

LA TIERRA COMO MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN:

Seminario de Estabilización de Tierras impartido durante los cursos 2001/2002 y 2002/2003 en el Laboratorio de Materiales de Construcción de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid

Santos García Álvarez

Arquitecto

Profesor Asociado de Materiales de Construcción en la Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidad Politécnica de Madrid.

Esther Moreno Fernández

Licenciada en Ciencias Químicas

Profesora Titular Interina de Materiales de Construcción en la Escuela Universitaria de Arquitectura Técnica. Universidad Politécnica de Madrid

Resumen

La comunicación que presentamos es una exposición del programa y objetivos de la asignatura optativa de segundo ciclo “Seminario de Materiales de Construcción” así como la labor realizada durante dos cuatrimestres por los alumnos de dicha asignatura en el laboratorio de materiales de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid.

El seminario ha supuesto el primer contacto de los alumnos de Arquitectura con la construcción con tierra, y los objetivos desde este punto de vista han sido enfocados por una parte a conseguir una formación académica adecuada mediante clases teóricas sobre el tema, y por otra parte y fundamentalmente a despertar un interés sobre las técnicas de Construcción con Tierra, desde el punto de vista del conocimiento de las soluciones constructivas y desde la introducción de una serie de pautas y metodología de trabajo en el laboratorio encaminada a mejorar el comportamiento del material tierra frente a problemas de durabilidad cuando está sometida a los agentes atmosféricos y más concretamente su respuesta al agua.

Se han realizado diferentes informes que incluyen búsqueda bibliografía y de normativa existente, realización de ensayos de laboratorio empleando diferentes estabilizadores y dosificaciones para determinar el comportamiento y variación de las propiedades del material Tierra, tanto su respuesta frente al agua ya mencionada como su comportamiento mecánico.

Por último se ha realizado una investigación sobre mejoras en la junta de la fábrica de adobe.

Summary

This work we present here shows the program and intend of the subject of second cycle “Construction Materials Seminary” and the work which has been done for eight months for the students in the laboratory of Materials of Architecture of Madrid.

The subject means the first contact of Architecture students with soil building and the aim of this point of view has been focus on getting an adequate academic formation to develop theory classes about this theme and, basically to promote an interest about the techniques of soil buildings which already exists from the point of the knowledge of the building solutions and to establish a work methodology in the laboratory focus on improving the behaviour of the soil with problems such as durability when it is exposed to weather conditions and more accurately his reaction to water.

Various reports has been done which include bibliographic and existing Normative research, development of laboratory rehearsals using different stabilizers and dosages in order to determinate the variation of properties of soil material, his reaction to the water mentioned before and his mechanical behaviour.

Finally an investigation has been done about the improvement of the mechanical join earth block.

Palabras clave

Material, Construcción y Estabilización

Introducción

La escasez de vivienda y la falta de medios en los países menos desarrollados son de gran preocupación y principal objetivo de actuación por parte de sus Gobiernos; la utilización de materiales convencionales y la aplicación de las nuevas tecnologías constructivas, son soluciones de difícil acceso para los segmentos más pobres de la sociedad. La construcción con tierra se presenta como la respuesta más apropiada para éstos países, la facilidad de obtención de las materias primas, su fuerte tradición antropológica, sencillez de puesta en obra, la versatilidad de sus sistemas constructivos, que se adaptan fácilmente a cualquier clima y latitud, junto con las técnicas elementales de producción, que requieren una inversión reducida de medios, son factores que han hecho de éste material la opción más adecuada en muchas culturas para dar respuesta al problema de la carencia de vivienda por parte de los sectores menos favorecidos de la sociedad, convirtiéndose, en algunos casos, en la única solución viable.

