



**Dr.ing. NAGY-GYÖRGY Tamás**

*Profesor*

**E-mail:**

[tamas.nagy-gyorgy@upt.ro](mailto:tamas.nagy-gyorgy@upt.ro)

**Tel:**

+40 256 403 935

**Web:**

<http://www.ct.upt.ro/users/TamasNagyGyorgy/index.htm>

**Birou:**

A219

## Bibliography / Bibliografie

- Tudor A., Clipii T., Beton Armat, Note de curs, 2011-2012-2013 (PDF)
- Cadar I., Clipii T., Tudor A., Beton Armat (ed. II), Ed. Orizonturi Universitare, 2004, ISBN 973-638-176-5
- Kiss Z., Oneț T., Proiectarea structurilor de beton armat după SR EN 1992-1, Ed. Abel, 2008, ISBN 973114070-0
- Pascu R., Georgescu D., Beton armat. Curs. Partea I – II., Conspress, 2013, ISBN: 978-973-100-294-1
- Postelnicu T., Damian I., Zamfirescu D., Morariu E., Buzăianu B., Proiectarea structurilor de beton armat în zone seismice, Vol. I, II, III, 2012, ISBN 978-973-8411-82-1
- Lozincă E., Curs Beton Armat I și Beton Armat II, Facultatea de Construcții Civile, Industriale și Agricole, Specializarea: Construcții Civile, Industriale și Agricole.
- SR EN 1992-1-1:2004, Eurocod 2: Proiectarea structurilor de beton. Partea 1-1: Reguli generale și reguli pentru clădiri
- EN 1992-1-1: Design of concrete structures - Part 1-1: General rules and rules for buildings

## Reinforced Concrete / Betonul armat

BETON ARMAT	→	ENG:	REINFORCED CONCRETE
		GER:	STAHLBETON
		FRA:	BÉTON ARMÉ
		SPA:	HORMIGÓN ARMADO
		ITA:	CALCESTRUZZO ARMATO
		HUN:	VASBETON



*merriam-webster.com*

*The word “concrete” originates from the Latin verb “concretus”, past participle of “concrecere” which means to grow together (14<sup>th</sup> century).*

# The History of Concrete / Istoria betonului

~3000 B.C.

Egiptenii au utilizat: - mortar din amestec de var, gips și nisip la construcția piramidelor



# The History of Concrete / Istoria betonului

~3000 B.C.

**Egiptenii** au utilizat: - cărămizi uscate la soare din nămolul obținut din Nil

Rezistența  $\approx 2...3 \text{ N/mm}^2$



- cărămizi uscate la soare din nămolul amestecată cu paie

Rezistența  $\approx 7...9 \text{ N/mm}^2$



~800 B.C.

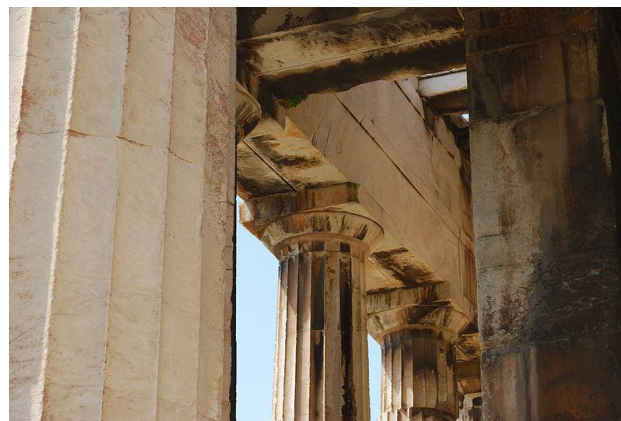
Grecii utilizau mortare de var, mai bune decât mortarele Romane de mai târziu



Parthenon, Atena (447 BC )



Templul Atenei, Paestum  
(500 BC)



Templul lui Hephaestus/Theseion  
Atena (500 BC)



Erechtheion, Atena  
(421 BC)

## The History of Concrete / Istoria betonului

Sursa: www. wikipedia.org

**300 BC - 476 AD****Romanii** foloseau ciment numit pozzolana din Pozzuoli (Italia, lângă muntele Vezuviu)→ **vulcanică**- **Via Appia (ITA)**: una dintre cele mai vechi, strategic cele mai importante drumuri

Minturno

Roma

Rețeta lui Vitruvius: 2 părți puzzolana

1 parte var nestins

aditivi: grăsimi de animale, lapte, sânge

## The History of Concrete / Istoria betonului

Sursa: www. wikipedia.org

## 300 BC - 476 AD

**Romanii** → ciment numit pozzolana din Pozzuoli (Italia, lângă muntele Vezuviu) → **vulcanică**  
- **Băile Romane**: erau băi publice, îndeplineau funcții de igienă și socializare.  
Majoritatea orașelor romane aveau cel puțin un spațiu amenajat în acest scop.



