گنجاند یعنی در زمان استفاده، مصرف کننده شکل خاصی نخواهد داشت و از همه مهمتر این که این محصول بدلیل آنکه کاملا طبیعی است و اکولوژی را به هم نمی‌زند تامین کننده خوبی برای توسعه پایدار است.

ج: استفاده از چسب خاک و حرارت کوره :

این روش که بیشتر حالت تلفیقی دارد سعی دارد که بدون استفاده از سایر عناصر سازه ای و اسکلتی رایج، سازه ای مقاوم و قابل اعتماد ایجاد نماید.

فرض اصلی: وجود ماده‌ای که از آن بعنوان چسب خاک نام خواهم برد و خواص ویژه‌ای را برایم فراهم می‌نماید بگونه ای که این چسب با خاک در مجاورت حرارت به مقاومت برسد یعنی در هنگام احداث بعنوان یک افزودنی استفاده شود و سپس در طی حرارتی که خواهد دید. سخت شود و به مقاومت مطلوب دست یابد .

توضیحات:

در این روش ابتدا خاک و آب و چسب خاک را مخلوط می نمائیم و ملات حاصل را در قالب های بزرگ و ساخته شده خواهیم ریخت. سپس در کوره های مخصوص ماده حاصله را خواهیم پخت و در نتیجه جسم صلب و سختی داریم که میتواند در ساخت همه آثار معماری مورد استفاده قرار گیرد. البته همانطور که می دانیم می توان مجموعه ساخته شده را بوسیله کوره و مشعلهای مخصوص حرارت دهیم و به همان محصول دست یابیم.

در روش حاضر چند بخش باید مورد توجه قرار گیرد واز همه مهمتر میزان ماده افزونی و همچنین میزان حرارت مصرفی برای پخت است که مثلا اگر حرارت بیشتر شود، به مقاومت طرح دست نمی یابیم و یا اگر افزونی، بیش از مقدار طرح باشد، باز هم کاهش مقاومت را خواهیم داشت.

تصویر ۱۱ Source: Prof. Mary Hardin
7KH IRUP DWRQ RI 9RLGV DQG 1 IFKHV IQ
Rammed Earth

د: روش تحکیم خاک به‌کمک نیروی فشاری و بدون افزودنی:

همانطور که از عنوان استنباط می گردد، هدف این روش دستیابی به یک محصول کاملاً فشرده شده خاکی است که بدون داشتن مواد افزودنی دارای استحکام و دوام و مقاومتی در حد کنگلومرای طبیعی است که فرسایش ناچیزی دارد.

فرض اصلی: فرض من در این روش که از کنگلومرا برداشت شده است این است که بتوان نیروی فشاری و ثقلی قوی ای به خاک وارد نمود که خاک حالت سنگ بخود بگیرد.

علت انتخاب: بصورت سنتی و تجربی دیده ایم که کلیه سنگهای آسیابهای آبی و بادی و دستی از جنس سنگ کنگلومرا هستند پس یعنی سنگی که عدم فرسایش دارد و ضمناً مقاومت بسیار خوبی در مقابل حرکتهای ارتعاشی داشته باشد مورد نظر است . تصویر ۱۱

www.SID.ir

Archive of SID

توضیحات:

خاک که بایستی دارای چند نوع دانه بندی با درصدهای رطوبت بهینه باشد و بتوان دانه بندی خاصی را در آن اعمال نمود بعنوان ماده اولیه مورد استفاده قرار می گیرد و با استفاده از پرسهای سنگینی که بصورت فرضی مورد استفاده قرار گرفته اند (چون از وجود چنین پرسی اطلاع پیدا کرده ام) خاک را متراکم می نمایند تا حالت موزائیک پیدا کند و به مقاومت مطلوبی برسد. خاکهای متراکم شده در قطعات مختلف می تواند با هم درگیر شده و در کل سازه منظمی را احداث کنند. سایر روشهای تحکیم فقط قابلیت آنرا دارند که خاک را تحکیم نمایند اما جنس آنرا عوض نمی کنند. با توجه به حرارتهایی که در اعماق زمین بوجود می آید و ناشی از حرکت لایه ها و پوسته های مختلف هستند بنابراین نتیجه گرفتم که برای تحکیم بهتر نیاز به حرارت داریم پس پرس ما بایستی پرس توام با حرارت باشد. و نتیجتاً محصول استحکام بهتری خواهد داشت.

