# الفصل الحادى عشر
# السيليكات والسيليكونات
# Silicates & Silicones

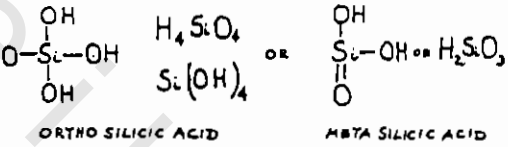
obeikandl.com

obeikandl.com

## ١١-١- السيليكا والسيليكات Silica & silicates:

يكون عنصر السيليكون اكسيد يسمى : السيليكا $SiO_2$ والسيليكا توجد فى الطبيعة فى أشكال متعددة .. مثل : الكوارتز .. كما توجد والسيليكاجل Silicagel ، كما أنه إذا تم هدرته اكسيد السيليكون ( سيليكا + ماء) فإنه يتصرف كما لو كان حمض ضعيف .. مثل :

Meta Silicic Acid , Ortho Silicic Acid




وهذه الاحماض تكون أملاح شمس: سيليكات Silicates فى الأحجار على سبيل المثال : سيليكات الصوديوم $Na_2SiO_3$ أو سيليكات البوتاسيوم و $K_2SiO_3$ اللذان تم استخدامهما فى الماضى فى تقوية الأحجار والخشب وبعض المواد الأخرى.

تفاعل الهدرته Hydrolysis الذى يتم بين كل من سيليكات الصوديوم أو سيليكات البوتاسيوم مع الماء يكون نتيجته حمض سيليسى وهيدروكسيد صوديوم او بوتاسيوم .

ومن المعروف أن هذه الهيدروكسيدات ذات قلوية عالية ، ويفضل تعريفها بالاسماء الآتية :

هيدروكسيد صوديوم = صودا كاويه Causic soda

هيدروكسيد بوتاسيوم = بوتاسا كاويه Caustic potash

وعند استخدام الهيدروكسيدات السابقة فى التقوية فان الحمض السيليسى الناتج عن تفاعل الهدرته ، يكون مسئولا عن تقوية المواد ولو تركت هذه

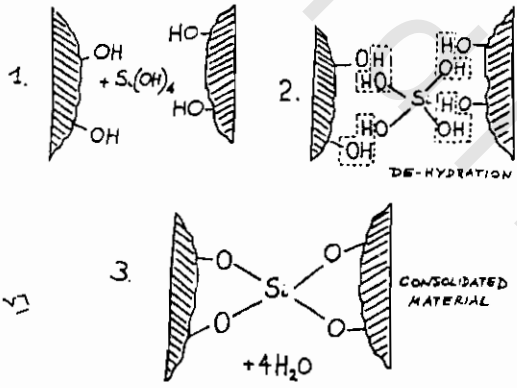
الهيدروكسيدات وحدها ، أى بدون استخدامها فىالتقوية فان الحمض يتحول إلى كتلة جيلاتينية تسمى : Gel ، هذه الكتلة تتكمش باستمرار بسبب فقدها للماء حتى تتحول فى النهاية إلى تراب السيليكا Silica dust وذلك طبقا للمعادلة التالية :

$$Si(OH)_4 \rightarrow SiO_2 + 2H_2O$$

silica gel — silica dust — water

أما لو تكون الحمض داخل المواد بعد استخدام الهيدروكسيدات فى التقوية، فإن المواد التى تحمل مجموعات هيدروكسيل (OH) على أسطحها مثل: الخشب والطوب والطين وأنواع عديدة من الأحجار يحدث بينها وبين الحمض المتكون عملية نزع للمياه Dehydration يكون نتيجتها تكون رابطة كيميائية بين السيليكا والمواد القطبية المحبة للماء ، هذه الرابطة يكون وظيفتها تحسين خواص التماسك لهذه المواد المعالجة

Improve the cohesion of the materials




**شكل رقم (٧٦) يوضح**

**استخدام هيدروكسيد السيليكون فى تقوية المواد**

ولو رجعنا قليلا إلى الوراء فإننا سنلاحظ أن استخدام أملاح السيليكات Silicate salts والتى ينتج عنها مواد كاوية Caustic materials أثناء عملية التميؤ Hydrolysis فى تقوية المواد ، فإن المواد الكاوية تضر المواد العضوية بصفة خاصة ، وتحدث تزهر للأملاح Efflorescences على المواد المسامية غير العضوية ..