Băile Romane din Bath (Anglia)



Băile Herculane

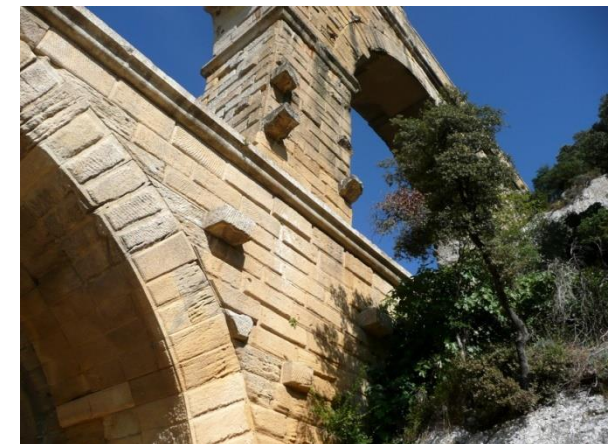
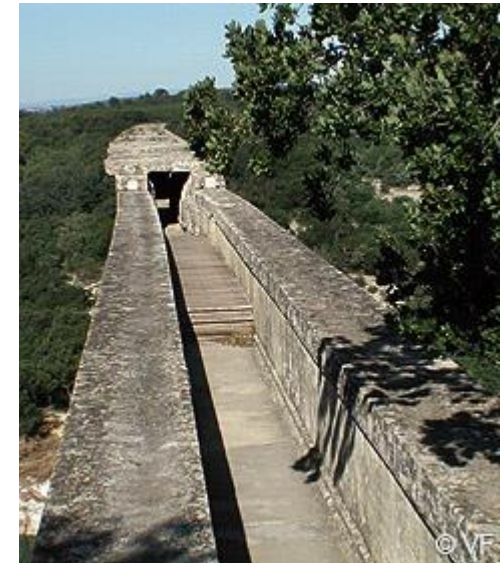


## The History of Concrete / Istoria betonului

Sursa: www. wikipedia.org

40-60 AD

Romanii → ciment numit pozzolana din Pozzuoli (Italia, lângă muntele Vezuviu) → **vulcanică**  
- **Apeductul Pont du Gard** (sudul Franței)

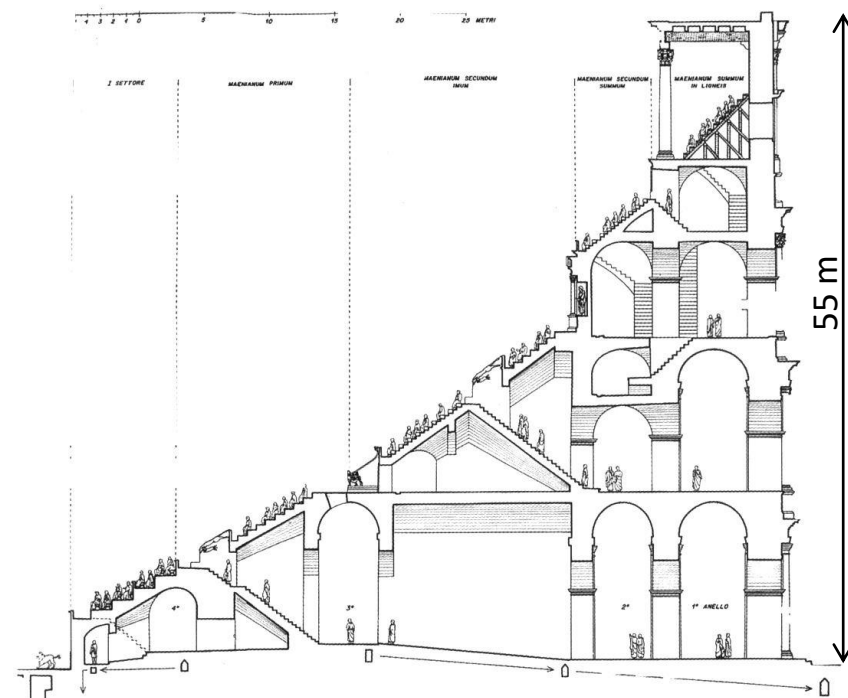
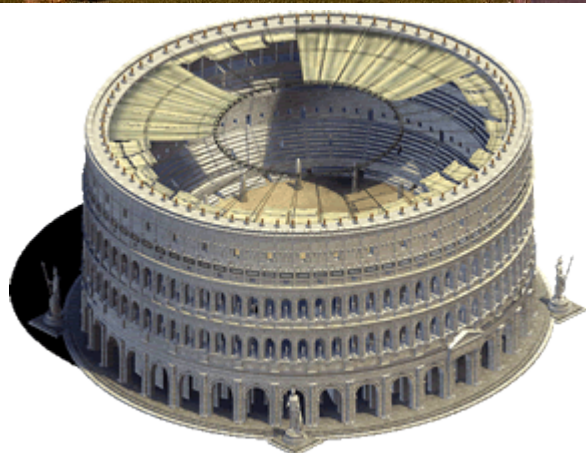


