



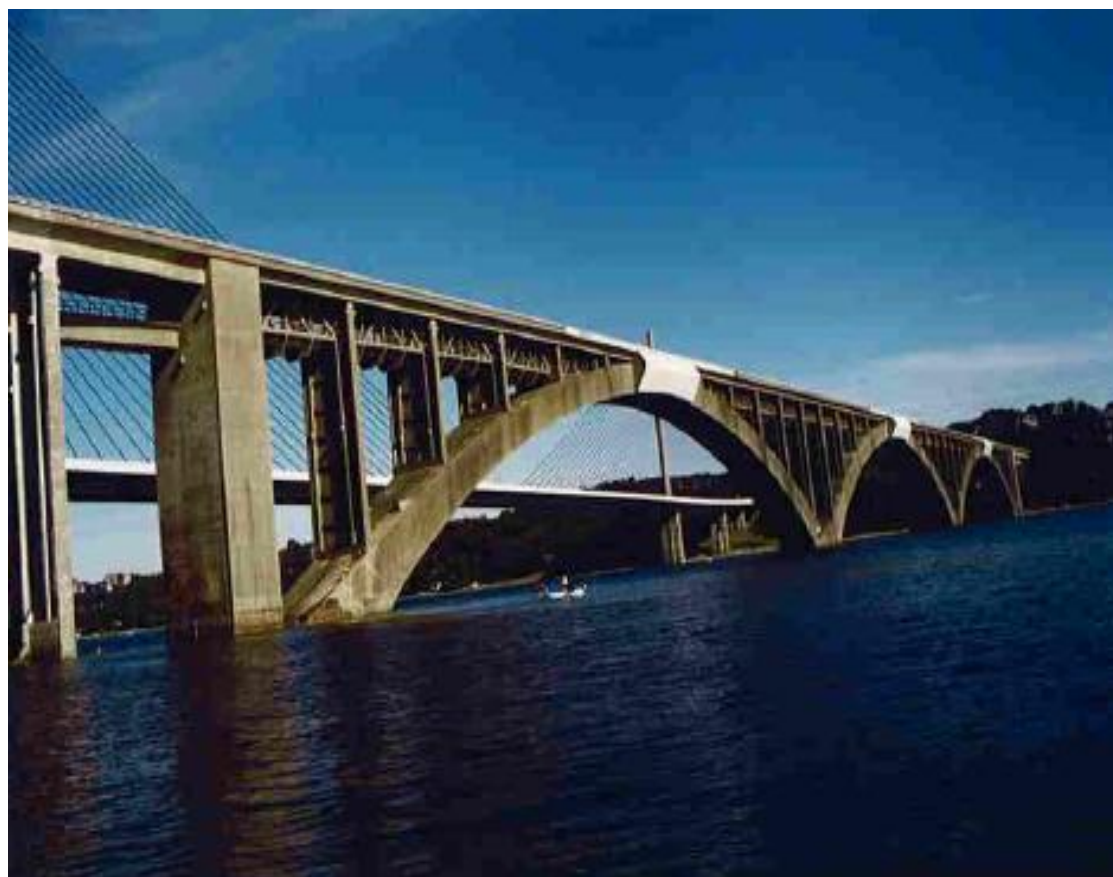
Carles.Romea@upc.edu



Departament de Resistència de Materials
i Estructures a l'Enginyeria



Un material mil·lenari. Una història del formigó



PONT DE PLOUGASTEL EUGÈNE FREYSSINET 1930



Carles.Romea@upc.edu



Departament de Resistència de Materials
i Estructures a l'Enginyeria



Un material mil·lenari. Una història del formigó



Forn de calç

- Per què una història del formigó?
- El formigó un gran futur a l'esquena
- La didàctica i els enginyers. Curs pre-ICT
- Acumulació de materials i fets casuals



Carles.Romea@upc.edu



Departament de Resistència de Materials
i Estructures a l'Enginyeria



Un material mil·lenari. Una història del formigó

La resistència de **materials** i
la història

PALEOLÍTIC = EDAT
DE **PEDRA**





Carles.Romea@upc.edu



Departament de Resistència de Materials
i Estructures a l'Enginyeria



Un material mil·lenari. Una història del formigó



NEOLÍTIC = Nova **Pedra** (6000aC)
Edat de **Coure** (4000 aC)



Edat de **Bronze** (3000 aC)



Edat de **Ferro** (800 aC)



Carles.Romea@upc.edu



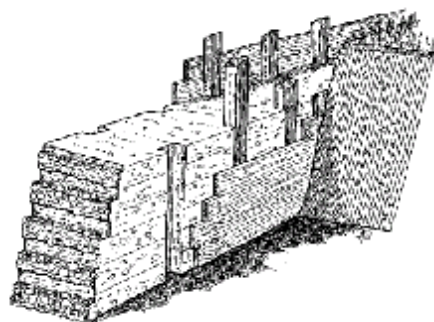
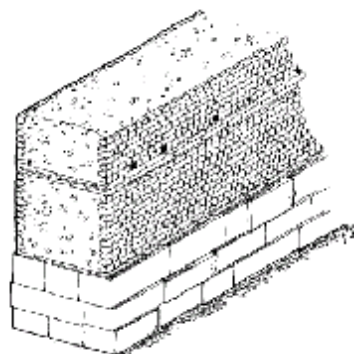
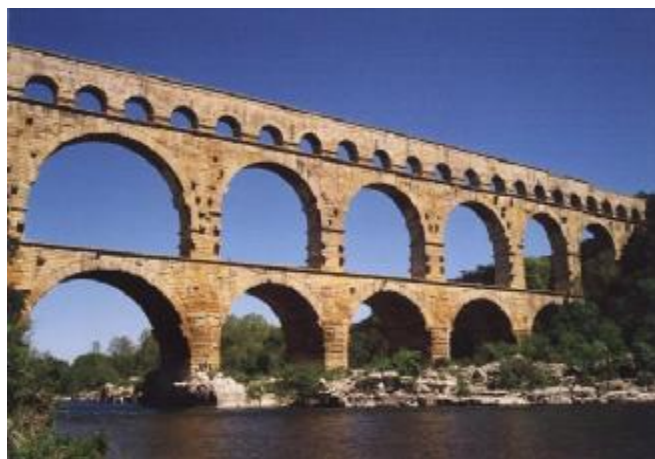
Departament de Resistència de Materials
i Estructures a l'Enginyeria



