

Estudios experimentales sobre la consolidación y protección de los materiales calcáreos de la Catedral de Oviedo. 2.^a parte

Laboratory studies on the consolidation and protection of calcareous materials in the Cathedral of Oviedo. Part II

ROSA M.^a ESBERT, CARLOTA GROSSI y ROSA M. MARCOS
Area de Petrología. Dpto. de Geología. Universidad de Oviedo
33080 - Oviedo/España

Fecha de recepción: 1/XII/87

RESUMEN

Se han realizado una serie de ensayos de envejecimiento artificial acelerado para estudiar la evolución de los productos de tratamiento silico-orgánicos aplicados a los materiales calcáreos de la Catedral de Oviedo.

La valoración de los resultados se ha realizado mediante observación visual y medidas de pérdida de peso.

Se concluye comparando los distintos comportamientos de las piedras tratadas con diferentes productos frente a estos ensayos.

SUMMARY

We have carried out a series of accelerated artificial ageing tests to study the evolution of the silico-organic treatment products applied to calcareous materials of the Cathedral of Oviedo.

Test valoration has been made both by visual examination and weight loss measuring.

We conclude by comparing different behaviours of treated stones with diverse products in the tests monitored.

1. INTRODUCCION

Este trabajo es continuación del publicado en el Vol. 37, n.º 206 de esta misma revista.

Se recuerda que las piedras tratadas han sido la dolomía de Laspra de edad Paleógena y la caliza de Piedramuelle del Cretácico superior; ambas procedentes de la Catedral de Oviedo (Esbert et al., 1987), y que los productos de tratamiento utilizados han sido:

- Silicato de etilo —SE— que actúa como consolidante y silano oligomérico —SO— que actúa como protector; ambos de la firma comercial Wacker Chemie.
- Resina silicónica —RS— que actúa simultáneamente como consolidante y protector, de la firma comercial Rhône-Poulenc.

En esta 2.^a Parte se evaluará, la durabilidad de las piedras tratadas.

1. INTRODUCTION

*This paper is a continuation of that published in *Materiales de Construcción* Vol. 37, N.º 206.*

The treated stones were Laspra dolomite (Paleogenic) and Piedramuelle limestone (Superior Cretaceous), both from the Cathedral of Oviedo.

The treatment products used have been:

- *Ethyl silicate —ES— working as a consolidant, and oligomeric silane —OS— which acts as a protector; both are Wacker Chemie products.*
- *Silicon resin —SR— working simultaneously as consolidant and protector which is produced by Rhône-Poulenc.*

In this second part the durability of treated stones will be evaluated.

2. ENSAYOS DE ENVEJECIMIENTO ARTIFICIAL ACELERADO

Para el estudio de la evolución de los diferentes tratamientos, una vez aplicados a la dolomía de Laspra y a la caliza de Piedramuelle, respectivamente, y con el fin de discernir su grado de idoneidad, se han sometido las piedras tratadas a ensayos de envejecimiento artificial acelerado.

Estos ensayos vienen siendo utilizados, desde hace años, por distintos autores, para evaluar la eficacia de productos de tratamiento (Alessandrini et al., 1978; de Vita, 1979; Rossi-Manaresi, 1981; Laurenzi-Tabasso y Santamaria, 1985; Alessandrini et al., 1986, etc.).

En ellos se ha reproducido, separadamente, la acción de varios agentes de alteración que están actuando sobre las piedras de la Catedral de Oviedo, por lo que se han programado ciclos de humedad-sequedad, ciclos de cristalización de sales y ciclos de heladicidad (hielo-deshielo).

La duración de los ciclos programados ha sido de 24 horas, realizándose 15 ciclos para los ensayos de cristalización de sales y 30 en el caso de humedad-sequedad y hielo-deshielo.

Se han utilizado cuatro muestras cúbicas de 4 cm de arista por tratamiento y ensayo.

Antes de iniciar los ensayos, se han secado las muestras en un horno con ventilación forzada, a una temperatura de 60° C, durante al menos 24 h (comprobándose la constancia en el peso de las muestras).

Después de dejar enfriar las muestras en un desecador, se han pesado con una balanza de precisión de 0,01 gramos, determinándose así el Peso Seco Inicial.

2.1. Ciclos de humedad-sequedad

Un ciclo completo ha constado de las siguientes fases:

INMERSION: Inmersión total a temperatura ambiente durante 16 horas.

SECADO: En un horno con ventilación forzada, a 60° C, durante unas 6 horas.

ENFRIAMIENTO: A temperatura ambiente durante las horas restantes.

2. ACCELERATED ARTIFICIAL AGEING TESTS

Treated stones have been subjected to accelerated artificial ageing tests in order to study the evolution of different treatments and to discern their effectiveness rates.