## The History of Concrete / Istoria betonului

Sursa: www. wikipedia.org

70 – 80 AD

Romanii → ciment numit pozzolana din Pozzuoli (Italia, lângă muntele Vezuviu) → **vulcanică**  
 - **Colosseum în Roma** → 70-80 AD



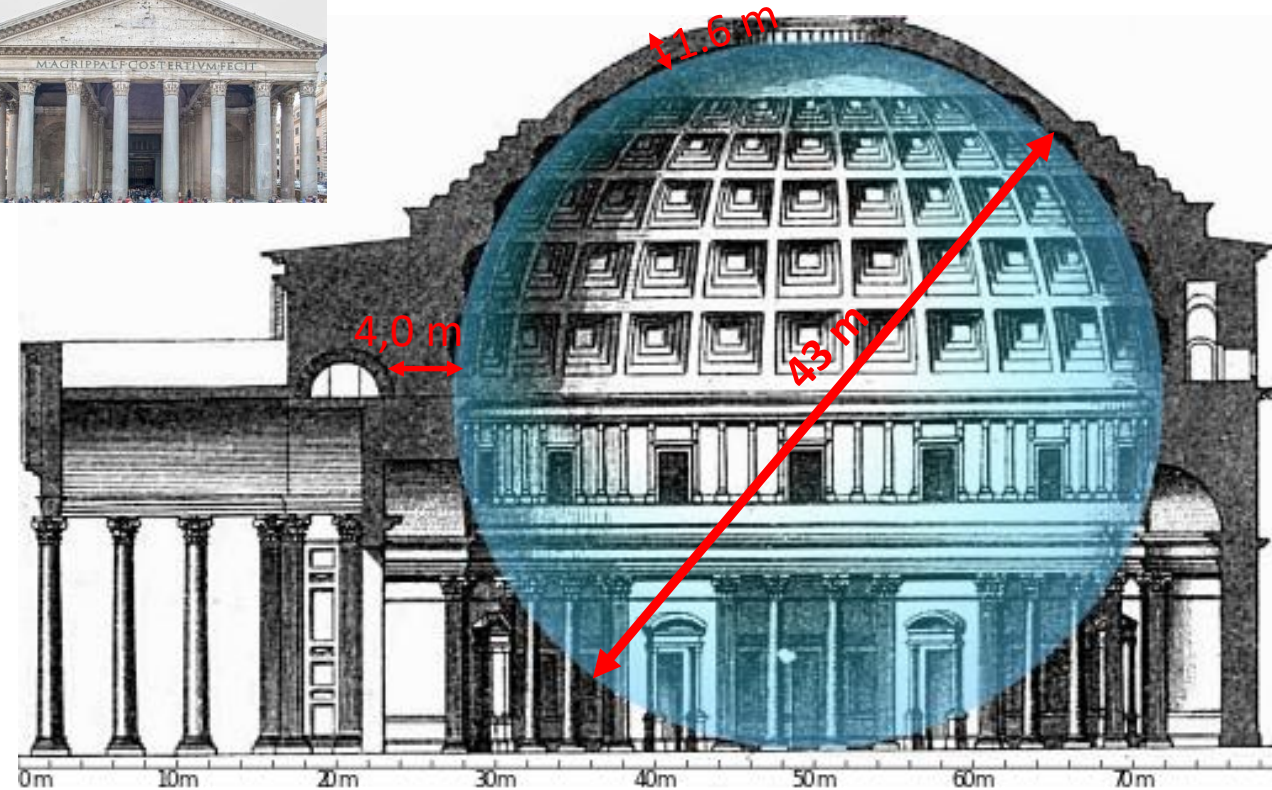
Uriaşul amfiteatru a fost construit de Vespasianus în centrul Romei. În formă de elipsă, cu **axa mare de 186 m**, **axa mică de 150 m**, avea un **perimetru de 520 m** și o **înălțime de 55 m**, oferind locuri pentru aproximativ **50 - 80 mii de spectatori**. **Fundația** pe care a fost construit avea **12 metri grosime**.

