
Opus romans

Autor:

Data de publicació: 07-10-2021

En arquitectura, construcció i arqueologia, opus és un terme llatí (literalment traduït per 'obra') que designa la manera en què es disposen els materials en una maçoneria o aparell, generalment aplicat a elements arquitectònics romans, si bé pot tenir també un ús més ampli.

Volta immensa del Panteó de Roma feta amb opus caementicium

L'opus caementicium o betó romà (del llatí caementum, 'pedra sense tallar, runa') és un tipus d'obra feta de morter i de pedres de tota classe (de runa, per exemple) i té l'aparença del formigó. La barreja es feia a peu d'obra, alternant palades de morter amb còdols.[1][2][3]

El betó romà es podia emprar tot sol, donant-li forma dins d'una carcassa,[4] o emprar-lo per omplir els espais entre parets i voltes o entre dues parets de blocs rectangulars de pedra (d'opus quadratum, opus vittatum i opus reticulatum). A mesura que s'anava pujant la paret, s'hi podien posar filades de maons travessades a l'ample de la paret, fet que permetia regularitzar i reforçar el conjunt per l'efecte d'encadenament.

L'opus caementicium és una de les claus de l'èxit arquitectònic de les construccions romanes, per la seva velocitat d'execució i la solidesa de la construcció un cop acabada. Va permetre la realització d'un tipus de volta monobloc (anomenada volta de betó), amb una obertura o òcul de diverses desenes de metres, com a la Basílica de Maxenci o el Panteó d'Agripa.

Referències històriques

Cesarea Marítima és el primer exemple conegut d'haver utilitzat la tecnologia de formigó romà sota el mar a una escala tan gran.

Vitruvi, escrivint cap al 25 aC en els seus deu llibres sobre arquitectura, distingia els tipus d'agregats adequats per a la preparació de morters de calç. Per als morters estructurals, va recomanar la pozzolana (pulvis puteolanus en llatí), la sorra volcànica dels llits de Pozzuoli, de color groc-marró-groc en aquesta zona al voltant de Nàpols, i de color marró vermellós a prop de Roma. Vitruvi especifica una proporció de 1 part de calç a 3 parts de pozzolana per al ciment utilitzat en edificis i una proporció 1: 2 de calç a pozzolana per a treballs subaquàtics, essencialment la mateixa proporció barrejada actualment per al formigó utilitzat en llocs marins. [5] [6]

A mitjan segle I d.C., els principis de la construcció submarina en formigó eren ben coneguts pels constructors romans. La ciutat de Cesarea va ser el primer exemple conegut que va fer ús de la tecnologia de formigó romà submarí a una escala tan gran. [5]

Per reconstruir Roma després de l'incendi del 64 dC, que va destruir grans parts de la ciutat, el nou codi de construcció de Neró exigia en gran mesura el formigó amb maó. Sembla que això va afavorir el desenvolupament de la indústria del maó i del formigó. [5]

Propietats del material

El formigó romà, com qualsevol formigó, consta d'un morter hidràulic i agregat, un aglutinant barrejat amb aigua que s'endureix amb el temps. L'agregat variava, i incloïa roques, rajoles ceràmiques o runes de maó resultants de les restes d'edificis enderrocats. No s'utilitzaven elements de reforç del tipus de barres d'acer.[7]

El guix i la calç s'utilitzaven com aglutinants. Es preferien cendres volcàniques, anomenades pozzolanas o "sorres de pou", quan podien ser aconseguïdes. La pozzolana fa al formigó més resistent a l'aigua salada que el formigó modern, encara que no en tots els casos. El morter putzolànic utilitzat tenia un alt contingut en alumina i sílice. La toba volcànica va ser utilitzada sovint com a agregat.[8]

El formigó i, en particular, el morter hidràulic responsable de la seva cohesió, era un tipus de ceràmica estructural la utilitat deriva en gran manera de la seva plasticitat reològica en estat pastós. És l'enduriment i enduriment de ciments hidràulics derivats de la hidratació de materials i la posterior interacció química i física d'aquests productes d'hidratació. Això difereix de la farga de morters calcaris apagats, els ciments més comuns del món preromà. Una vegada forjat, el formigó romà exhibia poca plasticitat, tot i que conservava certa resistència a tensions de tracció. La farga dels ciments putzolànics té molt en comú amb el de la seva contrapartida moderna, el ciment Portland. L'alta composició de sílice dels ciments de pozzolana romana està molt propera a la del ciment modern al qual s'han afegit escòries d'alts forns, cendres volants o fums de sílice.[9]

Estructura cristal·lina de la tobermorita : cèl·lula elemental.