Different authors have used these tests, from several years ago, to evaluate the effectiveness of treatment products (Alessandrini et al, 1978; de Vita, 1979; Rossi-Manaresi, 1981; Laurenzi-Tabasso y Santamaria, 1985; Alessandrini et al, 1986, etc.).

We have tried to reproduce in these tests the action of several single weathering agents which operate on the Cathedral stones. Wetting-drying, salt crystallization and freezing-thawing cycles were carried out in order to reproduce this action.

Cycle time was 24 hours; 15 cycles of salt crystallization and 30 cycles of wetting-drying and freezing-thawing tests were carried out. In these tests, 4 × 4 × 4 cm specimens were used. In each treatment and test we have used four samples.

Before starting the tests, samples were dried in an oven with forced ventilation, preheated at 60° C, for 24 hours at least, to ascertain the weight of each sample.

After specimen cooling in a desiccator they were weighted in a 0.01 g precision balance. Thus, initial dry weight was determined.

2.1. Wetting-drying cycles

One cycle can be summarized as follows:

INMERSION: Total immersion at room temperature during 16 hours.

DRYING: In an oven, with forced ventilation during 6 hours.

COOLING: 2 hours at room temperature.

2.2. Ciclos de cristalización de sales

Se ha utilizado una solución acuosa de sulfato sódico decahidratado al 14 %. La solución se ha renovado cada 2 ó 3 ciclos.

Un ciclo completo ha constado de las siguientes fases:

INMERSION: Inmersión total a temperatura ambiente, en un recipiente cubierto para evitar la evaporación, durante 4 horas.

SECADO: En un horno con ventilación forzada a 60° C durante 18 horas.

ENFRIAMIENTO: A temperatura ambiente las 6 horas restantes.

Al final del ensayo se han lavado las muestras, con agua destilada, para la eliminación de las sales, renovándose el agua con frecuencia.

2.3. Ciclos de hielo-deshielo

Se han saturado las muestras en agua (inmersión libre) durante 48 horas.

Un ciclo completo comprende las siguientes fases:

CONGELACION: En una cámara climática, inicialmente a temperatura ambiente, conectándose ésta en el momento de introducción de las muestras.

La temperatura mínima alcanzada ha sido de -15°C, y el tiempo de congelación de 8 horas. El descenso de temperatura ha sido lento y uniforme, estando la cámara programada de la siguiente manera:

- Descenso de la temperatura hasta llegar a -15° C en una hora aproximadamente.
- Estabilización de la temperatura durante 2 horas.
- Nuevo descenso de la temperatura de forma que se alcancen los -15° C en otra hora.
- Estabilización a -15° C durante las 4 horas restantes.

DESCONGELACION: Fuera de la cámara climática, en un recipiente, sumergidas las muestras totalmente en agua a temperatura ambiente, durante 16 horas.

2.2. Salt crystallization cycles

A 14 % aqueous solution of $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$ was used. The solution was renewed each two or three cycles.

One cycle can be summarized as follows:

SOAKING: 4 hours of total immersion at room temperature; the cubes tested were placed in a covered beaker to prevent evaporation.

DRYING: 18 hours at 60° C in an oven with forced ventilation.

COOLING: 6 hours at room temperature.

At the end of the test, samples were washed for 4 days with distilled water in order to remove salt. Water was often renewed.

2.3. Freezing-thawing cycles

Samples were saturated in water (free immersion) for 48 hours.

One cycle can be summarized as follows:

FREEZING: In a climatic chamber.

At the beginning the climatic chamber is at room temperature; then it is switched on when samples are placed inside.

— 15° C was the minimum temperature reached; and the freezing time was 8 hours. Temperature decrease was slow and uniform; the climatic chamber was programmed as follows:

- Temperature decrease to -3° C for one hour approximately.
- Temperature stabilization for 2 hours.
- Further temperature decrease to -15° C for one hour.
- Temperature stabilization at -15° C for 4 hours.

THAWING: Outside climatic chamber. Samples were placed in a beaker and totally submerged in water at room temperature for 16 hours.

3. VALORACION DE LOS ENSAYOS

Como se ha señalado al principio del trabajo, la valoración se ha basado en la observación de las probetas, para ver la evolución del posible deterioro a lo largo del ensayo, (Caner y Türmenoglu, 1985, etc.) así como en la estimación de la pérdida de peso (De Castro, 1981; Ordaz y Esbert, 1985, etc.).

3.1. Dolomía de Laspra

En lo que se refiere a la observación visual, las muestras tratadas con SE y SO no muestran ningún cambio externo en ninguno de los tres ensayos: únicamente, algunas probetas, experimentan ligeras pérdidas de material en alguna esquina.