Los principales problemas que presenta la tierra como material de construcción aparecen fundamentalmente como consecuencia de su deterioro en contacto con el agua y, aunque menos importante, su discreta resistencia mecánica. Estos dos factores pueden ser fácilmente subsanables mediante la adición de otros materiales llamados *estabilizadores* que tienen como objeto mejorar sustancialmente el comportamiento, características y durabilidad de la tierra. Estabilizar un suelo consiste en modificar las propiedades del sistema sólido-agua-aire de los cuales esta compuesto, para así conseguir una variación de éstas que lo haga compatible con aplicaciones particulares. En esta línea de trabajo y basándose en resultados de trabajos ya publicados, se han llevado a cabo ulteriores investigaciones con la premisa de experimentar nuevos estabilizadores y determinar las dosificaciones más idóneas que permitan la mejora de la eficacia constructiva del material sin aumentar apreciablemente su costo. Los ensayos realizados han sido diseñados y adaptados a los medios técnicos disponibles, y aunque se han llevado a cabo mediante una metodología científica, pueden tener errores lógicos de carácter “cuantitativo”, pero pensamos que los resultados obtenidos son extrapolables de manera “cualitativa” a las técnicas constructivas que utilicen la tierra como material de construcción.

Contenido

Mediante esta comunicación vamos a realizar una exposición que resuma el planteamiento y metodología seguidos durante el desarrollo teórico y experimental de la asignatura optativa de segundo ciclo Seminario de Materiales de Construcción.

La idea de proponer un seminario sobre la arquitectura con tierra surgió para poder introducir en la formación del Arquitecto un tema sobre el que no hay ninguna referencia en el plan de estudios 96 (previamente, en el plan75, dentro de la asignatura de Construcción IV de 6º Curso, durante cuatro años se

había organizado un seminario donde se trataron temas de construcción con tierra a cargo del profesor Luís Maldonado Ramos).

El seminario se imparte en tres horas y media semanales durante un cuatrimestre y se lleva impartiendo dos cursos académicos. El grupo de trabajo consta de 15 alumnos distribuidos en subgrupos de 3 ó 4 miembros. Los alumnos han realizado los experimentos y ensayos en el laboratorio de materiales de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid.

Durante éste periodo de tiempo se han ensayado agentes estabilizadores de diferente naturaleza con el objetivo de conseguir mejoras en las propiedades del material tierra fundamentalmente las relativas a su durabilidad y su resistencia mecánica. Todos los ensayos han sido realizados por los alumnos del curso en el laboratorio de materiales de Construcción de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid.

Durante las primeras semanas del curso se imparten unas clases teóricas como introducción en las que se exponen las generalidades de la Construcción con Tierra, técnicas constructivas, ejemplos de proyectos realizados a lo largo de la Historia y foros de discusión sobre trabajos de investigación y publicaciones existentes. La segunda parte es experimental en la que los grupos de trabajo realizan distintos ensayos de laboratorio encaminados a analizar las propiedades del material, así como probar diferentes agentes estabilizadores y diferentes proporciones de los mismos y sacar conclusiones de los resultados obtenidos enfocados a su aplicación en la mejora de propiedades y durabilidad de la tierra.

El objetivo del curso es que el alumno adquiera una serie de conocimientos teóricos sobre el material Tierra previos a una toma de contacto real con el mismo. Debido a las limitaciones de tiempo y de recursos de laboratorio los ensayos son cualitativos, no cuantitativos, por lo que ha prevalecido la importancia del desarrollo y metodología de los mismos a la obtención de unos resultados óptimos o fiables que consideramos más importante tratar en posteriores trabajos.

Al final del trabajo experimental, los alumnos elaboran un informe de los ensayos, de forma que expusieron un resumen completo siguiendo un esquema que incluyó los siguientes apartados: búsqueda bibliografía, título y objetivos, fundamento teórico, material utilizado, desarrollo de la práctica, resultados y conclusiones.

Otro punto a destacar es el enfoque durante la realización de los ensayos en el laboratorio de algunos de los trabajos, ya que al no existir normativa específica de los ensayos para este material, se ha pretendido que los alumnos desarrollen una propuesta de adaptación de otros ensayos regulados bajo Norma de materiales similares y, ayudándose de la bibliografía publicada, realizasen su propia versión ya que, por falta de una Norma reguladora (como ya hemos dicho) en algunos casos, o bien por limitaciones de equipo y material de laboratorio en otros, dicha adaptación o variación de la metodología resultó imprescindible. Esta parte

resultó muy interesante desde el punto de vista del análisis de conclusiones acerca tanto de los datos obtenidos como del método de ensayo propuesto.

A continuación se expone un resumen de los trabajos efectuados durante los dos cursos transcurridos que pretendemos sirvan para posteriores trabajos más interesantes desde el punto de vista de obtención de datos fiables y elaboración de conclusiones.