وقد يتفاعل الحمض السيليسى Silicic acid مثل كل الأحماض مع الكحولات لتكوين استرات Esters تسمى نسبة إلى الحمض سيليكات وان كان من الأفضل تسميتها: استرات السيليكات Silicate Esters وذلك طبقا للمعادلة العاليه .

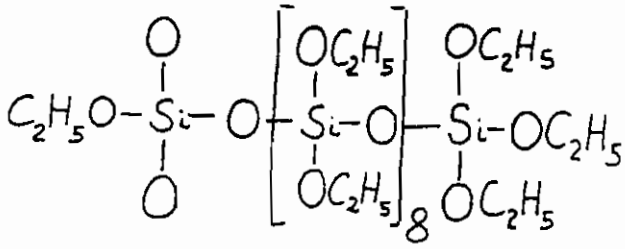
$$Si(OH)_4 + 4C_2H_5OH \rightarrow Si(OC_2H_5)_4 + 4H_2O$$

| Silicic Acid | Ethyl Alcohol | Ethyl Silicate | Water |
|---|---|---|---|

واسترات السيليكات متاحة فى السوق تحت مسميات تجارية مختلفة ... مثل : Silester وبعض أنواع استرات السيليكات تحتوى على جزيئات مفردة ، مثل : الإستر الموضح ، فى المعادلة السابقة ، وإسمه الكيميائى الكامل:

Tetra - Ethyl - Ortho - Silicate

كما يوجد أنواع أخرى تحتوى على جزيئات طويلة وهذه تتكون بواسطة عملية التكثيف Condensation للعديد من الجزيئات المفردة .. مثل: سيليكات الإيثيل ٤٠ - Ethyl silicate 40 والذى يتكون نتيجة لتكثيف حوالى عشرة جزيئات مفردة .



**EHYL SILICATE 40**

هذا مع العلم بأنه يمكن إنتاج أنواع عديدة من الأحماض السيليسية ، من نفس حجم السائل ،وذلك فقط فى الأنواع التى تنتج بعملية التكثيف..

أيضا تستخدم إسترات السيليكات فىالتقوية ، وذلك لأنها تتميأ Hydrolyzed فى حالة استخدام عامل حفاز حمضى An acid catalyst ويكون ناتج عملية التميؤ حمض سيليسى يستطيع القيام بعملية التقوية كما فى حالة أملاح السيليكات ..

هذا وتتميز إسترات السيليكات عن أملاح السيليكات بغياب المواد الكاوية المنتجة جانبيا أثناء تفاعل الهدرته .

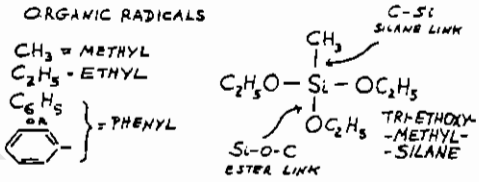
وفى حالة سيليكات الإيثيل فإن المنتج الجانبى يكون الكحول الإيثيلى، الذى يتبخر ولايسبب أى مشاكل .. وقد تحدث بعض المشكلات فى حالة استخدام عامل حفاز حمضى ، لو أن بعض المواد التى سيتم تقويتها حساسة للأحماض..

كما أن استخدام استرات السيليكات بصفة عامة فى التقوية عملية صعبة للغاية، وذلك إعتمادا على حقيقة هامة وهى: أنها مواد طيارة، ويجب إتخاذ الإحتياطات اللازمة لتجنب البخر قبل ماتصل مادة التقوية إلى المكان المطلوب تقويته .