Las muestras tratadas con RS, presentan a lo largo de los ciclos de *humedad-sequedad* desprendimientos de material en las esquinas de las probetas, así como en las zonas próximas a las aristas (Fig. 1).

En el ensayo de *crystalización de sales*, no se observan cambios significativos, cabe resaltar únicamente el desprendimiento material en una esquina de una probeta.

En el ensayo de *heladicidad*, en general no se han observado cambios apreciables, solamente una de las muestras y, en los últimos ciclos, ha comenzado a hincharse y microfracturarse. Este fenómeno avanza con el número de ciclos y al final del ensayo esta muestra aparece totalmente fracturada (Fig. 2). Este

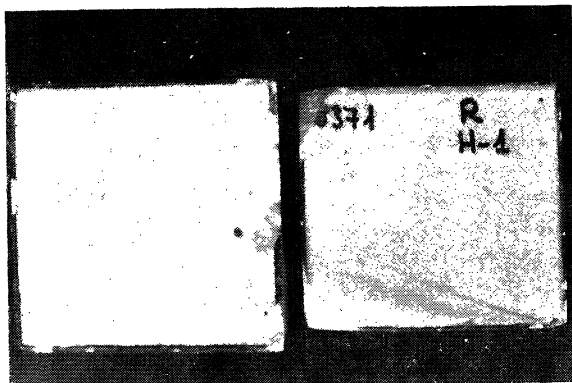


Fig. 1.—Probetas de dolomía de Laspra, tratadas con la resina silicónica (RS), después de sometidas a 30 ciclos de humedad-sequedad. Obsérvese en la probeta de la izquierda la pérdida de material en las zonas próximas a las aristas. En la probeta de la derecha se han desprendido algunas esquinas.

Fig. 1.—Laspra dolomite samples treated with silicon resin (SR) after 30 cycles of wetting drying. In the left hand side beaker material loss is observed in the edges. In the right hand side one some corners have crumbled.

3. TEST EVALUATION

As remarked at the beginning of this paper, test evaluation will be realized by means of both visual examination, in order to observe the decay evolution during the test, (Caner and Türkmenoglu, 1985, etc.) and through weight loss measuring (De Castro, 1981, Ordaz and Esbert, 1985, etc.).

3.1. Laspra dolomite

Visually, in samples treated with ES and OS nothing changes externally in any of the three tests; only some specimens corners show small material losses.

In samples treated with SR, during the wetting-drying test, materials loss is observed, both in corners and edges (Fig. 1).

In the salt crystallization tests no significant changes were observed, although we may remark that material loss was evident in the corner of a beaker.

In the salt freezing-thawing test significant changes are not observed; only in one sample swelling and cracking occur in the last cycles. This phenomenon increased in the following cycles. After 30 freezing-thawing cycles the sample is practically destroyed. (Fig. 2).

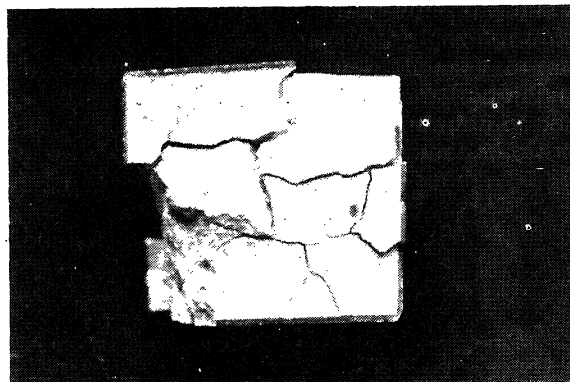


Fig. 2.—Probeta de dolomía de Laspra tratada con la resina silicónica (RS), después de 30 ciclos de hielo-deshielo. La fracturación interna que se observa y que ha originado el desmoronamiento de la piedra, se aprecia únicamente en esta probeta.

Fig. 2.—Laspra dolomite as treated with silicon-resin (SR) after 30 freezing-thawing cycles. Internal cracking which has provoked the crumbling of this stone can only be observed in this sample.

mismo comportamiento lo ha experimentado, para este mismo ensayo y tratamiento, una de las variedades pétreas utilizada en la construcción de la Catedral de León (Piedra del País).

La pérdida de peso de las muestras tratadas en los ensayos de humedad-sequedad y de heladicidad viene expresada en la Tabla I.

TABLE I
Pérdida de peso (%) para las muestras de dolomía de Laspra en los ensayos de humedad-sequedad y de heladicidad. SE y SO: probetas tratadas con silicato de etilo y silano oligomérico; RS: probetas tratadas con resina silicónica

ENSAYO	SE y SO	RS
HUMEDAD-SEQUEDAD	1,385	1,871
HELADICIDAD	1,534	1,766

En las Figs. 3 y 4 se representa la evolución de esta pérdida de peso con relación al número de ciclos para estos ensayos. En ellas se observa como la pérdida para ambos ensayos es mucho más rápida en los primeros ciclos. También en la Tabla I y en estas figuras, se observa como la pérdida de peso es mayor en el caso de las piedras tratadas con RS.