## The History of Concrete / Istoria betonului

Sursa: www. wikipedia.org

**118 – 128 AD**

**Romanii** → ciment numit pozzolana din Pozzuoli (Italia, lângă muntele Vezuviu) → **vulcanică**  
 - **Pantheon în Roma**: „templul dedicat tuturor zeilor” comandat de Marcus Agrippa și reconstruit de Hadrian, în aproximativ 126 AD. Este cea mai bine conservată clădire romană și cea mai importantă clădire veche din lume cu acoperișul original intact

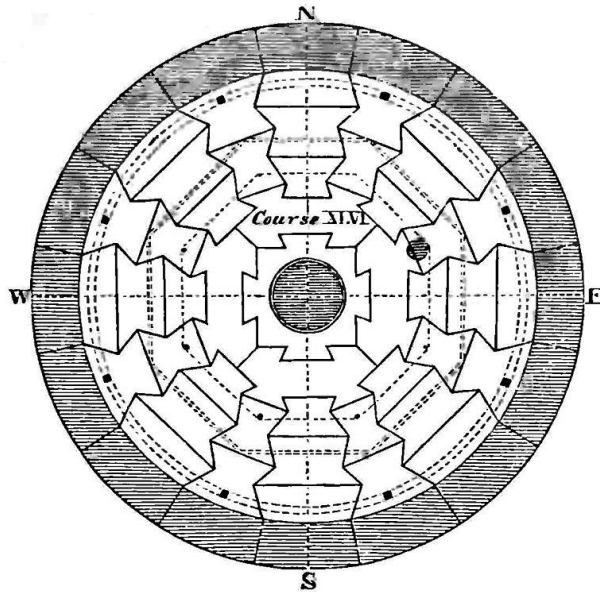


**Până în evul mediu (1200-1500) calitatea mortarelor s-a deteriorat. Utilizarea varului ars și a pozzolan-ului s-a pierdut.**

...

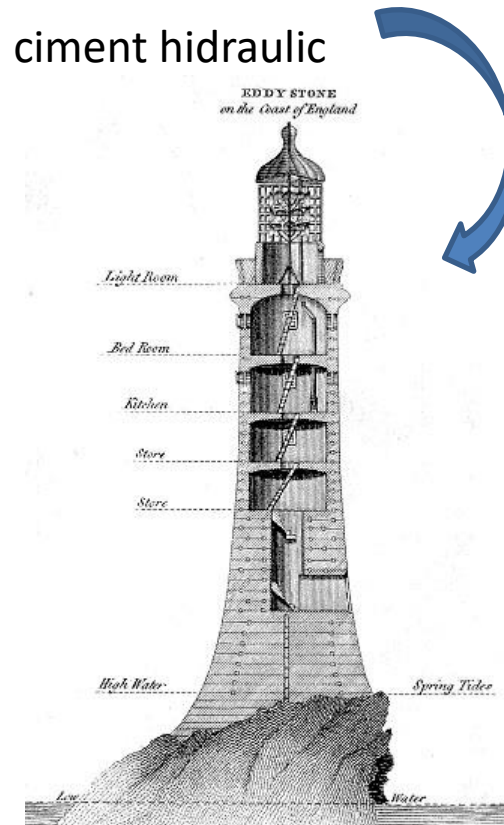
**1779: [Bry Higgins](#) (IRL) patentează cimentul hidraulic (stucco) pentru utilizarea la tencuieli exterioare**

**1759: [John Smeaton](#) (ENG) a reconstruit farul din Eddystone, folosind ciment hidraulic**



PLAN OF THE 16TH COURSE, SHOWING THE METHOD OF DOVETAILING.

Secțiune transversală – metoda de asamblare



## The History of Concrete / Istoria betonului

Sursa: matse1.matse.illinois.edu/concrete

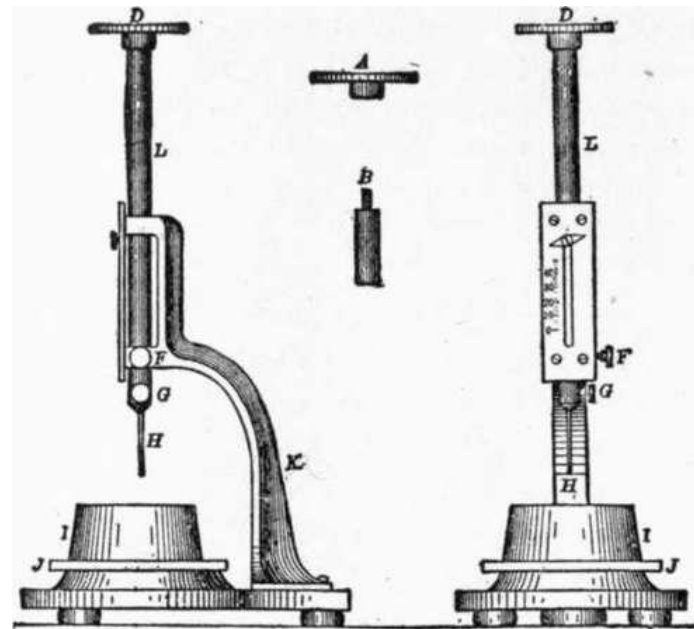
**1796:** [James Parker](#) (ENG) a patentat un ciment hidraulic, numit de ciment Parker sau **ciment Roman**.