## ١١-٢- السيليكونات Silicones:

لو أن الشق العضوى ، أى مجموعات الكربون وذرات الهيدروجين إتصلت مباشرة بالسيليكون من خلال رابطة السيليكون والكربون Si-C فإن المركبات الناتجة تسمى : Alkoxy - Silanes .

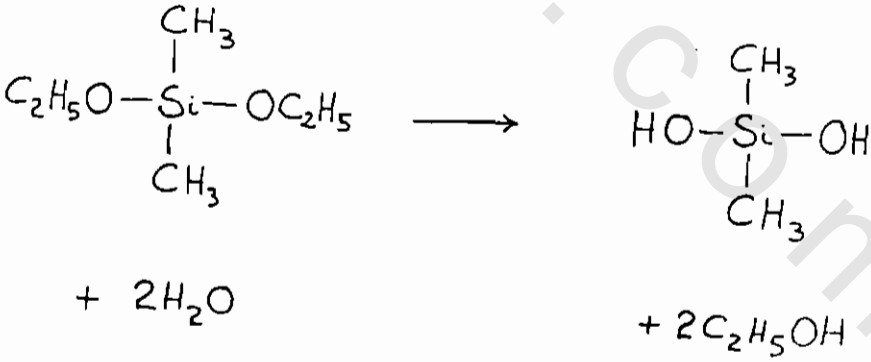
بعض هذه المركبات تحتوى على روابط C-Si السيلان والاستر Si-O-C فى نفس الوقت مثل : Tri- Ethoxy - methyl silane



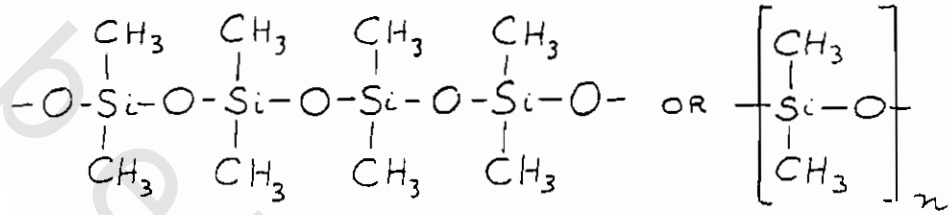

وعندما تنفصل رابطة الاستر Si-O-C بواسطة تفاعل الهدرته ، فإن رابطة السيلان Si-C تقاوم الهدرته Hydrolysis .

لذلك فإن هدرته مركبات السيلان مثل :

Ethoxy - alkyl- Silanes تؤدى إلى مركبات تظل محتوية على الشقوق العضوية ، كما يظهر من المعادلة التالية:



ولو تم نزع الماء من مثل هذه المركبات ،واتصلت جزيئاتها ببعضها ( من ٢٠-٢٠٠ جزيىء ) فإن الناتج يكون سلسلة طويلة من الجزيئات ، يكون أهم خصائصها إحتوائها على جزيىء عضوى وجزيىء غير عضوى .. وهذه تسمى : سيليكونات Silicones



$200 > n > 20$

وجزيىء السيليكون الموضح عاليا يحتوى على مجموعات ميثيل فقط $CH_3$ ، لكن من الممكن استخدام السيليكونات التى تحتوى على مجموعات الفينول $C_6H_5$ .

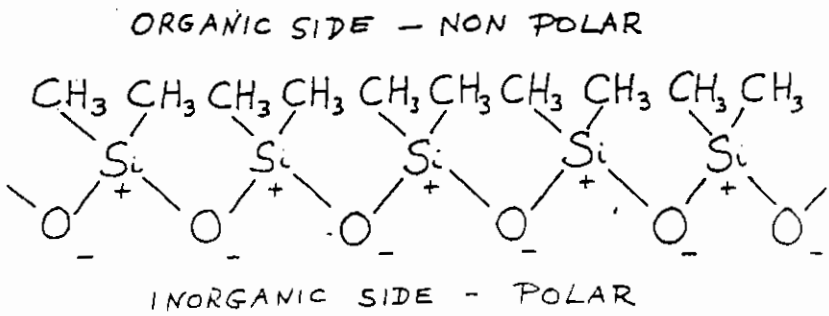
والجزيئات ذات التركيب الخطى Linear Structure مثل الجزيىء الموضح عاليا ، يكون قابل للذوبان فى المذيبات العضوية ..