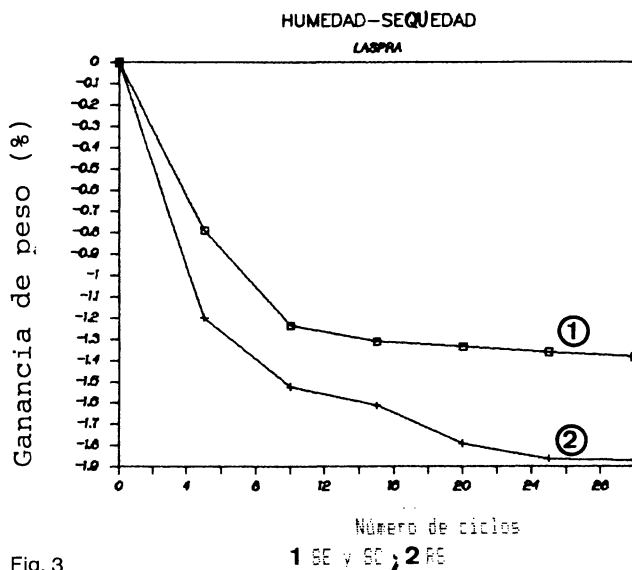


Fig. 3

1 SE y SO; 2 RS

It is possible to observe the behaviour described above in the case of one SR treated sample used in the Cathedral of León (called "piedra del País") when it is submitted to freezing-thawing cycles.

Table I shows the weight loss of the treated samples during wetting-drying and freezing-thawing cycles.

TABLE 1
Weight loss (%) for the Laspra samples in the wetting-drying and freezing-thawing tests. ES and OS: samples treated with ethyl silicate and oligomeric silane; SR: samples treated with silicon resin

TEST	ES and OS	SR
WETTING-DRYING	1,385	1,871
FREEZING-THAWING	1,534	1,766

Figs. 3 and 4 represent the relationship between weight loss evolution and wetting-drying and freezing-thawing cycle numbers. These Figs. show that weight loss is faster in the first cycles. Also, both Table I and Figs. 3 and 4 show that weight loss is greater in stones treated with SR.

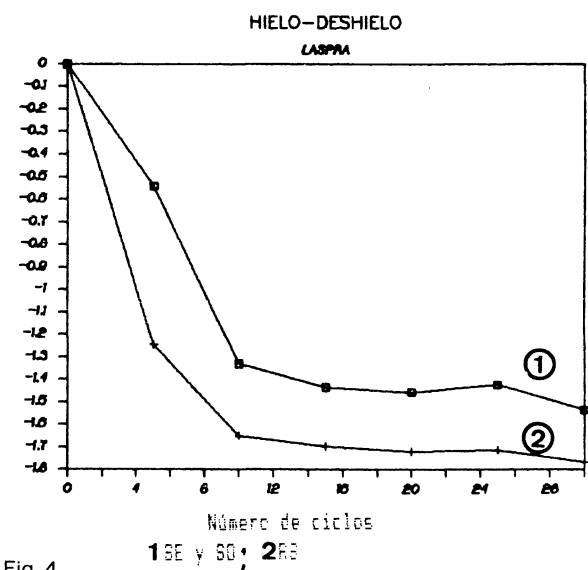


Fig. 4

1 SE y SO; 2 RS

Figs. 3 y 4.—Evolución de la pérdida de peso con relación al número de ciclos en los ensayos de humedad-sequedad (Fig. 3) y de heladicidad (Fig. 4) para la dolomía de Laspra. En ambas figuras se observa como la pérdida de peso es mayor en el caso del tratamiento con resina silicónica (RS), y como para los dos tratamientos, esta pérdida es más acusada durante los primeros ciclos.

Figs. 3 and 4.—Evolution of weigh loss in relation with the number of cycles in the wetting-drying test (Fig. 3) and the freezing-thawing test (Fig. 4) for Laspra dolomite. We can observe in both figures that weight loss is greater in the treatment with silicon resin (SR), and that in both treatments the loss is greater in the first cycles.

Referente a la pérdida de peso la evolución de la probeta de Laspra tratada con RS, que sufrió el proceso de hinchamiento, fracturación y desmoronamiento, es similar al resto (ver Fig. 4) hasta el ciclo 25. A partir de este ciclo comienza el proceso de fracturación hasta llegar a su completo desmoronamiento.