**1802:** În Franța se utilizează un proces similar pentru **cimentul Roman**

**1813:** [Louis Vicat](#) (FRA) dezvoltă un pcedeu pentru fabricarea unui liant din calcar și argilă



Portrait de Louis Vicat jeune



**1818:** [Ralph Dodd](#) (ENG) realizează primul brevet referitoare la utilizarea barelor din fier forjat în beton

**1822:** [James Frost](#) (ENG) dezvoltă un procedeu de fabricare pentru ciment hidraulic (similar cu cea lui Vicat), numit Ciment Britanic, care duce ulterior la dezvoltarea cimentului Portland.

**1824:** [Joseph Aspdin](#) (ENG) descoperă și patentează **cimentul "Portland"**. Denumirea provine din asemănările sale cu piatra Portland, o piatră de construcție extrasă pe insula Portland în Dorset, Anglia.

*"Aspdin called the product Portland cement because set mortar made from it resembled "the best Portland stone". Portland stone was the most prestigious building stone in use in England at the time." (wikipedia)*

...

**1836:** Primele teste pe elemente de beton (Germania)

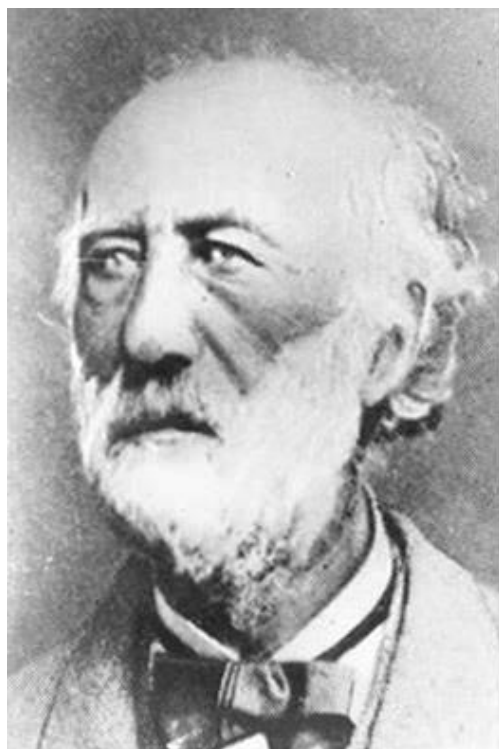
...

## The History of Concrete / Istoria betonului

Sursa: matse1.matse.illinois.edu/concrete

**1848:** [Joseph Louis Lambot](#) (FRA) a fost primul care a folosit armătură în beton (bărci de beton armat cu bare de fier și plasă de sârmă)

...

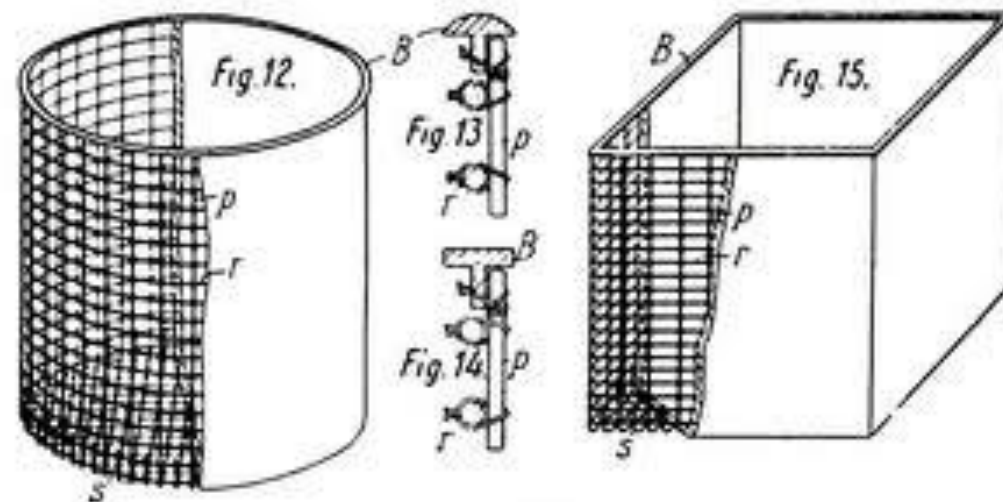
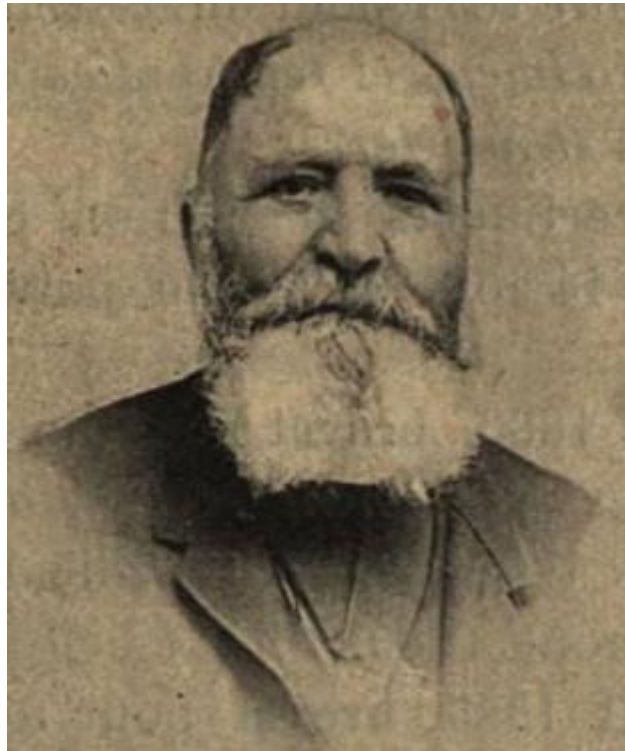