أيضا السيليكونات غير القابلة للذوبان فى المذيبات العضوية ، هى أيضا سيليكونات مصنعة ، ذات ثلاث أبعاد ، وبناءها متقاطع الروابط Cross-linked.

**١١-٣- السيليكونات الطاردة للماء**

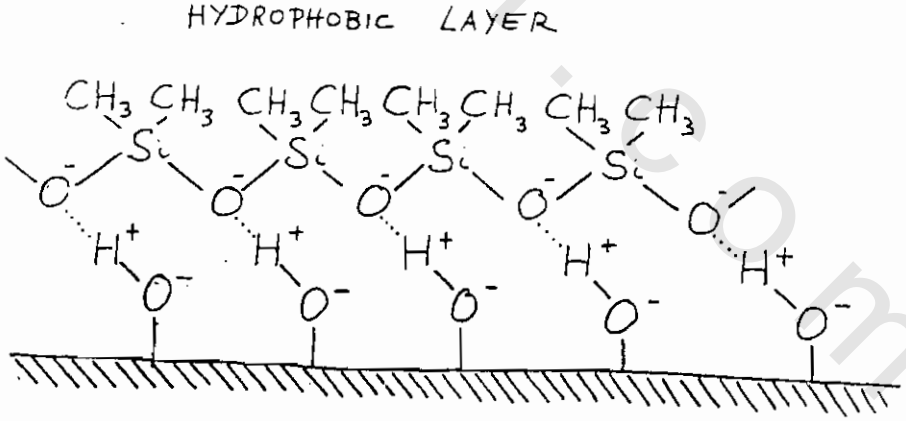
**Water Repellency of Silicones**

الجزء غير العضوى فى جزيىء السيليكون Si-O هو جزء قطبى إلى حد ما ، فى حين أن الجزء العضوى فى نفس الجزيىء $CH_3$ or $C_6H_5$ هو جزء غير قطبى Non Polar.




وعندما يتم معالجة احدى مواد البناء بمادة السيليكون ، وحيث أن أسطح هذه المادة تحمل مجموعة هيدروكسيل OH) فإن الجزء غير العضوى القطبى فى جزيئات السيليكون ينجذب نحو هذه المادة ، وكنتيجة طبيعية فإن الجزء غير القطبى يتجه نحو الهواء ، وينتج عن ذلك طبقة واقعية مانعة للماء.

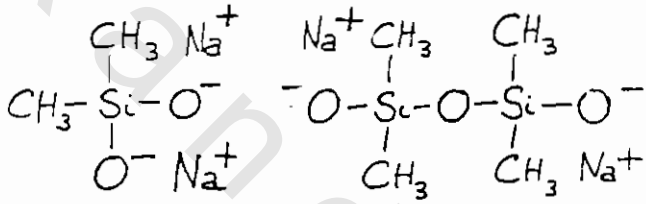
أى تتكون فوق سطح المادة المعالجة طبقة غير قطبية ، لاتؤدى إلى تكوين روابط هيدروجينية مع جزيئات الماء ، وتسمى هذه الأسطح: أسطح كارهة للماء Hydro phobic أو مانعة للماء.



هذا وتعتبر طبقة السيليكون الواقية ، طبعة منفذة لبخار الماء، وذلك لوجود فراغات كافية بين جزيئات السيليكون ، تسمح لجزيئات الماء المعزولة بالمرور خلال الحواجز السيليكونية التى تمنع المياه فى حالتها الطبيعية من المرور .

السيليكونات ذات الجزيئات الخطية تذوب فى المذيبات العضوية، وغير قابلة للذوبان فى الماء، وان كان بعض السيليكونات يذوب فى الماء ، إلا أن هذه السيليكونات تكون بعد استعمالها طبقة مانعة للماء، وذلك لأن السيليكون يحتوى على بعض مجموعات الهيدروكسيل OH التى تتحول إلى أملاح الصوديوم ، على سبيل المثال .