خاک بدلیل محتویات سیلیسی و در کل رسی خود این خاصیت شکل پذیری و تغییر ماهیت را خواهد داشت و می‌توان بخوبی آنرا متراکم نمود و شکل داد . تصاویر ۱۲

تصاویر ۱۲ 6RXUFH 3URI 0 DV + DGGQ 7KHIRUP DWRQ RI 9 RIGVDQG 1 LFKHVIQ5 DP P HG(DWK
Source: www.sirewall.com/ Portfolio/videos.html

تکنیک های پیشنهادی ساخت با معماری خاکی:

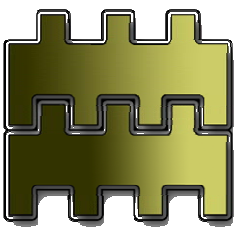
هم اکنون بسیاری از مصالح ساختمان ریشه در خاک دارند لذا می‌توان از خاک مصالح گوناگون بدست آورد.

۱ ـ استفاده از مصالح بوم آورد

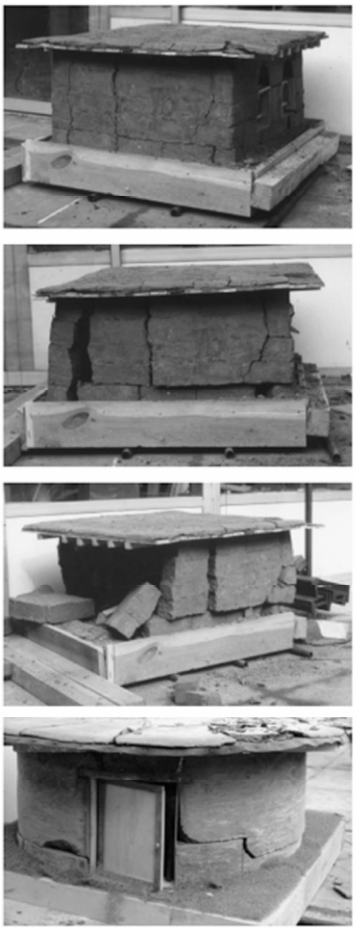
تهیه یکسری بلوکهای حجیم ترمومور که بگونه ای بتوانند با هم چفت شوند و مانند وسایل بازی کودکان Lego آنها را به هم مونتاژ نمود با این تفاوت که با پرکردن این قطعات از خاک بتوان ایستائی لازم برای نگهداری سازه را به آنها داد.

استفاده از این بلوکهای پلاستیکی در عین سبکی، انتقال آسان و مقرون به صرفه بودن آنها می تواند انواع طرح های دلخواه را بدست آورد.

ساختن یکسری قطعات پیش ساخته، همانند سقفهای پیش ساخته بتنی یا قطعات پیش ساخته در دیوارها بگونه ای که مانند کام و زبانه با یکدیگر چفت شوند یا با عبور دادن یکسری آرماتور برای اتصال محکمتر آنها قطعات پیش ساخته در سقف و آرماتورهای عبوری برای اتصال به یکدیگر استفاده نمود . تصویر ۱۳



تصویر ۱۳



3-4 to 3-8 Earthquake tests with models of square and circular shape (Minke 2001)

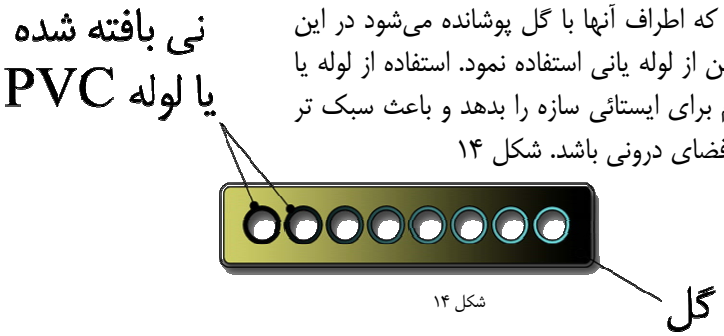
تصاویر ۱۲ 6RXUFH * HLQRV0 ILQH± &RQWUXFWLRQ P DQXDO RU HDUWKTXDN-resistant houses built of earth

www.SID.ir

Archive of SID

۲- استفاده از لوله های پلاستیکی P.V.C یا نی طبیعی

یکسری لوله های توخالی به‌هم فشرده و بافته شده که اطراف آنها با گل پوشانده می‌شود در این روش می‌توان بجای استفاده از دیوارهای خشتی پهن از لوله یانی استفاده نمود. استفاده از لوله یا نی همانند آرماتورهایی است که می تواند پاسخ لازم برای ایستائی سازه را بدهد و باعث سبک تر شدن سازه بشود و در عین حال عایق مناسبی برای فضای درونی باشد. شکل ۱۴