S'ha descobert recentment que la resistència i longevitat del formigó "marí" romà es beneficien d'una reacció del aigua de mar amb una barreja de cendra volcànica i calç viva per crear un cristall anomenat tobermorita, que pot resistir a la fractura. A mesura que l'aigua de mar es va filtrant dins de les petites esquerdes del formigó romà, reaccionava amb la phillipsita, trobada naturalment a la roca volcànica, creant cristalls de tobermorita aluminosos. El resultat és que es disposa d'un candidat per a "el material de construcció més durador en la història de la humanitat". En contrast, el formigó convencional modern exposat a l'aigua salada es deteriora amb el temps.[9][10]

Les resistències a la compressió per als ciments Portland moderns estan típicament en el nivell de 50 MPa i han millorat gairebé deu vegades des de 1860.[11] No existeixen dades mecàniques comparables per als morters antics, encara que es pot deduir de la fissuració de les cúpules de formigó romà alguna informació sobre la resistència a la tracció. Aquestes resistències a la tracció varien substancialment de la relació aigua / ciment utilitzada en la barreja inicial. En l'actualitat, no hi ha manera de determinar quines proporcions aigua / ciment van usar els romans, ni tampoc hi ha dades extensives sobre els efectes d'aquesta relació sobre les resistències dels ciments pozzolànics.

Tecnologia sísmica

Per a un entorn tan propens als terratrèmols com la península Itàlica, les interrupcions i les construccions internes dins de les parets i les cúpules van crear discontinuïtats en la massa concreta. Les parts de l'edifici es podrien canviar lleugerament quan hi havia moviment de la terra per adaptar-se a aquestes tensions, millorant la resistència general de l'estructura. En aquest sentit, els maons i el formigó eren flexibles. Pot ser que fos precisament per aquest motiu que, tot i que molts edificis van patir greus trencaments per diverses causes, continuen conservant-se fins als nostres dies. [12] [5]

Una altra tecnologia utilitzada per millorar la resistència i l'estabilitat del formigó va ser la seva gradació en cúpules. Un exemple és el Panteó, on l'agregat de la regió de la cúpula superior consisteix en alternar capes de tofa lleugera i pedra tosca, donant al formigó una densitat de 1,350 quilograms per metre cúbic (84 lb/cu ft) . El fonament de l'estructura feia servir el travertí com a agregat, amb una densitat molt superior de 2,200 quilograms per metre cúbic (140 lb/cu ft) . [13] [5]

Ús modern

Els recents avenços científics que van examinar el formigó romà han estat captant l'atenció dels mitjans i de la indústria. [14] A causa de la seva inusual durabilitat, longevitat i menor empremta ambiental, les corporacions i els municipis comencen a explorar l'ús del formigó d'estil romà a Amèrica del Nord, substituint la cendra volcànica per cendra volant de carbó que té propietats similars. Els defensors diuen que el formigó fabricat amb flyash pot costar fins a un 60% menys perquè requereix menys ciment i que té una petjada ambiental menor a causa de la seva temperatura de cocció més baixa i de la seva vida útil molt més llarga. [15] S'ha trobat que els exemples útils de formigó romà exposats a ambients marins durs tenen una antiguitat de 2.000 anys amb poc o cap desgast. [16]

Vegeu també

Arquitectura a l'Antiga Roma

Art a l'Antiga Roma

Putzolana

Opus (construcció)