En cuanto al ensayo de *crystalización de sales*, la valoración por pérdida de peso es mucho menos representativa, ya que, aunque las probetas se lavan al finalizar los ciclos, no se tiene constancia de haber eliminado la totalidad de las sales.

3.2. Caliza de Piedramuelle

En cuanto a las *variaciones en el aspecto externo*, en general, no se producen cambios apreciables durante los ensayos, fuere cual fuere el tratamiento; solamente en el ensayo de *crystalización de sales*, durante el lavado final, en una de las probetas tratadas con RS aparece una fisura, de parte a parte de la probeta, acompañada de desprendimiento de material (Fig. 5).

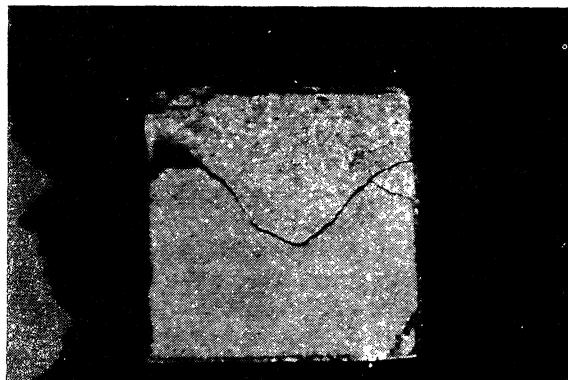


Fig. 5.—Aspecto de una probeta de caliza de Piedramuelle tratada con resina silicónica, al final del ensayo de cristalización de sales. Obsérvese la fisura que la atraviesa y el desprendimiento de material (esquina inferior derecha).

El valor total de *pérdida de peso* para los ensayos de *humedad-sequedad* y de *heladicidad* se representa en la Tabla II. En algunos casos es insignificante.

En las Figs. 6 y 7 se representa la evolución de la pérdida de peso con respecto al número de ciclos. Se observa como de forma general, la pérdida es más acusada durante los primeros ciclos (igual que ocurría en la dolomía de Laspra); sin embargo en este caso la pérdida de peso es mayor en el caso del tratamiento con SE y SO.

Comparando las pérdidas de peso de la caliza

The evolution of the SR treated Laspra sample which underwent swelling, fissuration and crumbling (decay) is similar to that occurring in the other samples up to cycle n.º 25 (See Fig. 4). In cycle n.º 25 a crumbling process begins which ultimately ends in the complete decay of the sample.

In the salt crystallization test the evaluation of weight loss is not very representative, as we have found no evidence of absolute removal of salts although all samples are washed when cycles finish.

3.2. Piedramuelle limestone

Visual examination showed that the greater part of treated samples did not present changes during cycles; however, during the final washing of the salt crystallization test, one sample treated with SR showed a fissure through it and material decay (Fig. 5).

Fig. 5.—Piedramuelle limestone treated with silicon resin at the end of the salt crystallization test. Notice the fissure across and material decay (lower right corner).

Table II shows the total weight loss for wetting-drying and freezing-thawing cycles. In some cases it is insignificant.

Figs. 6, and 7 represent the weight loss evolution related to the of number cycles. Generally, during the first cycles the weight loss is greater. This also occurs in the case of Laspra dolomite, however in this case weight loss is greater for the ES and OS treatment.

In all tests, the weight loss is lesser in the

de Piedramuelle con la dolomía de Laspra, éstas son, para cualquier ensayo y tratamiento, menores en la primera variedad (ver Tablas I y II).

Piedramuelle limestone than in the Laspra dolomite (See Tables I and II).

TABLA II
Pérdida de peso (%) para las muestras de Piedramuelle sometidas a los ensayos de humedad-sequedad y de heladicidad. SE y SO: muestras tratadas con silicato de etilo y silano oligomérico; RS: muestras tratadas con resina silicónica

ENSAYO	SE y SO	RS
HUMEDAD-SEQUEIDAD	0,167	0,076
HELADICIDAD	0,377	0,219

TABLE II
Weight loss (%) for the Piedramuelle samples under wetting-drying and freezing-thawing tests. ES and OS: samples treated with ethyl silicate and oligomeric silane; SR: samples treated with silicon resin