شکل ۱۴

۳- استفاده از مواد چسبنده

ماده چسبنده ای که بتواند ذرات خاک را بهم بچسباند و نیز شفاف باشد بطوریکه در قالبهای بزرگ و در اندازه های ثابت، خاک + ماده چسبنده ممزوج و در قالب ریخته شود تا خاک را به ماده ای سخت و محکم تبدیل کند همچنین می‌توان با استفاده از شفافیت این ماده چسبنده حفره های شفافی روی بدنه آن بوجود آورد که در عین آنکه مصالح جدیدی خلق می‌شود روشنائی داخل ساختمان را نیز تأمین نماید . شکل ۱۵

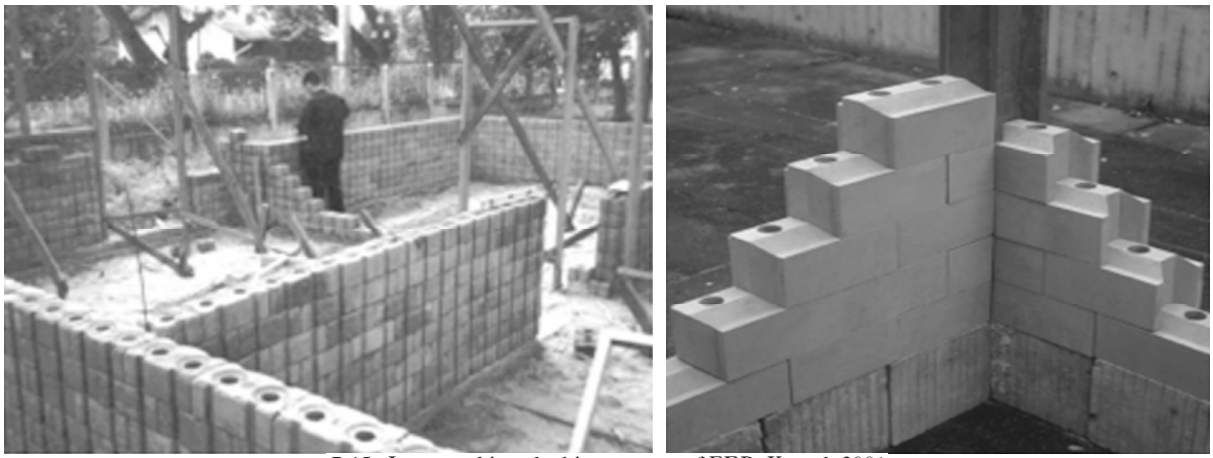
شکل ۱۵

۴- بلوک های خاکی فشرده یا ماشینی:

اخیراً چند نوع ماشین ساده و ارزان قیمت برای پرس کردن خاک و ساختن خاک قالبی یا بلوک خاکی ساخته شده است این بلوکها دارای مزایای بسیاری هستند، و بطور تقریب استقامت و استحکام دوام خاک کوبیده را دارند.

بعضی از خشت ها را می‌توان با افزودن مواد تثبیت کننده در مقایسه با آجر پخته سفالی یا برخی از مصالح ساختمانی دیگر برای استفاده رجحان و برتری داد .

خشت های پرس شده قبل از چیده شدن در آفتاب خشک و منقبض می شوند بطوری که می‌توان با آنها دیوارهایی اصولاً بدون ترک و یا با ملاتی که کمی منقبض می‌شود ساخت . دیوارهای ساخته شده از خشت های پرس شده نمایی بسیار خوشایند دارند و در صورتی که خاک مناسب و با دانه بندی درستی به کار رفته باشد روکش کردن نمای ساختمان (نماسازی) لزومی ندارد. تصویر ۱۶



7-15 Improved interlocking system of FEB, Kassel, 2001

6RXUFH * HUQR0 ICNH± &RQWKFWRQ DQDORUHDXKXDHUHLWDQRKRXHVEXOVRI HDUK

تصویر۱۶

نتیجه گیری :

با توجه به جمیع شرایط ، محاسن خاک و محدودیتهای کویر بهترین عنصر برای ساخت ساختمان و معماری خاک است که باید در روشهای بهره برداری ، اجرا و ساخت ضمن استفاده از تجربیات غنی گذشته کشورمان و نیز استفاده از تجربیات سایر کشورها و با استفاده از ترکیب ابزار و وسایل مدرن تر نسبت به بهره گیری از خاک با روشهای کاملا جدید در ارتقا و بهره گیری بیشتر از خاک در معماری به ویژه در کویر بهره جست .

www.SID.ir

Archive of SID

منابع و مآخذ فارسی و لاتین :

۱ ـ خانه سازی با خاک ـ محمود احمدی نژاد
۲ ـ مجسمه های سفالین ـ ترجمه یوسف کیوان شکوهی
۳ ـ خاک کوبیده ـ مجله معمار
۴ ـ خانه سازی با مردم ـ حسن فتحی
۵ ـ معماری بدون معمار ـ برناردو بروفسکی
۶ ـ استفاده از خاک در خانه سازی ـ لایل ولفسکیل ، وین دانلپ ، باب کالاوی