Un material mil·lenari. Una història del formigó

Cap 1.- ROMA. EL FORMIGÓ **ROMÀ**

Aqüeducte del Pont du Var



Panteó d'Agrippa



Interpretació segons Choisy



Carles.Romea@upc.edu



Departament de Resistència de Materials
i Estructures a l'Enginyeria



Un material mil·lenari. Una història del formigó

Cap 2.- MIL ANYS SENSE FORMIGÓ Caiguda de l'Imperi Romà (Occidental)



Cúpula romana oriental



Cúpula romana



Carles.Romea@upc.edu



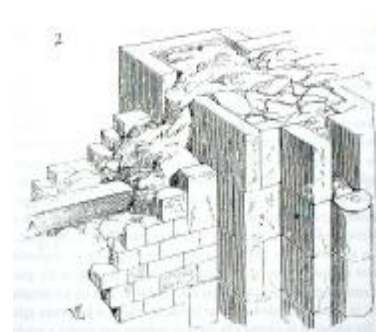
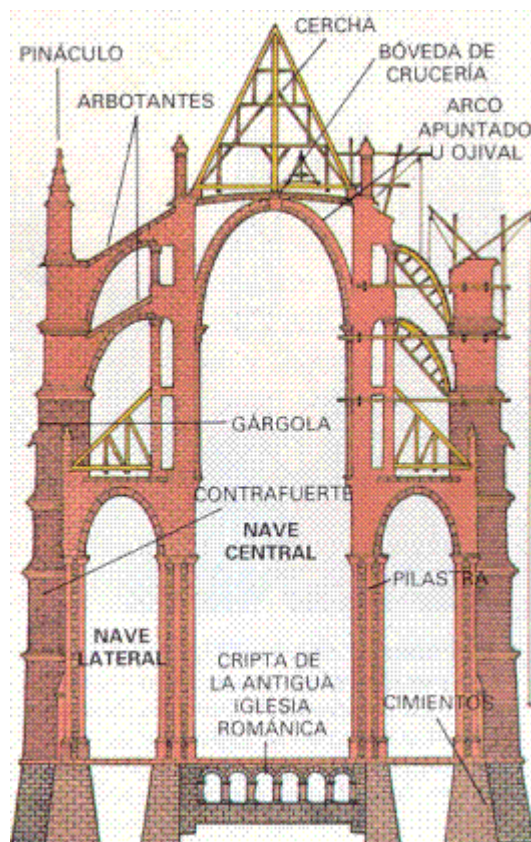
Departament de Resistència de Materials
i Estructures a l'Enginyeria



Un material mil·lenari. Una història del formigó

MIL ANYS SENSE FORMIGÓ

- Alta i baixa edat mitja
- Novament construcció de **Pedra**
- Romànic
- Gòtic



Murs Carolingi i romànic s/Le Duc

Eugène Emmanuel Viollet–Le Duc , arquitecte francès (1814-1879),



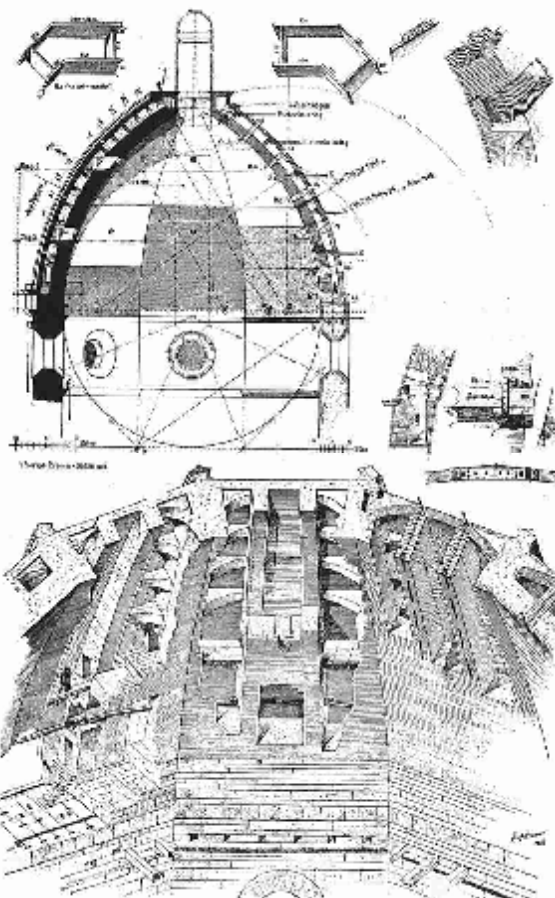
Carles.Romea@upc.edu



Departament de Resistència de Materials
i Estructures a l'Enginyeria



Un material mil·lenari. Una història del formigó



Cúpula romana

Dolce Stil Nuovo Filippo Brunelleschi (1377 – 1446)



Carles.Romea@upc.edu



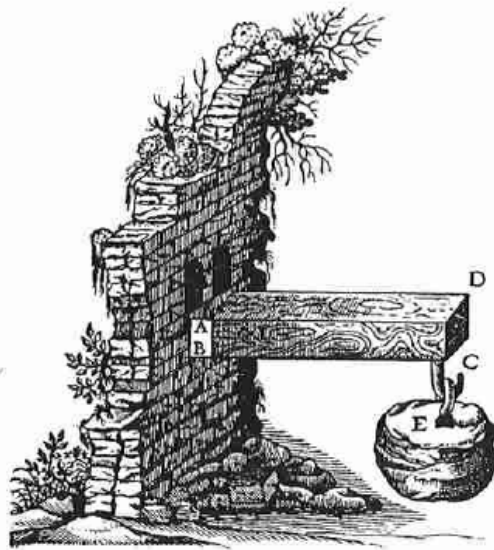
Departament de Resistència de Materials
i Estructures a l'Enginyeria



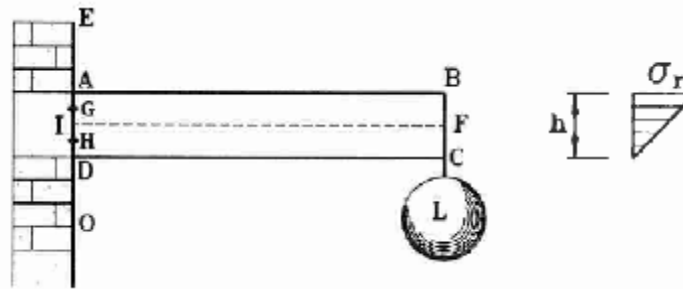
Un material mil·lenari. Una història del formigó