Básicamente los trabajos se realizaron dividiéndose en cuatro apartados:

- 1) Recopilación de Normativas de ensayo españolas y otros experimentos de tierra. Búsqueda bibliográfica.
- 2) Caracterización mecánica y físico química de suelos de la Comunidad de Madrid
- 3) Ensayos de laboratorio empleando diferentes estabilizadores y distintas dosificaciones.
- 4) Investigación sobre las técnicas de mejora del sistema constructivo.

- 1) Las Normas UNE encontradas en relación con ensayos de Tierra son las siguientes:

UNE 103300 HUMEDAD DE SUELOS

NLT 156 DENSIDAD APARENTE DE SUELOS

UNE 7045 POROSIDAD DE TERRENOS

UNE 103101 GRANULOMETRÍA DE SUELOS

UNE 103108 CARACTERÍSTICAS DE RETRACCIÓN, SUELOS

UNE 103600 EXPANSIVIDAD POTENCIAL, SUELOS

UNE 103403 PERMEABILIDAD DE SUELOS

UNE 103601 HINCHAMIENTO LIBRE, SUELOS. CLASIFICACIÓN

UNE 103501 ENSAYO PROCTOR NORMAL, SUELOS

UNE 103502 ENSAYO PROCTOR MODIFICADO

UNE 103502 ÍNDICE C.B.R., SUELOS

UNE 103400 RESISTENCIA A COMPRESIÓN SUELO MEDIO

UNE 103201 CONTENIDO SULFATOS, SUELOS

UNE 103204 CONTENIDO MATERIA ORGÁNICA, SUELOS

UNE 103200 CONTENIDO CARBONATOS

- 2) En éste trabajo el grupo encargado de llevarlo a cabo ha estudiado diferentes suelos del entorno de la ciudad de Madrid realizando una caracterización de los cortes geológicos más significativos con vistas a un estudio comparativo de cada uno de ellos mediante la realización de ensayos. Las zonas elegidas fueron la

Casa de Campo, el Valle del Henares en Alcalá, Vicálvaro y Cuatro Vientos. Estas zonas fueron elegidas buscando contenidos mínimos de arcillas y que constituyesen un ejemplo representativo para utilización de dichos suelos como materia prima. Una vez caracterizado el material, los ensayos realizados fueron:

- 1.- Determinación de densidades
- 2.- Determinación del contenido de humedad
- 3.- Determinación de los límites de Atterberg
- 4.- Resistencias a compresión simple y esfuerzo cortante
- 5.- Contenido en sulfatos y carbonatos
- 6.- Ensayo de compactación. Próctor.

Con los resultados obtenidos se sacaron conclusiones relativas a la aplicación de los diferentes tipos de suelos, en la construcción con tierra.

3) Los grupos encargados de probar diferentes estabilizadores partiendo de una tierra ya caracterizada emplearon diferentes dosificaciones de los siguientes estabilizadores:

CONGLOMERANTES: yeso de albaracín, cemento, cal

PRODUCTOS COMERCIALES: sikalite, sika1, sikalátex, resina poliéster estratil al-100, resina epoxi castropox, resina epoxi, sikamor-g, sikamonotop-618, castrodur

PRODUCTOS NATURALES: aceite de oliva, paja, cáscara de arroz, caña de azúcar, jugo de chumbera, aceite de linaza.

OTROS: anhidrita, ceniza volante.

[Foto 1](#)

EXPERIMENTOS REALIZADOS:

Heladicidad, goteo, porosidad, capilaridad, absorción, resistencia a los agentes atmosféricos, resistencia a compresión, resistencia a flexotracción, retracción al secado.

[Foto 2](#)

Para la realización de los ensayos se realizaron tres probetas de diferentes dimensiones (4x4x16cm), (10x10x10) y papetas rectangulares de 2 cm. de espesor. Las probetas se fabricaron con diferentes proporciones de aditivo y se ensayaron cada una de ellas así como una probeta testigo de cada clase fabricada sólo con el material tierra. Una vez realizados los ensayos se compararon resultados y se sacaron conclusiones de los mismos.

Se ha pretendido mejorar el comportamiento de la tierra frente al agua probando distintos aditivos comerciales hidrófugos y mejorar la resistencia mecánica mediante la adición de fibras y otros materiales.