7 ± %HFN\ / DWWHU DQG 7RP 0 RUWRQ %8,/',1* :,7+ ($57+ ,1 6&27/$1' ,1129$7,9('(6,*1 $1' 6867$,1$%,/,7< 6FRWWLVK ([HWHQVLRQ&HQWUH5HVHDUFK 8QLW
8 ± DQ K6FKUHFNHQEDFK &RQVWUXFWV 8QLFK5RKHQ +RUW6FKUHGHU (FNKOLG%HK KHO - %XGGLQ ZLWK HDUWK &RQVWUXFWLRQ HUIQRUP DWRQ ' LFKYHEDQ OHKP HD 3URPSWQ WKH culture of building with earth - www.dachverband-lehm.de ± July 2004
9 ± ' RZQWKHDWK 6RLOCHJUDGDWRQDQG VXWDQDEOHHGHYHORSPHQW(XURPH $ FKLOGHQ HIRUWKH WVFHQWV\ (QYLURQ HQWDOLVWV 1R (XURPHDQ (QYLURQ HQW $JHQF\ 81(3 5HJIRQDO2 IILFHIRU(XURSH,QVHQ WRQO(QYLURQ HQW+ RXH &KHP ICHV$ QP RE V&+ &KDWDLQH* HQHYD 6ZLWWHUODQG(P DLO URH# XQHS FK+ RPHSDJH www. unep.ch
10 ± * HQRW0 ICNH ± &RQWUDFWRQ P DQXDO IRU HDUWKTXDNHUHVLVWDQWWKRXVHV EXLOWRI HDWK ± 3XEOLVKHG E\ *$7(±%$6,1 %XLOGLQJ $GYLVRU 6HULHFH DQG ,QIRUP DWRQ 1HWZRUN DW*7= * P E+ * HWHOHFKDWWXU7HFKQLVFKH =XVP P HQDUEHLW 32 %R[' (VFKERQ ± ZZZ JWGHEDWQ ' HFHP EHU
11 ± SUE LSDOLWKRUSDWK ' RZQWRQ +RPHGHVJQIRUODHWWOH IXWXH F &RQWUK WRQ 6\WHP VG DP P HG(DWK 3LVH
12 3URI 0 DV +DGLQ 7KHRUHWLFDORQI9RGVDQ 1FKHVLQ5P P HG(DWK ± $5&+ Construction Laboratory - Fall 2000
13± HE VWHV

www.calearth.org	*U.S. organisation*
www.earthship.org	*U.S. organisation*
ZZZKXWI L8QW/ 57 8&%3KW	*Finnish Research*
www.uni-kassel.de/fb12/fachgebiete/feb	*German university research*
www.rammedearthworks.com	*U.S. organisation*
www.dachverband-lehm.de	*German earth building organisation*
www.aecb.net	*U.K.organisation*

ZZZGXDFX SDMDTKQ,P DJHVKW
www.environmental.builderspot.com/page/page/361971.htm
ZZZGXDFX SDMDTKQ3UHVHQWBUHVHDUFKKW
www.sirewall.com/ Portfolio/videos.html

14 - ADDITIONAL KEY REFERENCES

A - % 3(QYLURQP HQWDO HVLJQ* XLGH 5$,$
B - &6,52' LYLVRQRI%XLOGLQJ &RQVWUXFWRQDQG(QJLQHHULQJ &6,52$ XWUDOLD%XOOHWLQ (DUWK: DQG&RQVWUXFWRQ &6,52 1RUWK5\GH 16:
C - (DUWKQ' 7KH) OP P HG(DWK+RXVH&KHWHD* UHHQ3 XEOLVKLQJ&RP SDQ 9HUP RQW 86$
D - /DZVRQ % %XLOGLQJ 0DWHULDOV DQG WKH (QYLURQP HQW 7RZDUGV (FRORJLFDO6XVWDLQDEOH' HYHORSP HQW5$,$ $&7 $XWUDOLD
E - 6IP P RQV* DQG7 *UD $ 7 (GLWRUV 7KH(DUWK%XLOGHUV+DQGERRN(DUWK* DUGHQ %RRNV7UHQWKDP 9LFWRULD
F - 5IFK5 DQG6P LWK. 7KH(DUWK* DUGHQ%XLOGLQJ %RRN ' HVLJQDQG%XLOG<RXU2 ZQ +RXVH 9LNLQJ 3HQJXLQ $XVWUDOLD
G - ($57+ %8,/',1*$662&,$7,21 2)$8675$/,$ KWW ZZZ HEDDVQDX

www.SID.ir