Cap 3.- APORTACIONS D'UNA NOVA CIÈNCIA

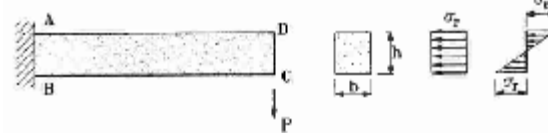
Resistència de materials



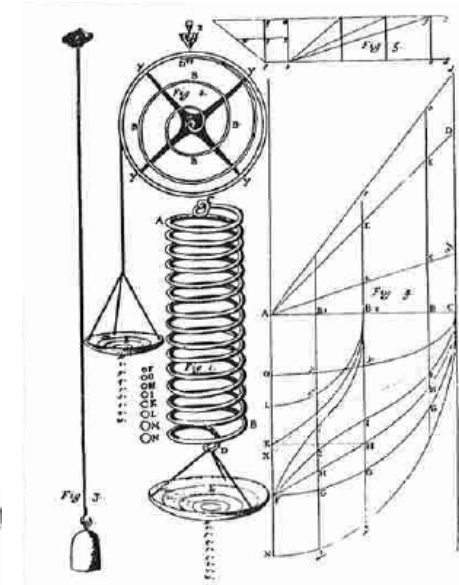
Concepte de moment flector



Concepte de línia neutra



Distribució de tensions



Llei de Hooke
Elasticitat



Carles.Romea@upc.edu



Departament de **Resistència de Materials**
i **Estructures a l'Enginyeria**



Un material mil·lenari. Una història del formigó



Robert Hooke(1635 - 1703)



Isaac Newton (1643 – 1727)



Galileo-Galilei(1564-1642)



Johan Bernouilli(1667-1748)



Simon Stevin (1548 - 1620)



Leibniz (1646 - 1716)



Leonhard Euler(1707 -1783)



Charles-Augustin de Coulomb (1736 - 1806).



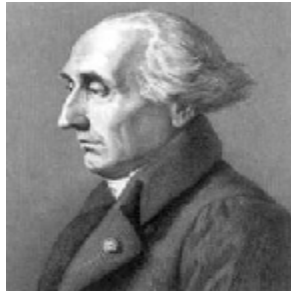
Carles.Romea@upc.edu



Departament de Resistència de Materials
i Estructures a l'Enginyeria



Un material mil·lenari. Una història del formigó



Lagrange (1749 - 1827)



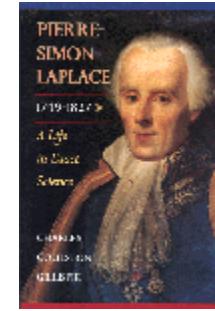
Cauchy (1789-1857)



Poleni (1683-1761)



Navier(1785-1836)



Laplace(1749 - 1827)



Poisson (1781- 1840)



Colbert (1619 – 1683)



Vauban(1633 - 1707).



Mc Adam (1756 —1836)



Tomas Young(1773 – 1829)



Carles.Romea@upc.edu

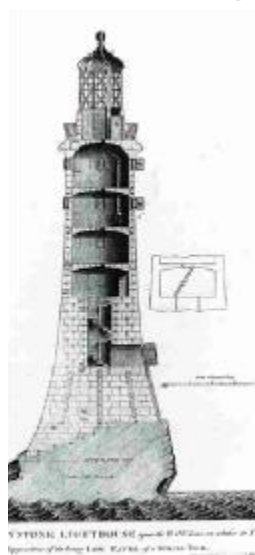


Departament de Resistència de Materials
i Estructures a l'Enginyeria



Un material mil·lenari. Una història del formigó

Cap 4.- EL CIMENT PORTLAND ENTRA EN ACCIÓ



John Smeaton (1724-1792), Anglaterra, Enginyer civil, precursor de l'estudi dels moderns materials hidràulics i fundador de la Society of civil engineers
far d'Eddystone

Louis Vicat (1786-1861) autor del llibre "Traité pratique et théorique de la composition des mortiers, ciments et gangues à pouzzolanes et de leur emploi dans toutes sortes de travaux, suivi des moyens d'en apprécier la durée dans les constructions à la mer"



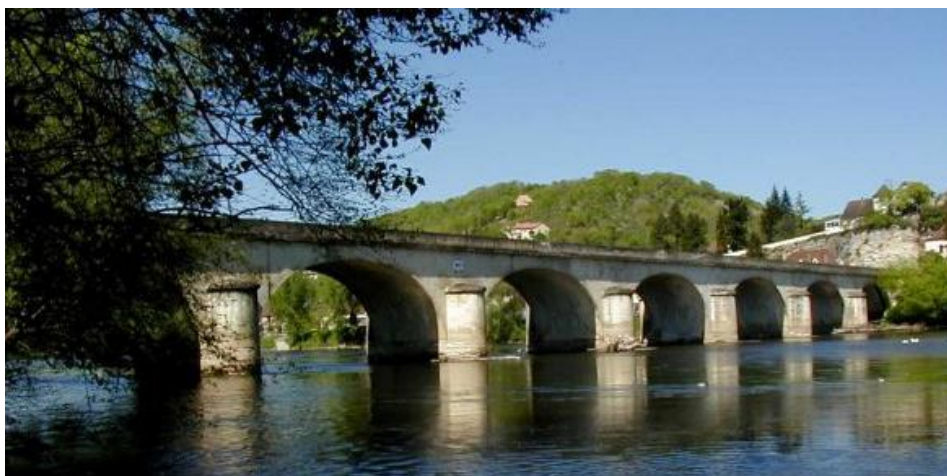
Carles.Romea@upc.edu



Departament de Resistència de Materials
i Estructures a l'Enginyeria



Un material mil·lenari. Una història del formigó



Pont de Souillac de Vicat amb fonaments de formigó



Forns de producció de Portland
Anglaterra S XIX



Carles.Romea@upc.edu



Departament de Resistència de Materials
i Estructures a l'Enginyeria

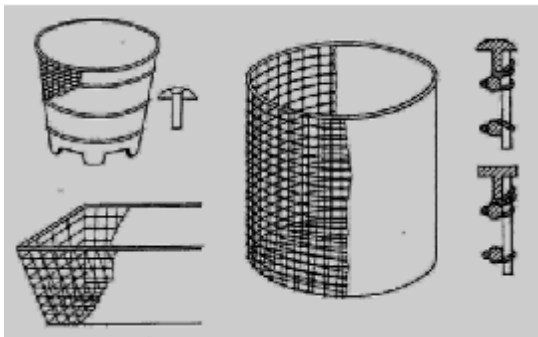


Un material mil·lenari. Una història del formigó

Cap 5.- EL FORMIGÓ ARMAT COMENÇA LA SEVA MARXA



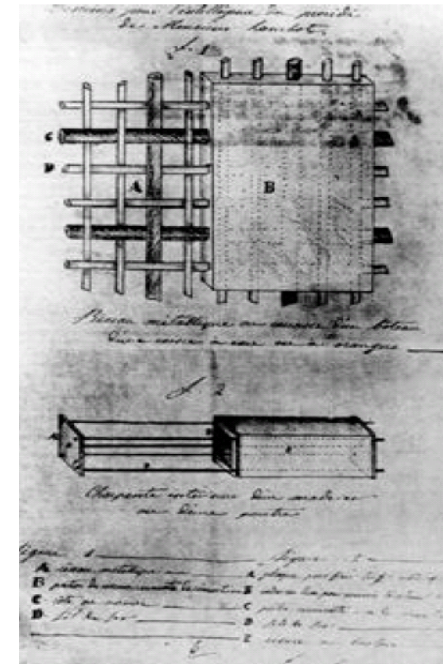
Joseph Monier(1823 -1906)