WATER SOLUBLE SILICONES



من أجل ذلك ، وكما فى موانع الماء ، فإن هذه السيليكونات التى تذوب فى الماء ، تظهر أقل كفاءة من السيليكونات التى تذوب فى المذيبات.

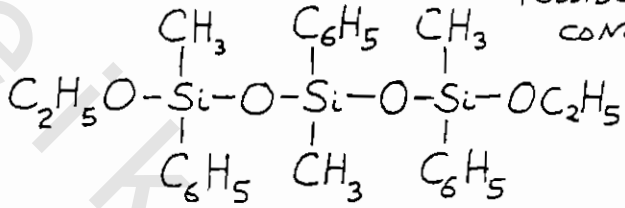
وعندما يتم استخدام السيليكونات كطبقة سطحية ، فإن تأثيرها يكون مؤقتا ، لأن الطبقة سيكون سمكها حوالى جزيىء واحد فقط ،وربما تستطيع تحمل التلف الميكانيكى ، أو تتحطم بعوامل التجوية الكيميائية تحت تأثير الأكسجين والضوء .

أيضا تستخدم السيليكونات التى تحتوى على كل من روابط السيلان والاستر كمقويات للحجر فى عمليات التشبيع العميق Deep impregnation لأنها تسبب منع الماء والتهوية فى نفس الوقت .

Water Repellency & Consolidation

مثال ذلك Methyl Phenyl Ethoxy Silane ..

METHYL PHENYL ETHOXY SILANE
POSSIBLY USED AS A
CONSOLIDANT



ويلاحظ أن الرمز الموضح عاليه يبين البنية التقريبية لراتنج السيليكون المستخدم فى صيانة الرخام الذى تعرض لعمليات التجوية Weathered marble.

******



obeikandl.com

obeikandl.com

# المراجـــــــع


**Deterioration and conservation in general:**

Honeyborne, D.B. - Harris, P.B. The structure of porous building stone and its relation to weathering behaviour. In: Proceedings of the 10th symposium of the colston research sociey. Eds. Everett, D.H. Stone. F.S. Butterworths, London, 1958, 343-365.

Mc Intyre, W.A. Investigation in the durability of architectural terracotta and faience. Special Report n. 12. Building Research, Dept. Of Sci. Ind. Research. H.M. Stationery Office., London , 1929.

Schaffer, R.J. The Weathering of Natural Building Stone. H>M. Stationery Office, London, 1950.

Stambolov, T. -VANAsperen de BOER, J.R. J. Te Deterioration and Conservation of Porous Building Materiales in Monuments. 2nd ed., ICCROM, Rome, 1976.

Torraca, G. Brick. Adobe, stone and architectural ceramics: deterioration processes and conservation practices. In:

Presservation and conservation. Principles and practices. Ed. Timmons, S. Smithsonian Institution Press, Washington DC, 1976, 143-156.

Winkler, E.M. Stone Properties, Durability in Man's Environment. Springer Veriag, New York 1975.

**Chapter 1- Water Movement:**

Arnold, M. Salt Damp Research Committee. Second Report. South Australian Government Printer, Adelaide, 1978, 27-65.

CAMMERER, W.F. The capillary motion of moisture in building materials. CIB/RILEM Second International symposium on Moisture Probleme in Builidings. Rotterdam. 1974. Paper 2.1.2.

Haller, P. Entgegnug zum aufeats " Anwendung von Elektro-osmose gegen aufsteigende Mauerfeuchtigheit". Schweizerische Bauzeitung, 91, 35, 1973, 832-836.

Lacy, R.E. A note on the climate inside a mediaeval chapel. Studies in concervation, 15. N.2 1970. 65-80.

Massari, G. - Massari, I. Damp Buildings, old and New Manuscript available at ICCROM. Publication foreseen.