Foto 3

4) El trabajo que se realizó en este aparatado fue una investigación sobre mejoras en la junta de la fábrica de adobe. Se exploró la solución constructiva de un murete recopilando información acerca del comportamiento mecánico de las fábricas de adobe, estudiando la aparición de roturas bajo deformaciones de distinta magnitud. Se construyeron tres muretes armados cada uno con diferentes materiales que fueron caña de bambú, con barras de acero de 3 mm de diámetro y con polietileno, y otro murete sin armar que sirve como referencia. Los ensayos realizados fueron de resistencia a compresión y a cortante y el ensayo de flexión.

Foto 4 y Foto 5

Durante el desarrollo de los trabajos, se ha prestado especial interés en conseguir una mejora de la resistencia del material frente al agua sin que se modifiquen de forma excesiva los valores de sus propiedades mecánicas. De los estabilizantes probados los que han dado mejores resultados han sido el látex y el aceite de linaza.

Ensayo de goteo: Consiste en la elaboración de un ensayo que determinase la erosión superficial de las probetas de adobe mejorado mediante la erosión del agua. Para ello se dejan caer durante un período de 12 horas un caudal constante de agua a un ritmo de 60 gotas por minuto. Las probetas se fabricaron con unas dimensiones de 10x10x2 cm y una vez transcurrido el tiempo establecido en el ensayo se midió el diámetro de las erosiones y la profundidad de las mismas.

El criterio establecido para la obtención de resultados fue: Profundidad ALTA a más de 1 cm. Profundidad MEDIA entorno a 0'5 cm y profundidad BAJA a menor de 0'3 cm.

Foto 6 y Foto 7

Comportamiento a la intemperie:

Se utilizó una probeta de cada dosificación de dimensiones 10x10x2 y se las sometió a exposición a la intemperie durante tres semanas. Mediante un reconocimiento visual del estado de las probetas al finalizar este período de tiempo durante el cual estuvieron expuestas a condiciones atmosféricas variables, se clasificó el comportamiento en Malo, regular y bueno según el deterioro de mayor a menor que hubiesen sufrido.

Foto 8

Conclusiones

La asignatura Seminario de Materiales de Construcción ha permitido al alumno de Arquitectura del Plan 96, un primer contacto con la Tierra como material de construcción. Durante el breve período de tiempo que dicha asignatura se lleva impartiendo se han conseguido diferentes objetivos, destacando como fundamentales: Adquisición de unos conocimientos básicos de tipo teórico, aprendizaje de diferentes técnicas de laboratorio y realización de distintos ensayos con los que establecer un conocimiento de las propiedades y comportamiento del material. Una vez iniciados dichos ensayos se pretende una continuidad de los mismos con el objeto de conseguir unos resultados fiables y aplicarlos en la mejora de las técnicas constructivas.

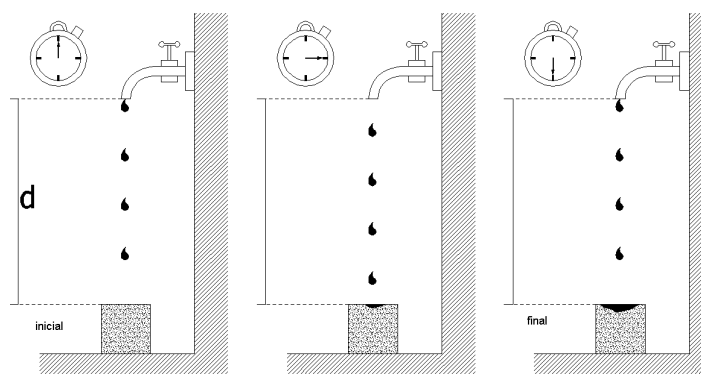
Para el siguiente curso 2003-2004 está previsto que el trabajo en el seminario se realice sobre un proyecto de construcción de dos viviendas unifamiliares en el entorno de Madrid, que utiliza como sistema constructivo la fábrica de bloque de tierra comprimido. En el laboratorio se realizarán diferentes ensayos de caracterización y mejora de la tierra utilizada para que puedan servir de apoyo técnico a la Dirección Facultativa. A partir de aquí, se abren nuevas expectativas y posteriores trabajos de investigación sobre proyectos reales en los que la Tierra sea el material de construcción.