Els pioners



Barca conservada de Lambot

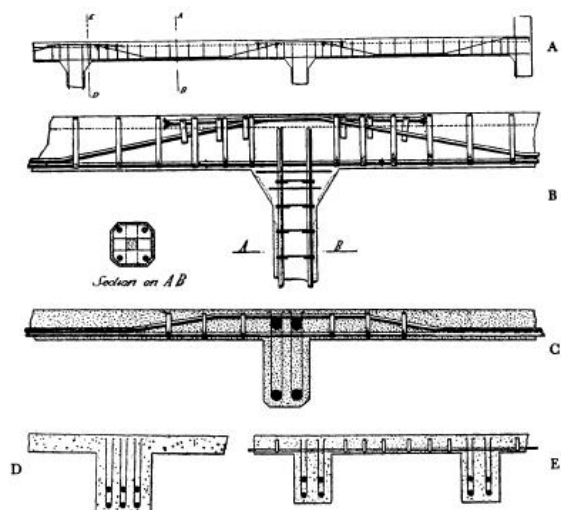


Patent Lambot



Un material mil·lenari. Una història del formigó

22



HENNEBIQUE SYSTEM OF REINFORCED CONCRETE
A. SECTION THROUGH BEAM.
B. JUNCTION OF BEAM AND COLUMN.
C. CROSS-SECTION THROUGH BEAM AND FLOOR.
D. SECTION THROUGH MAIN BEAM.
E. SECTION THROUGH SECONDARY BEAMS AND FLOOR.
F. MAIN BEAMS, SECONDARY BEAMS AND FLOOR, FORMING A MONOLITHIC MASS.
G. METHOD OF REINFORCING COLUMNS.

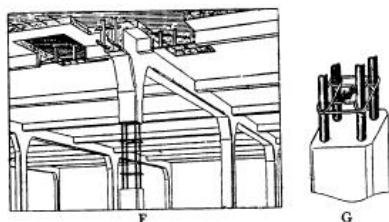


Fig. 12. System of reinforced concrete, by Hennebique (from Whittick, *European Architecture 1*).



□ *François Hennebique (1842-1921) un dels pioners en l'aplicació del nou material de construcció*



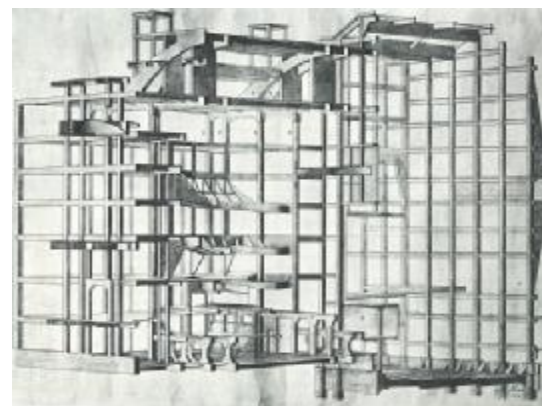
Carles.Romea@upc.edu



Departament de Resistència de Materials
i Estructures a l'Enginyeria



Un material mil·lenari. Una història del formigó



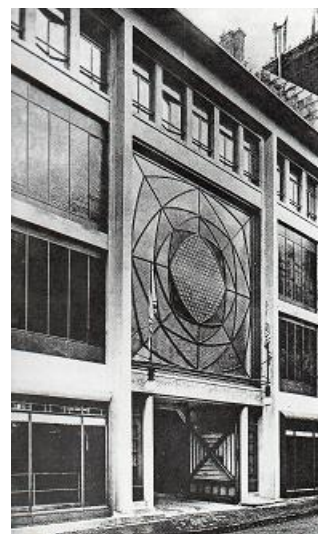
Maison Hennebique (1901 – 1903) Bourg-la-Reine



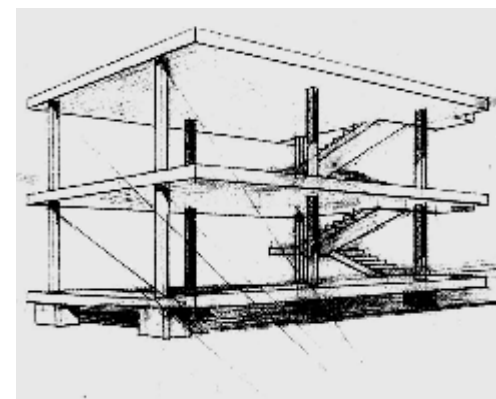
29b Rue Franklin - Auguste Perret - Paris, France (1903)



Notre de Raincy 1923



Garaje en la rue de Ponthieu (Paris) 1905-1906



Dom-ino 1914



Carles.Romea@upc.edu



Departament de Resistència de Materials
i Estructures a l'Enginyeria



Un material mil·lenari. Una història del formigó



Saint Jean de Montmartre Anatole de Baudot (1834-1915) système Cottancin inventé par l'ingénieur Paul Cottancin (1865 - 1928)



De construction en béton armé

Notes prises par les élèves

aux leçons

de M. Rabut,

Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées,
Professeur.

1906-1907.

Primers apunts de formigó



Charles Rabut (1852 ,1925)



Armand Considère (1841-1914)



Carles.Romea@upc.edu



Departament de Resistència de Materials
i Estructures a l'Enginyeria



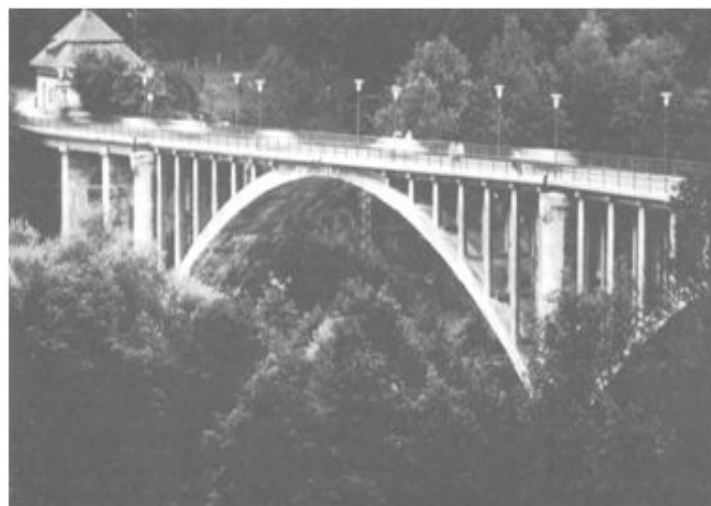
Un material mil·lenari. Una història del formigó



Primera construcció d'un pont de formigó armat en arc en ocasió de la fira de Bremen, Alemanya del 1890.