**1850:** Apar primele drumuri din beton în Austria

...

**1867:** [Joseph Monier](#) (FRA), grădinar francez, a patentat lăzi-bazine pentru horticultură. Mai târziu el a patentat și proiectarea stâlpilor și grinzilor din beton armat.

→ **el este cel care descoperă perspectivele reale ale tehnologiei**



Lăzi-bazine pentru horticultură

(www.beton.org)

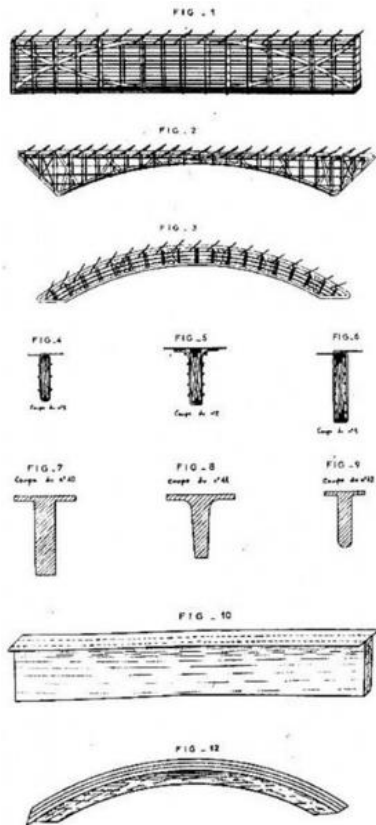


## The History of Concrete / Istoria betonului

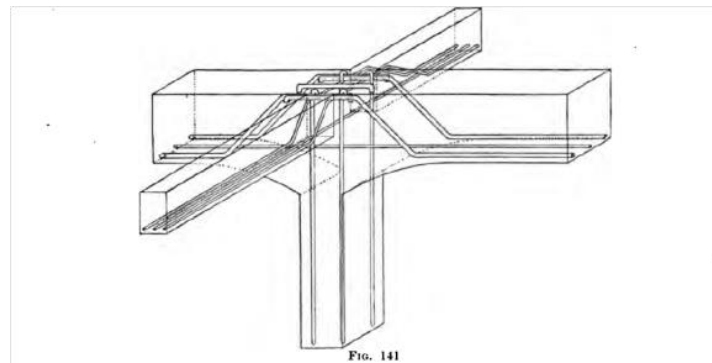
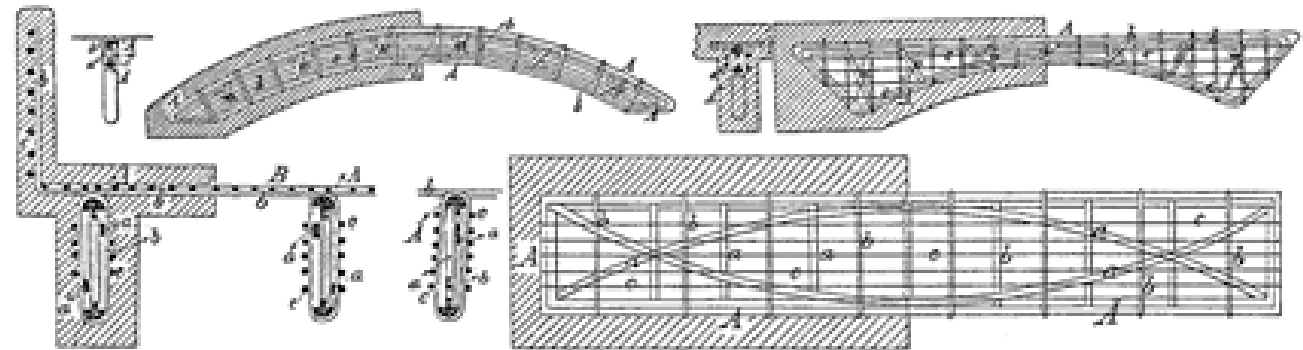
Sursa: matse1.matse.illinois.edu/concrete + wikipedia

**1867: Joseph Monier (FRA)**, grădinar francez, a patentat lăzi-bazine pentru horticultură. Mai târziu el a patentat și proiectarea stâlpilor și grinzilor din beton armat.