Tàpia

Tova

Referències

- ? Stefano Camporeale; Hélène Dessales & Antonio Pizzo. Arqueología de la construcción. CSIC, 2008, p. 143–. ISBN 978-84-00-09279-5 [Consulta: 14 octubre 2011].
- ? Lourdes Roldán Gómez. El ladrillo y sus derivados en la época romana. Casa de Velázquez, 1999, p. 265–. ISBN 978-84-7477-747-5 [Consulta: 27 desembre 2011].
- ? Diccionario de Arte II (en castellà). Barcelona: Biblioteca de Consulta Larousse. Spes Editorial SL (RBA), 2003, p.132. DL M-50.522-2002. ISBN 84-8332-391-5 [Consulta: 6 desembre 2014].
- ? François Cadiou; David Hourcade. Defensa y territorio en Hispania, de los Escipiones a Augusto: Espacios urbanos y rurales, municipales y provinciales: Coloquio celebrado en la Casa de Velázquez (19 y 20 de marzo de 2001). Casa de Velázquez, 2003, p. 400–. ISBN 978-84-9773-097-6 [Consulta: 14 octubre 2011].
- ? Anar a :5,0 5,1 5,2 5,3 5,4 Lechtman i Hobbs, 1986.
- ? Vitruvius. De Architectura, Book II:v,1; Book V:xii2.
- ? Wayman, Erin. "The Secrets of Ancient Rome's Buildings." Smithsonian.com, 2011.
- ? «Rome's Invisible City - BBC One», 2017.
- ? Anar a :9,0 9,1 Ben Guarino «Ancient Romans made world's 'most durable' concrete. We might use it to stop rising seas». , 04-07-2017.
- ? M. A. Criado «Descubierto el ingrediente secreto que explica la fuerza del hormigón de la antigua Roma». , 04-07-2017 [Consulta: 11 juliol 2017].
- ? N. B. Eden y J.E. Bailey, "Mechanical Properties and Tensile Failure Mechanism of a High Strength Polymer Modified Portland Cement," J. Mater. Sci., 19, 2677–85 (1984); y Lechtman y Hobbs "Roman Concrete and the Roman Architectural Revolution"
- ? MacDonald, 1982, fig. 131B.
- ? K. de Fine Licht, The Rotunda in Rome: A Study of Hadrian's Pantheon. Jutland Archaeological Society, Copenhagen, 1968, pp. 89–94, 134–35
- ? «Fixing Canada's Infrastructure with Volcanoes». Trebuchet Capital Partners Research. [Consulta: 19 agost 2016].
- ? «By 25 BC, ancient Romans developed a recipe for concrete specifically used for underwater work which is essentially the same formula used today», 06-09-2016.

? M. D. Jackson, S. R. Chae, R. Taylor, C. Meral, J. Moon, S. Yoon, P. Li, A. M. Emwas, G. Vola, H.-R. Wenk, and P. J. M. Monteiro, "Unlocking the secrets of Al-tobermorite in Roman seawater concrete", *American Mineralogist*, Volume 98, pp. 1669–1687, 2013.

Bibliografia

Adam, Jean-Pierre; Mathews, Anthony. *Roman Building*. Florence: Taylor & Francis, 2014. ISBN 9780203984369.

Lancaster, Lynne C. *Concrete Vaulted Construction in Imperial Rome: innovations in context*. Cambridge University Press, 2009. ISBN 9780521842020.

Lechtman, Heather; Hobbs, Linn. «Roman Concrete and the Roman Architectural Revolution». A: W.D. Kingery. *Ceramics and Civilization. 3: High Technology Ceramics: Past, Present, Future*. American Ceramics Society, 1986. ISBN 091609488X.

MacDonald, William Lloyd. *The Architecture of the Roman Empire, v.2, an Urban Appraisal..* New Haven: Yale University Press, 1982. ISBN 9780300034561.

Enllaços externs

A Wikimedia Commons hi ha contingut multimèdia relatiu a: *Opus caementicium*

<http://www.herculaneum.ox.ac.uk>
<http://www.humnet.ucla.edu/humnet/classics/philodemus/philhome.htm>
<http://www.timesonline.co.uk/article/0,,2087-1482342,00.html>
http://www.getty.edu/visit/see_do/architecture.html