Pont de Villeneuve sur Lot. Arc de formigó en massa piconat llum de 97 m. Eugène Freyssinet (1919)



Pont de Grünwald, Emille Mörsch (1904). arcs de 70 m i una amplada de 8 m





Carles.Romea@upc.edu



Departament de Resistència de Materials
i Estructures a l'Enginyeria



Un material mil·lenari. Una història del formigó

□ Cap 6.- L'ÈPOCA CLÀSSICA DEL FORMIGÓ ARMAT. 1910 – 1940



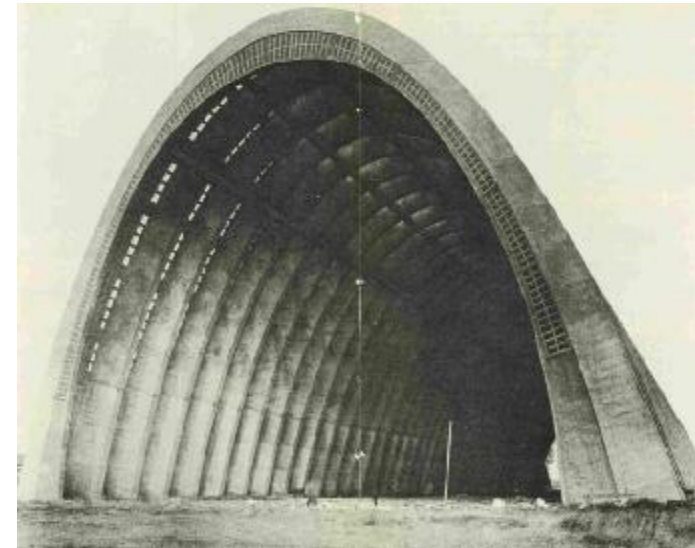
□ Sala del centenari de Breslau, Max Berg (1913)



□ Zementhalle de l'exposició nacional de Zurich de 1939 obra de Maillart



□ Hangar d'Orly per dirigibles, obra d'Eugène Freyssinet en la seva etapa amb la constructora Limousin. 1921/1923





Carles.Romea@upc.edu



Departament de Resistència de Materials
i Estructures a l'Enginyeria

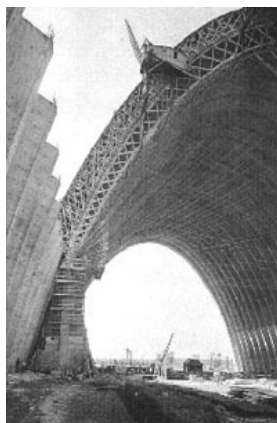


Un material mil·lenari. Una història del formigó

□ L'ÈPOCA CLÀSSICA DEL FORMIGÓ ARMAT. 1910 – 1940



Eugène Freyssinet , Eduardo Torroja , Robert Maillart , Pier Luigi Nervi





Carles.Romea@upc.edu



Departament de Resistència de Materials
i Estructures a l'Enginyeria



Un material mil·lenari. Una història del formigó



Lingotto de Torino Matté-Trucco



Fàbrica d'automòbils Albert Khan Ford
Motor Company a Highland Park, Michigan



Col·lage de Marinetti
Futurisme



Carles.Romea@upc.edu



Departament de Resistència de Materials
i Estructures a l'Enginyeria



Un material mil·lenari. Una història del formigó

□ L'ÈPOCA CLÀSSICA DEL FORMIGÓ ARMAT. 1910 – 1940



Ponts en arc de formigó armat





Carles.Romea@upc.edu



Departament de Resistència de Materials
i Estructures a l'Enginyeria



Un material mil·lenari. Una història del formigó



Diverses realitzacions amb formigó armat



Un material mil·lenari. Una història del formigó

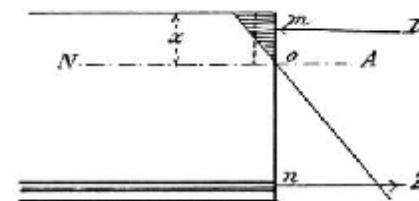
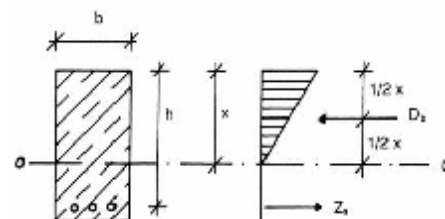
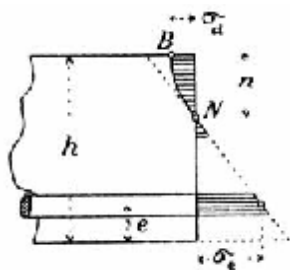
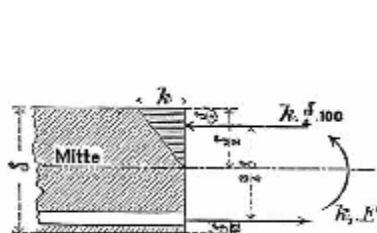
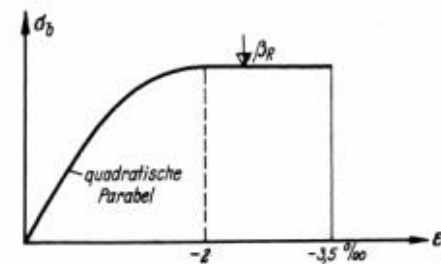
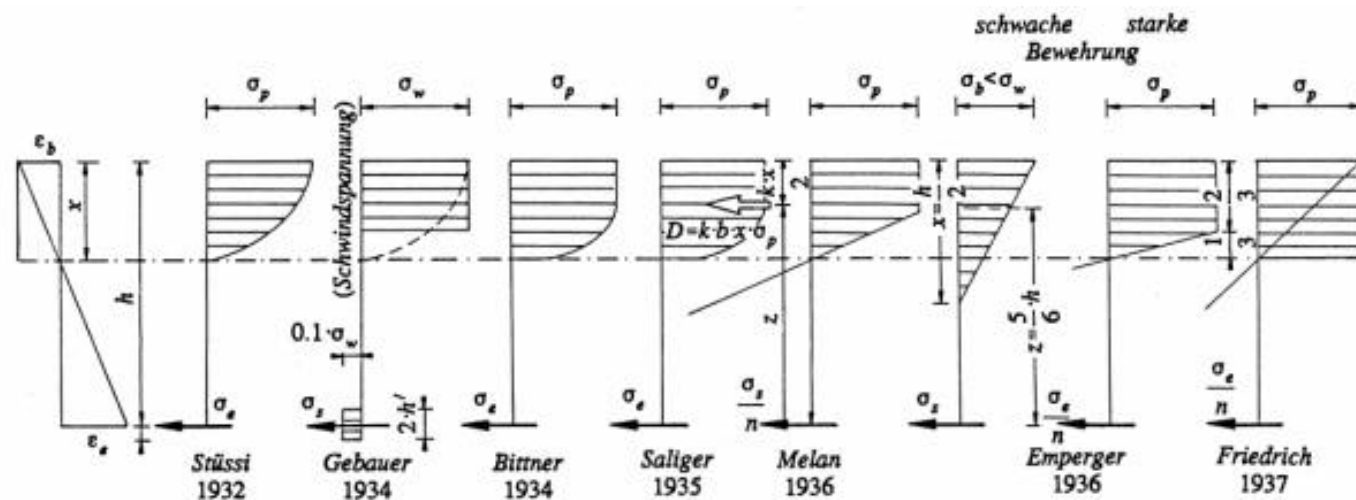