→ el este cel care descoperă perspectivele reale ale tehnologiei



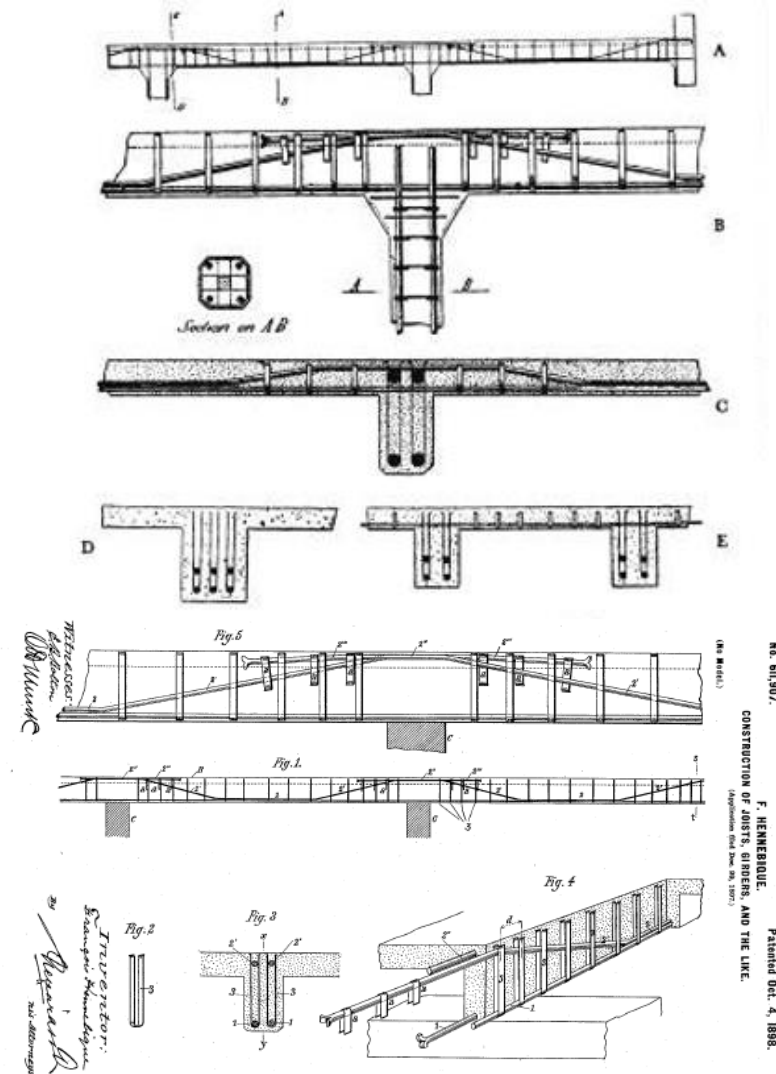
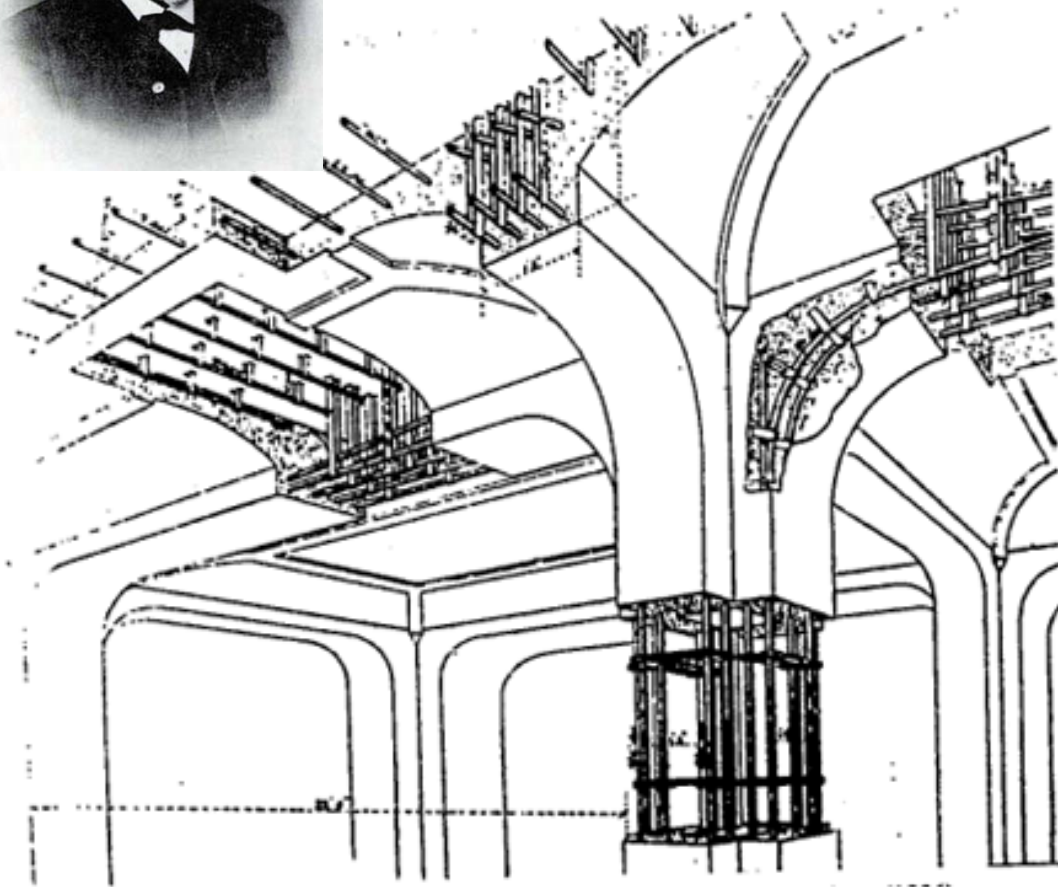
## Patentul Podului din ciment armat cu fier - 1873