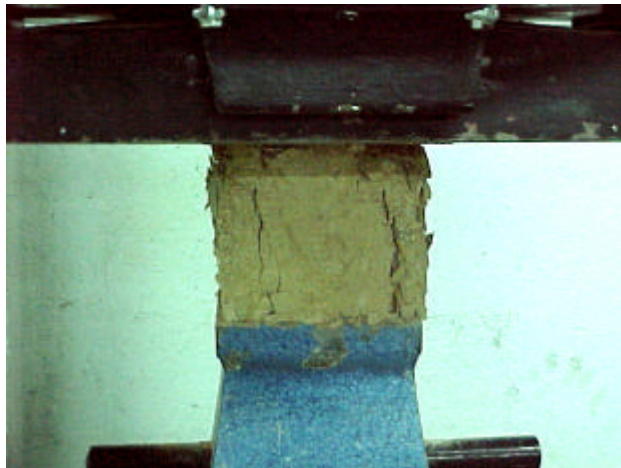
Fotografía nº1
Estabilizante utilizado. Sika-Látex



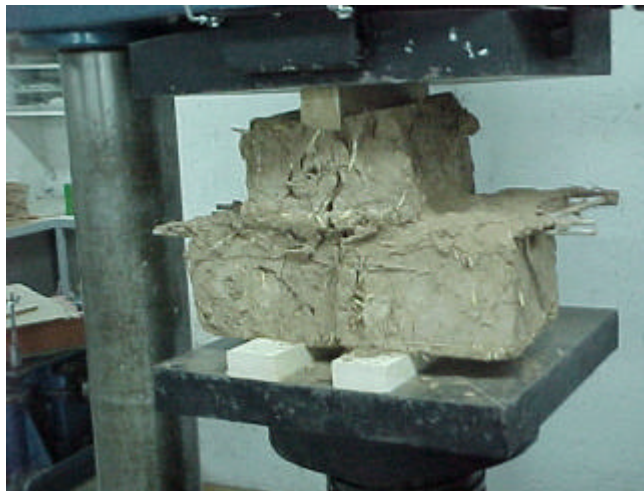
Fotografía nº2
Mezcla y homogeneización de la Tierra para la fabricación de probetas



Fotografía nº3
Erosionabilidad por goteo



Fotografía n°4
Ensayo de rotura por compresión



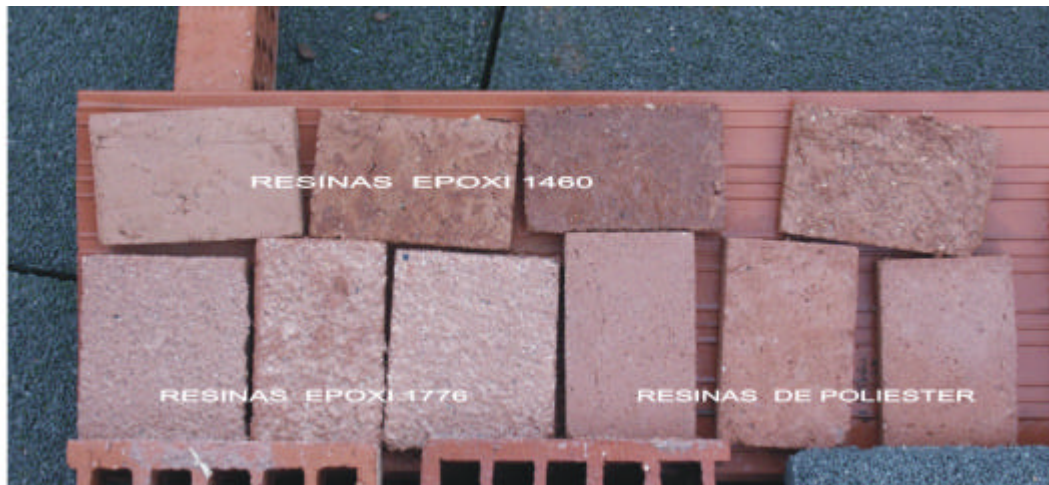
Fotografía n°5
Ensayo de comportamiento mecánico de la junta



Fotografía n° 6



Fotografía nº 7
Medida del diámetro y profundidad del hueco producido



Fotografía nº8
Resistencia a la intemperie