Abb. 71.

Diversos models tensió/deformació del formigó armat



Betonfestigkeitsklasse	B15	B25	B35	B45	B55
β_R [MN/m ²]	10,5	17,5	23,0	27,0	30,0



Carles.Romea@upc.edu



Departament de Resistència de Materials
i Estructures a l'Enginyeria



Un material mil·lenari. Una història del formigó

□ ***Cap 7.- EL FORMIGÓ ES
TENSA***



Pont de Luzancy, obra d'Eugène Freyssinet, inaugura una nova època del formigó pretensat. (1941-1946).



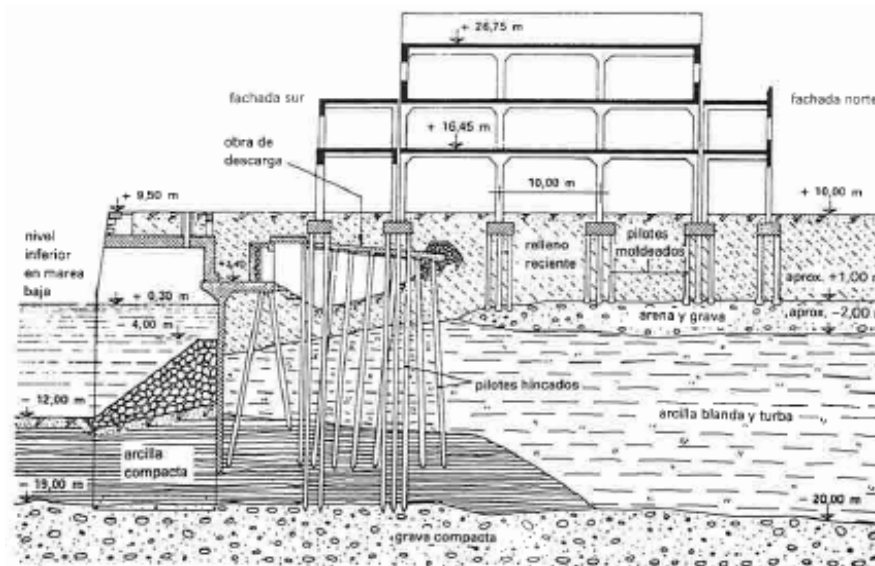
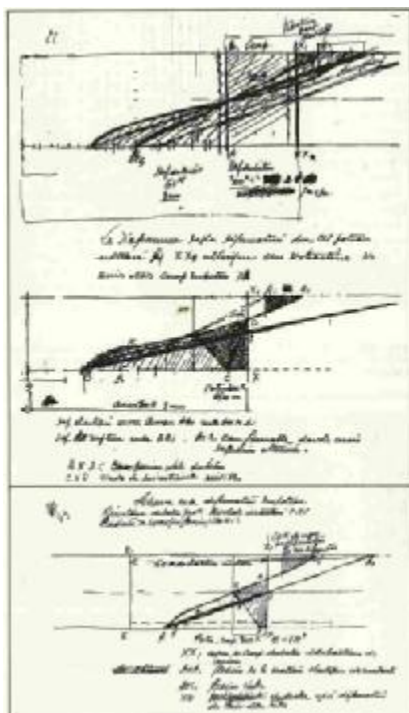
Carles.Romea@upc.edu



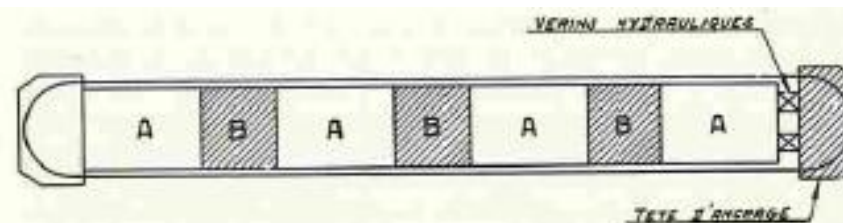
Departament de Resistència de Materials i Estructures a l'Enginyeria