TEST	ES and OS	SR
WETTING-DRYING	0,167	0,076
FREEZING-THAWING	0,377	0,219

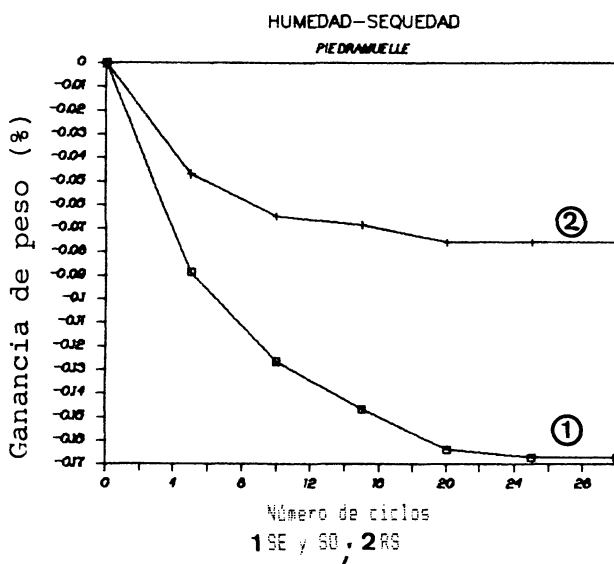


Fig. 6

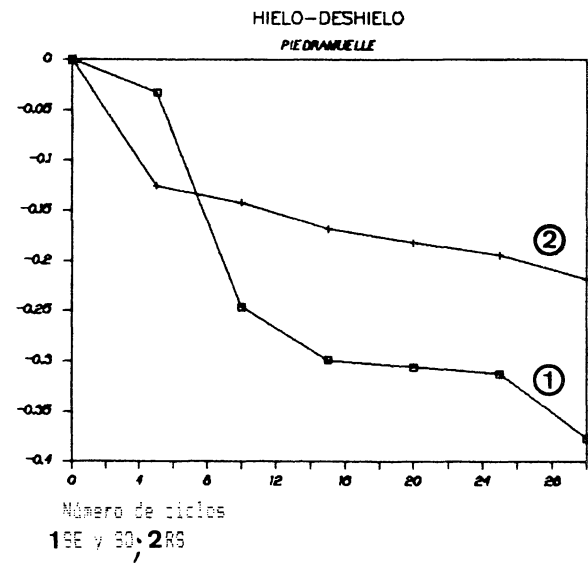


Fig. 7

Figs. 6 y 7.—Evolución de la pérdida de peso con respecto al número de ciclos en la caliza de Piedramuelle para los ensayos de humedad-sequedad (Fig. 6) y de heladicidad (Fig. 7). La pérdida de peso es mayor durante los primeros ciclos. Su valor absoluto es mayor para el tratamiento con silicato de etilo y silano oligomérico (SE y SO).

Figs. 6 and 7.—Evolution of the weight loss related to the number of cycles in the Piedramuelle limestone in the wetting-drying test (Fig. 6) and freezing-thawing test (Fig. 7). The weight loss is greater in the first cycles. Its absolute value of weight loss is greater for the ethyl silicate and oligomeric silane (ES and OS) treatment.

4. CONCLUSIONES

En general puede afirmarse que las piedras tratadas con los productos silico-orgánicos experimentados, mejoran su comportamiento frente a los agentes externos. Esto es debido a que adquieren carácter hidrorrepelente, lo que comporta una mayor dificultad a la penetración del agua en su interior.

Sin embargo, si se analiza la durabilidad

4. CONCLUSIONS

Generally speaking it can be stated that treated stones present better behaviour against external agents because they acquire a hydrorepelling character and thus they present more resistance to water penetration inside them.

However, durability of treated stones differs for

de las piedras tratadas, se observa un comportamiento diferencial de un tipo de piedra a otro y según el tratamiento aplicado.

Así, la dolomía de Laspra tratada con silicato de etilo y silano oligomérico (Wacker Chemie), presenta una elevada durabilidad, mejor que en el caso del tratamiento con resina silicónica (Rhône-Poulenc), donde se producen daños apreciables a lo largo de los diferentes ensayos (Ver Figs. 1 a 4).

En la Fig. 2 por ejemplo, se observa el desmoronamiento de una de las probetas de dolomía de Laspra tratada con RS en el ensayo de heladicidad. Furland y Girardet en 1975 pusieron de manifiesto como ciertos tratamientos, pueden acelerar la destrucción de la piedra por el hielo. Clifton y Godette en 1982 también indican que hay consolidantes que pueden causar más daño a la piedra del que sufriría, con el tiempo, sin estar tratada. El especial comportamiento de determinadas variedades de piedra tratadas frente al hielo (ver Fig. 2) puede estar relacionado también con ciertas características petrofísicas (tipo de porosidad, presencia y tipo de arcillas, etc.).

La caliza de Piedramuelle tratada con SE y SO se comporta bien frente a los diferentes ensayos. Las muestras tratadas con RS tienen, en principio, una durabilidad aceptable. Sin embargo, una de las probetas, en el ensayo de cristalización de sales se fisuró. Esto hace poner en "entredicho" la viabilidad de este producto también para la caliza de Piedramuelle.