Vos. B.H. - Tammes, E. Suction of groundwater, Studies in conservation, 16, N.4 1971, 129-144.

Vols, B.H. Water Absorption and drying of materials. In: The Conservation of Stone. Ed. Rossi Manaresi, R. Centro Cesare Gnudi per la conservation delle sculture all Aperto, Bologna, 1975, 679-694.

Watson, A. Measurement of moisture content in some structures and materials by microwave absorption. Building Research Station Current Papers, Research Series N.63. H.M. Stationery Office, London, 1965.

**Chapter 11- Stress, External and Internal.**

Accardo, G.- Massa, S. - Rossi Doria, P. Tabasso, M. Measurements or porosity and mechanical resistance in order to evaluate the state of deterioration of some stones. UNESCO/RILEM Colloque International aur l' alteration et la protection des monuments en pierre. CEBTP, Paris , 1978, paper 2.1.

Arnold, L. - Price. C.A. The laboratory assessment of stone preservatives. In : The conservation of stone. Ed. Rossi Manaresi, R. Centro Cesare Gundi per la Conservatione delle Sculture all' Aperto, Bologna, 1975, 695-704.

Arnold, L. - Honeyborne, D.B. - Price, C.A. Conservation of natural stone, Chemietry and Industry, 17th April. 1976, 345-347.

Director of Building Research. Report of the Building Research Board for the Period Ended 31st December 1926. H.M. Stationery Ofice, London, 1927.

Everett, D.H. The thrinodynamics of frost damage to porous solids. Transactions Faraday Society 56, 1961. 1541-1551.

Fagerlund, G. The significance of critical degrees of saturation at freezing of porous and brittle mater ials. In: Durability of concrete, Publication SP 4, Part Sp 4-2, American Concrete Institute, Detroit, 1975.

Gordon, J.E. The New Science of Strong Materials. 2nd ed. Penguin Books, Harmondsworth, 1976l.

Honeyborne, D.B. Weathering processes affecting inorganic building materials. Internal Note 141/65. Building Research Station,, Garston, 1965.

Litvan, G.G. Testing the frost susceptibility of bricks. In: Masonry Past and Present, Astm Stp 589, 1975, 123-132.

Pauly, J.P. Maladie alveolaire, conditions de formation et d'evolution. In: The conservation of stone. Ed. Rossi Manaresi, R. Centro Cesare Gundi per la Conservazione delle Sculture all' Aperto. Bologna, 1975, 55-80.

Price, C.A. Stone decay and preservation. Chemietry in Britain 11 , 1975, 330-353.

**Chapter III- Chemical Processes, Corrosion.**

Altieri, A. - Funicello, R. - Lupia Palmieri, E.-Zuppi, G.M. Caratteri dell'alterazione delle pietre da construzione a venezia; azione dello zolfo atomsferice su rocce carbonatiche. Annli dell' Istituto Superiore di Sanita 13 ( Parte 1011(, 1977, 3310342.

Badan, B. - Bacelle, G. - Marchesini, L. Surface reactivity of marble and stone: quarry and alterated samples. In: The conservation of stone. Ed. Rossi Manaresi, R. Centro Cesare Gundi per la Conservzione dell Sculture all'Aperto, Bologna, 1975, 89-101.

Marchesini, L. Comportamente dei marmi e delle pietre a Venezia. IN: La Conservatione delle sculture all, aperto. Centro Cesare Gnudi per la Conservatione delle Sculture all'Aperto, Bologna, 1971, 78-86.

Sramek, J. Determination of the source of surface deterioration of tombstones at the old Jewish Cemetery in Prague. Studies in Conservation, 25, 1980, 47-52.

Torraca, G. Atmospheric suphur and the deterioration of building stone. In: Sulphur Emissions and the Environment. The Society of Chemical Industry, London, 1979, 305-310.

Winkler, E.M. Weathering rates of stone in urban atmospheres. In: T he Conservation of Stone. Ed. Rossi Manaresi, R. Centro Ceasre Gnudi per la

obeikandi.com

Conservazione delle Sculture all'Aperto, Bologna, 1975, 26-36.