Un material mil·lenari. Una història del formigó



Enceps lligats amb pretesat



Terminal Normandie 1935



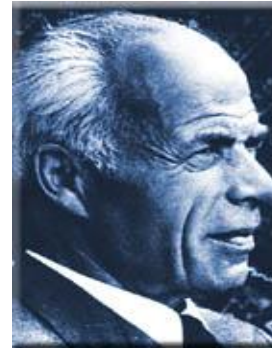
Carles.Romea@upc.edu



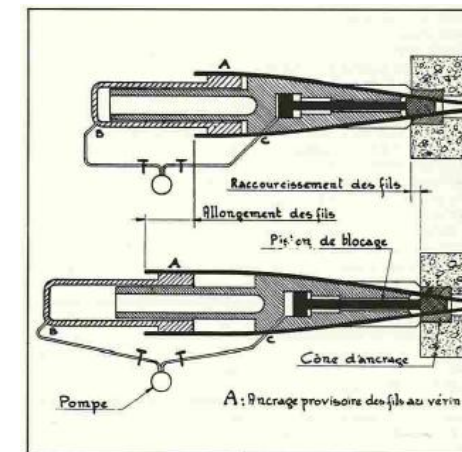
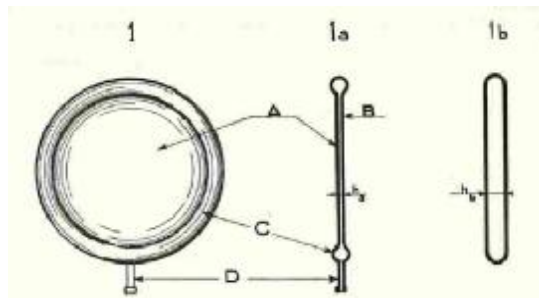
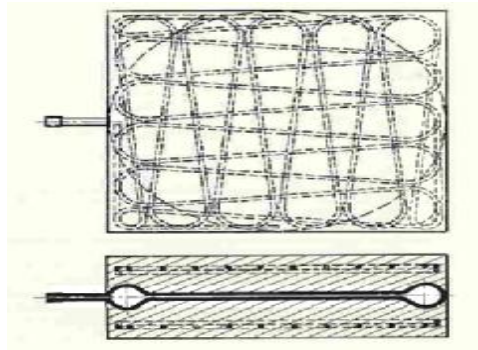
Departament de Resistència de Materials
i Estructures a l'Enginyeria



Un material mil·lenari. Una història del formigó



Fritz Leonhardt (1909 - 1999) Ulrich Finsterwalder (1862–1951) Franz Dischinger (1887 - 1953) Eugene Freyssinet (1879 - 1962)





Carles.Romea@upc.edu



Departament de Resistència de Materials
i Estructures a l'Enginyeria



Un material mil·lenari. Una història del formigó

□ *Cap 8.- Closques , membranes i altres formes resistents.*



Nicolas Esquillan , Jean Prouvé , Peter Rice 1958



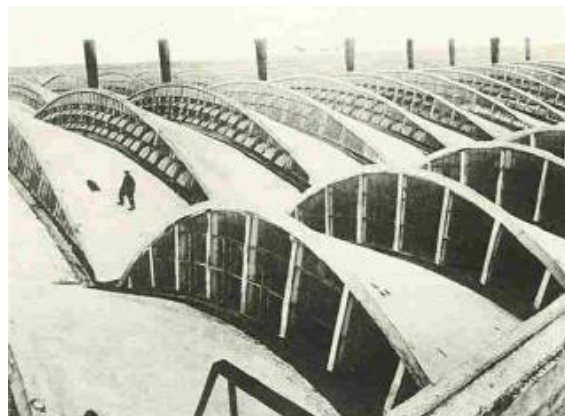
Carles.Romea@upc.edu



Departament de Resistència de Materials
i Estructures a l'Enginyeria



Un material mil·lenari. Una història del formigó



Fàbrica de radiadors Freyssinet *Lluís Muncunill* construït entre 1907 i 1908
1928



Vapor Aymerich





Carles.Romea@upc.edu

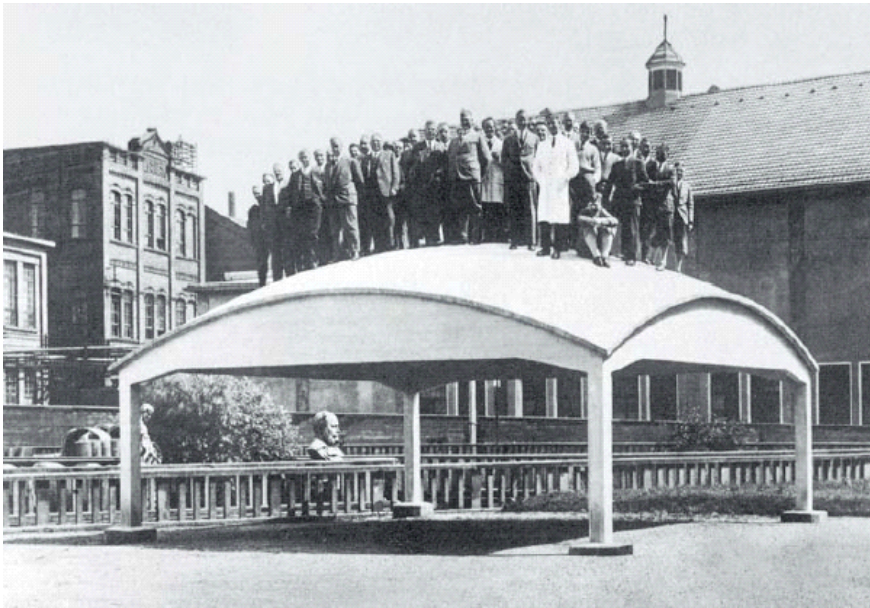


Departament de Resistència de Materials
i Estructures a l'Enginyeria



Un material mil·lenari. Una història del formigó

Closques , membranes i altres formes resistents



□ L'equip investigador del professor Dischinger
Aquesta estructura es considera la precursora de
les closques de formigó armat.