La experimentación con un número mayor de muestras, permitirá en el futuro, matizar mejor este comportamiento.

5. AGRADECIMIENTOS

A la Comisión Asesora de Investigación Científica y Técnica (CAICYT), Proyecto 2573/83 y a la Fundación Ramón Areces, por la financiación de estos temas de investigación.

Al Istituto Centrale del Restauro (Roma) y en especial a la Dra. Marisa Laurenzi Tabasso y a Dña. Giuseppina Fazio, por su valiosa ayuda y colaboración en las recomendaciones de los productos y en la puesta a punto de su aplicación.

6. BIBLIOGRAFIA

ALESSANDRINI, G.; PERUZZI, R. V.; ROSSI-DORIA, P. y TABASSO, M. (1978): "Control of the behaviour of two epoxy resins for «stone» treatments". Deterioration and Protection of Stone Monuments. International Symposium, París, 6.1, 30 p.

each type of rock and treatment employed.

Thus in the Laspra dolomite which has been treated with ethyl silicate and oligomeric silane (Wacker Chemie) we have observed a high durability, rather a much better one than that in the case of a silicon-resin treatment (Rhône-Poulenc) as in the latter sensible damage was registered during the testing process (Figs. 1-4).

In Fig. 2 we can see the crumbling of a Laspra dolomite sample which had been treated with RS in the freezing-thawing test. Furland — Girardet (1975) remarked how certain treatments can accelerate decay by means of ice. Clifton & Godette (1982) have also pointed out that some consolidating agents can cause greater destruction in the stone than the one it would suffer exposed to the passing of time without any sort of treatment. The special behaviour of determined varieties of ice tested stones (Fig. 2) can be also connected with some petrophysic characteristics (porosity, presence and kind of clays, etc.).

The Piedramuelle limestone treated with ES and OS does well in the different tests. SR treated tests seem to have an acceptable durability. However, we would like to point out that one of the specimens in the salt crystallization test suffered fissuration.

This could also question the application of this product for the Piedramuelle limestone testing with a greater number of samples could provide evidence for the verification of that phenomenon.

5. ACKNOWLEDGEMENTS

The authors wish to acknowledge to the Scientific and Technical Research Advising Comitee ("Comisión Asesora de Investigación Científica y Técnica —CAICYT— Project 2573/83) and the Ramón Areces Foundation, for the financing of this research program. Also, to Istituto Centrale del Restauro (Rome), and especially to Dra. Marisa Laurenzi-Tabasso and Mrs. Giuseppina Fazio, for their most valuable help and collaboration in the selection of products and the setting for their use.

6. REFERENCES

ALESSANDRINI, G.; BUGINI, R.; DASSU, G.; FORMICA, L.; GREMMO, L. y PERUZZI, R. (1986): "Materials, deterioration and restoration of the «Chiostro delle Rame» in S. Maria delle Grazie, Milan". Cause Studies in the Conservation of Stone and Wall Paintings. Preprints of the Contributions to the Bologna Congress, pp. 159-164.

CANER, E. N. & TÜRKMEENOGLU, A. G. (1985): "Deterioration of basalts from a Hittite Archaeological Site, Karatepe, Turkey". Vth. International Congress on Deterioration and Conservation of Stone, Lausanne, pp. 411-420.

CLIFTON, J. R. & GODETTE, McC. (1982): "Performance test for stone consolidants". Fourth International Congress on the Deterioration and Preservation of Stone Objects, Louisville, pp. 101-108.

DE CASTRO, E. (1981): "Quelques études sur l'efficacité et la durabilité de deux traitements appliqués à un calcaire. The Conservation of Stone II. Preprints of the Contributions to International Symposium, Bologna, pp. 633-643.

DE VITA, C. G. (1979): "Ricerca sulla possibilità di conferire a un tufo molto degradato, resistenza meccanica e idrorepellenza a scopo conservativo". Deterioration and Preservation of Stones. Proceedings of the 3rd International Congress, Venice, pp. 395-409.

ESBERT, R. M.; GROSSI, C. y MARCOS, R. (1987): "Aplicación de consolidantes y protectores en materiales pétreos de edificación". 1.ª Semana de la Calidad Técnica de la Edificación, Oviedo, pp. 469-481.

FURLAND, V. & GIRARDET, F. (1975): "Méthode d'essai de vieillissement accéléré pour l'étude des traitements des pierres". The Conservation of Stone I. Proceedings of the International Symposium, Bologna, pp. 713-729.