**Chapter IV - Biodeterioration.**

Eckhart, F.E.W. Microorganisms and weathering of a sandstone monument. In: Environmental Biogeochemistry and Gemicrobiology, Vol. 2. Ed. Krumbein, W.E. Ann Arbor Sci. Publ. Inc. Ann Arbor, 1978, 675-686.

Krumbein. W.E. - Lange. C. Decay of plaster, paintings and wall material of the interior of buildings via microbial activity . In: Environmental Biogeochemistry and Geomicrobiology, Vol. 2. Ed. Krumbein, W.E. Ann Arbor Sci. Publ. Inc., Ann Arbor, 1978, 687-697.

Rossi Manaresi, R., ed. Biodeterioration and related problems. In: The Conservation of Stone. Centro Cesare Gundi per la Conservazione delle Sculture all'ASCperto, Bologna, 1976, 191-293.

Various Authors, Unesco- Rilem. Alteration et traitements lies a la biologie ( Seance 4). Alteration et protection

des monuments en pierre. CEPTP, Paris, 1978, Papers 4.1 to 4.4.8.

**Chapter V- Vibration.**

Bocquenet, D.- Girard, J. - Le Houedec, D. - PiCCARD, J. Les vibrations dues au traffic routier: action sur l'environnment et methodes d'isolation. Annales ITBTP, 355, 1977, 57.

Bramer, T.P.C., and others. Basic Vibration Control. Sound Research Laboratories Ltd., E. And F. Spon Ltd., London, 1977.

Massari, G. Danno ai monumenti da traffico stradale pesante. Ingegneri Architetti, XXI, V-VI, 1971, 1-9.

Paribeni, H. Influenza delle vibrazione mechaniche indotte dal traffice sulla stabilita delle costruzioni. 3° Corso di informazione Assirco, Unpublished manuscript, ICCROM Library, 1980.

Steffens, R.J. Structural vibration and damage. Building Research Establishment, Report 21-L5-1974.

Waller, R.A. Building on Springs. Pergamon Press, Oxford, 1969.



obeikandl.com

Whiffin, A.C. - Leonard, D.R. A survey of traffic induced vibrations. Road Research Laboratory, Report LR 418. Crowthorne, 1971.

**Chapter Vi- Binders.**

Davey, N. A History of Building Maberials. Phoenix House, London, 1961.

Ferragni, D., and others. Essais de laboratoire sur des coulis a base de ciment. In: Mortare, Cemente and Groute used in the Conservation of Historic Buildings. Symposium 3-6 November 1981, Rome ICCROM, Rome , 1982,

Foucault, M. Le platre. In: Calcium Sulphates and Derived Materials. Rilem, Paris, 1977, 271-284.

Furlan, V. Evolution et historique du mortier. Lecture notes, Ecole Polytechnique Federale de Lausanne. Laboratoire des Matriaux Pierreux, Lausanne, 1976.

Furlan, V. Caracteristiques generales des principaux liants utilises pour les travaux de crepissage. Lecture notes. Ecole Polytechnique Federale de Lausanne. Laboratoire des Materiaux Pierreux, Lausanne, 1967.

obeikandi.com

Furlan, V.- Bisseger, P. Les mortiers anciencs, histoire et essais d'analyse scientifique. Zeitschrift fur schweizerische Archologie und Kunstgeschichte, 32, 2, 1975, 166-178.

LEA, E.M. The Chemistry of Cement and Concrete, 3rd ed. Edward Arnold. London, 1978.

Milner, J.D. Masonry and masonry products: the use and preservation of mortar, plaster/stucco and concrete. In: Preservation and Conservation : Principles and Practices. Ed. Timmons, S. The Smithsonian Institution Press, Washington , D.C., 1976, 1770189.

Murat, M. Structure, Cristallochimie et reactivite des sulfates de calcium. In : Calcium Sulphates and Derived Materials. Rilem. Paris, 1977, 59-172.