Volta “bufada” de rajola de pla



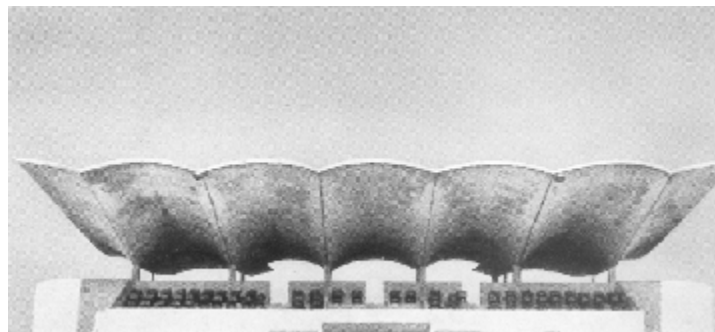
Carles.Romea@upc.edu



Departament de **Resistència de Materials**
i **Estructures a l'Enginyeria**



Un material mil·lenari. Una història del formigó

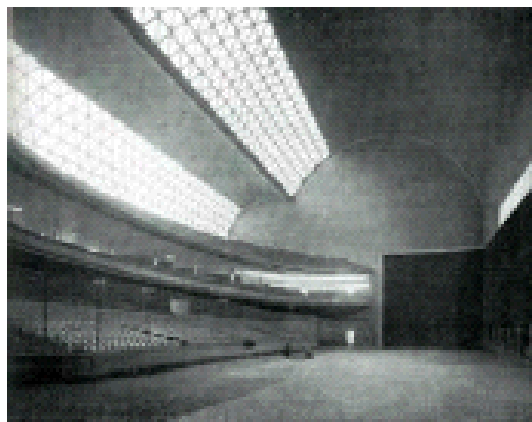


Marquesina hipòdrom
Zarzuela 1935



Mercat Algeciras

Eduardo Torroja



Fronton Recoletos 1935



Fèlix Samuely/Lubetkin



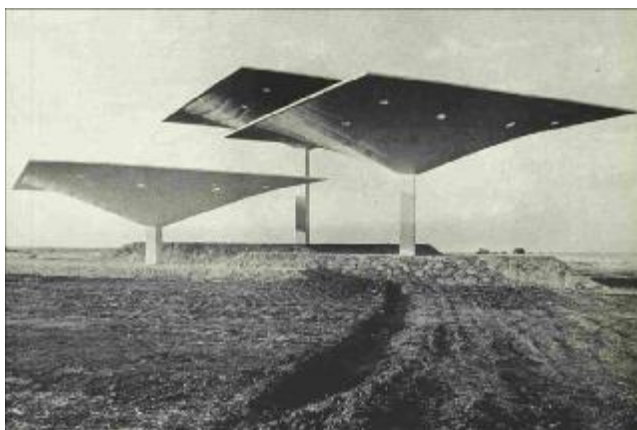
Carles.Romea@upc.edu



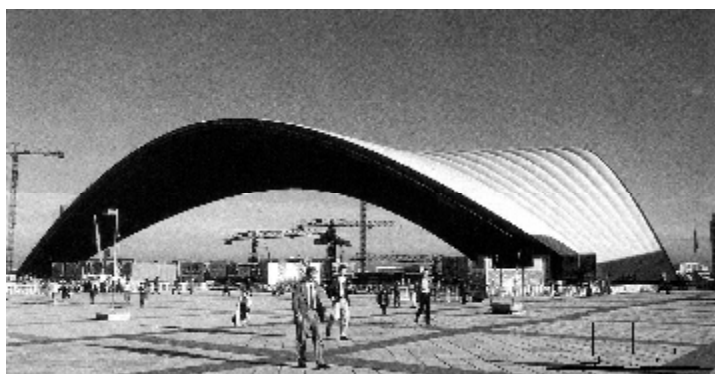
Departament de **Resistència de Materials**
i **Estructures a l'Enginyeria**



Un material mil·lenari. Una història del formigó



Félix Candela
HYPAR
Mèxic anys 50



CNIT Paris, 1958



El US Air Force Hangar, de Rapid City
Anton Tedesko



Carles.Romea@upc.edu

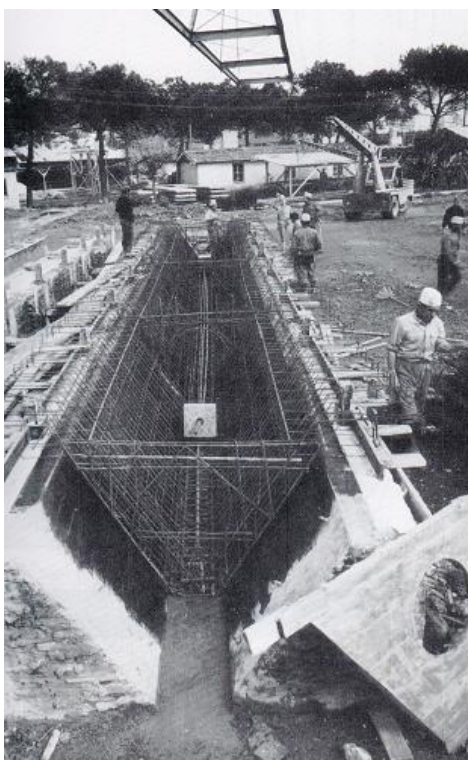


Departament de Resistència de Materials
i Estructures a l'Enginyeria



Un material mil·lenari. Una història del formigó

□ *Cap 10.- El formigó prefabricat*



*Peter
Behrens*



Prefabricació "in situ"





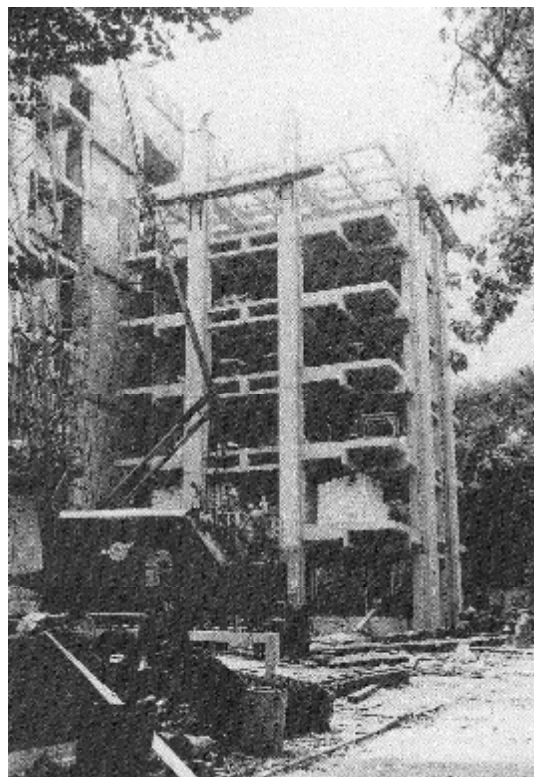
Carles.Romea@upc.edu



Departament de Resistència de Materials
i Estructures a l'Enginyeria



Un material mil·lenari. Una història del formigó



Salk Institute San Diego
Louis Khan / August Komendant
1960

Edifici prefabricat/posttesat/zona sísmica



Carles.Romea@upc.edu



Departament de Resistència de Materials
i Estructures a l'Enginyeria



Un material mil·lenari. Una història del formigó



Miguel Fisac, HUESOS





Carles.Romea@upc.edu



Departament de Resistència de Materials
i Estructures a l'Enginyeria



Un material mil·lenari. Una història del formigó

Cap 11.- Els *NOUS* formigons



- Formigons autocompactables
- Formigons alta resistència
- Formigons reforçats amb fibres
- Formigons lunars





Carles.Romea@upc.edu



Departament de Resistència de Materials
i Estructures a l'Enginyeria



Un material mil·lenari. Una història del formigó

Cap 12.- EDIFICIS EN ALÇADA



Fazlur Rhaman Khan



METROPOLIS
EIN FILM VON TRITZ LANG





Carles.Romea@upc.edu



Departament de Resistència de Materials
i Estructures a l'Enginyeria



Un material mil·lenari. Una història del formigó

Neolític 2010 dC



Dubai



Haiti