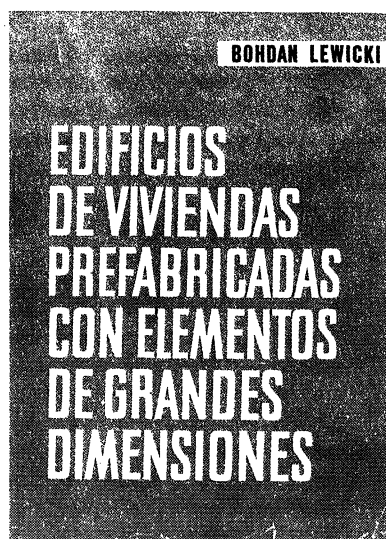
LAURENZI-TABASSO, M. y SANTAMARIA, U. (1985): "Consolidant and protective effects of different products on Lecce Limestone". Vth. International Congress on Deterioration and Conservation of Stone, Lausanne, pp.697-707.

ORDAZ, J. y ESBERT, R. M. (1985): "Porosity and Capillarity in some sandstone and dolomite monumental stones". Vth International Congress on Deterioration and Conservation of Stone, Lausanne, pp. 93-102.

ROSSI-MANARESI, R. (1981): "Effectiveness of conservation treatments for the sandstone of monuments in Bologna". The Conservation of Stone II. Preprints of the contribution to the International Symposium, Bologna, pp. 665-688.

* * *

publicaciones del i.e.t.c.c.



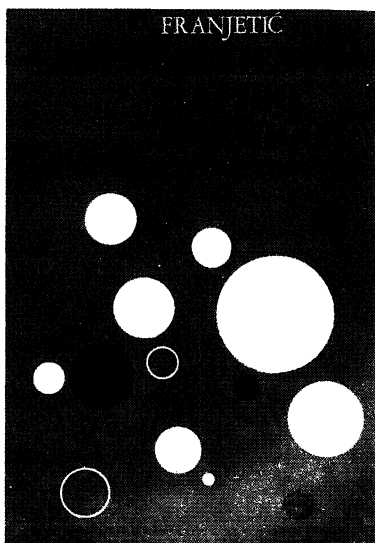
Bohdan Lewicki

Este libro trata de los problemas relativos a la construcción de los edificios de viviendas o públicos realizados con elementos prefabricados de grandes dimensiones. Se han estudiado los problemas de arriostramiento, así como los que plantea la resistencia de los elementos y de la estructura; se han examinado las cuestiones de orden higrotérmico, acústico y de resistencia al fuego; también se ha profundizado en el estudio de la estanquidad de los muros exteriores y de las juntas.

La obra incluye numerosas ilustraciones que dan detalles de diversas soluciones, así como ejemplos de cálculo, tablas de valores numéricos, diagramas y ábacos.

Un volumen encuadernado en tela, de 24 x 17 cm, compuesto de 616 págs.

Precios: 2.500 ptas.; \$USA 36.00.



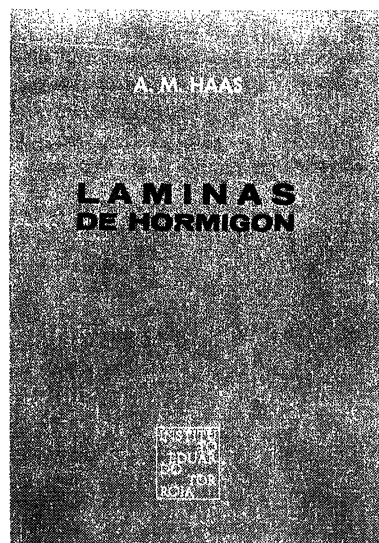
Zorislav Franjetić

En la obra de Franjetić se expone de una forma minuciosa, ordenada y sistemática, todo un cuerpo de doctrina que reúne el conocimiento actual sobre el endurecimiento rápido del hormigón. Parte el autor de los principios básicos y llega a las últimas consecuencias y realidades técnicas y económicas.

Es una obra de consulta, tanto para el investigador sobre la materia, como para el proyectista y el realizador y montador de plantas e instalaciones y equipos de curado y endurecimiento rápido.

Un volumen encuadernado en cartóné, de 17 x 24,5 cm, compuesto de 385 págs. 110 figuras y 10 tablas.

Precios: 2.500 ptas.; \$USA 36.00.



A. M. Haas

Al escribir este libro el autor intentó poner a disposición de los estudiantes y de los ingenieros unos conocimientos prácticos, adecuados para servir de guía en el diseño y construcción de láminas delgadas de hormigón.

El autor está convencido de que el éxito en el diseño de una lámina exige, por parte del proyectista, un examen de las tres fases por las que pasa la materialización de la lámina: el diseño, el análisis estructural y la construcción de la estructura.

Un volumen encuadernado en tela, de 17 x 24,5 cm, compuesto de 420 págs., 141 figuras, 22 fotografías y 6 tablas.

Precios: 2.500 ptas.; \$USA 36.00.