Peroni, S., and Others, Lime based mortars for the repair of ancient masonry and possible substitutes. In: Mortars, Cements and Croute used in the conservation of Historie Buildinge, Symposium 3-6 November 1981, Rome, ICCROM, Rome 1982.

Znachko- Iavorskii, I.L. Methods for the sutyd and contemporary aspects of the history of cementing materials.Technology and culture 18, N.l, 1977, 25-42.

**Chapter VII - Conservation of Stone.**

Ashurst, J. - Dimes, F.G. Stone in Building. The Architectural Press, London, 1977.

Hosek, J. - Skupin, L. Consolidation and hydrophobization of cretaceous marly limestone used in monuments. Report. Building Research Institute of the Technical University, Prague, 1978.

Price. C.A. Brethane stone preservative. Building Research Estabilihment Current paper. CP 1/81. BRE. Garston. 1981.

Rossi Manarsi, R., ed. The conservation of stone. Centro Cesare Gundi per la conservazione delle Sculture all' Aperto, Bologna, 1976.

Rossi Manaresi, R. - Torraca, G., ed. The Treatment of Stone. Centro Cesare Gnudi per is Conservatione delle Sculture all' Aperto, Bologna, 1972.

Thomson, G., ed. Conservation of Stone. IIC, London, 1971.

Various Authors, UNESCO/Rilem: Essais sur les produits et procedes de traitment ( Seance 6) . Restauration des monuments en pierre. CEBTP, Paris, 1978, papers 6.1 to 6.15 and 7.3 to 7.20.

**Chapter VIII- Clay, Adobe, Bricks.**

Chiari, G. - Gullini, G. - Torraca, G. Report on mudbrick preservation, Mesopotamia, VII. Universitadi Torino, Turin 1972, 259-287.

Clifton, J.R. Preservation of historic adobe stuctures. A status report. Technical Note 934. National Bureau of Standards, Washington, D.C., 1977.

Clifton, J.R. - Davis, F.L. Mechanical properties of adobe, Technical note 996. National Bureau of Standards, Washington, D.C., 1979.

ICCROM. Adobe (mud-brick) bibliography. Unphublished , available at ICCROM Library, 1980.

ICOMOS. First International Conference on the Conservation of Mud-brick Monuments. Yazd ( Iran), 25-30 September, 1972. Ministry of Culture of Iran, Tehran, 1976.

ICOM-ICOMOS Committees of Turkey. IIIrd International Symposium on Mud- Brick ( Adobe) Preservation. ODTU University, Ankara, 1980.

**Chapter IX- Conservation and Deterioration of Masonry.**

Bowley, M.J. Desalination of stone: a case study. Euilding Research Estabilshment, Cu9rrent Papers N.46. H.M. Stationery Office, London, 1975.

Holmstrom, I. - Sandstrom, C. Maintenanoe of old Buildings. Preservation from the Technical and Antiquarian Standpoint. National Swedish Building Research, Stocknolm, 1975.

Jedrzejewska, H. Removal of soluble salts from stone. In: 1970 New York Conference. Volume l. Conservation of stone. 2nd ed. IIC. London 1970, 19-33.

**Chaptr X - Synthetic Resins.**

Brydson, J.A. Plastics Materisals. Iliffe Books, London, 1970.

Thomson, G. - Werner, A.E.- Feller, R.L. Synthetic materials used in the conservation of cultural property.

In; The Conservation of cultural Property. Unesco Press. Paris, 1975, 303-333.

**Chapter XI- Silicates and Silicones.**

Gerard, R. Edude de la protection des pierres calacires au moyen de resines silicones. In' The treatment of stone. Eds. Rossi Manaresi, R. - Torraca, G. Centro Cesare Gundi per la conservation delle Sculture all' Aperto, Bologna, 1972, 145-163.

Weber, H. Stone Renovation and Consolidation using Silicones and silicic esters. In: The Conservation of Stone. Ed. Rossi Manaresi, R. Centro Cesare Gnudi per la Conservazione delle Sculture all' Aperto, Bologna, 1976, 375-385.

******

obeikandl.com