## The History of Concrete / Istoria betonului

Sursa: matse1.matse.illinois.edu/concrete + wikipedia

1870: [Francois Hennebique](#) (FRA) patentează un sistem complex de armare



No. 611,907.  
F. HENNEBIQUE.  
CONSTRUCTION OF JOISTS, GIRDERS, AND THE LIKE.  
Patented Oct. 4, 1898.  
Application filed Dec. 26, 1893.

## The History of Concrete / Istoria betonului

Sursa: matse1.matse.illinois.edu/concrete + wikipedia

**1885:** [Emil Mörsch](#) (GER) *efectuează teste și studiază elementele de beton armat. Dezvoltă o metodă pentru calculul capacității portante unei secțiuni de beton armat, apoi studiază problematica forței tăietoare și a betonului precomprimat.*

...



FIG. 131.—Beam I, 3 rods 18 mm. diameter, breaking load, 25.7 t. (27.3 tons).

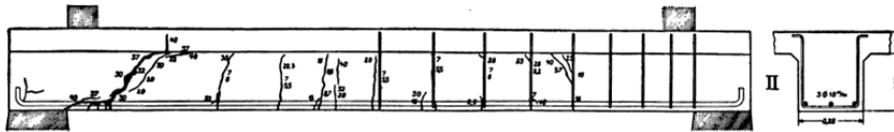


FIG. 132.—Beam II, 3 rods 18 mm. diameter, breaking load 40.0 t. (44 tons).

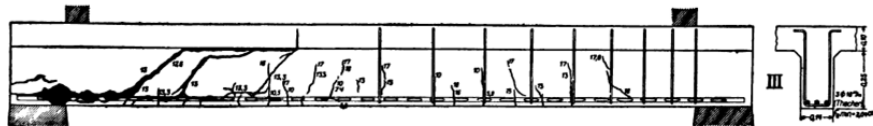


FIG. 133.—Beam III, 3 Thacher rods, breaking load 19.5 t. (21.5 tons).

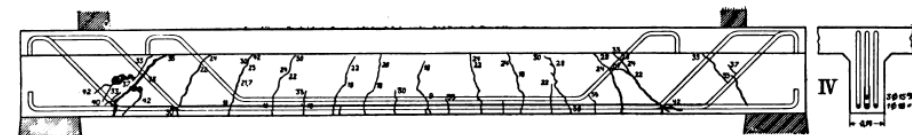


FIG. 147.—Beam IV, breaking load 42 t. (46.2 tons).

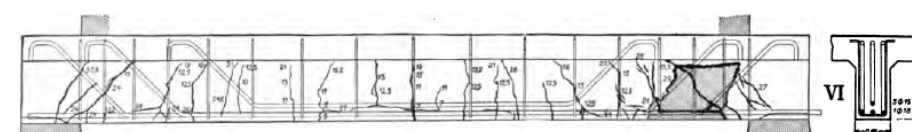


FIG. 148.—Beam VI, breaking load 37.8 t. (41.5 tons).

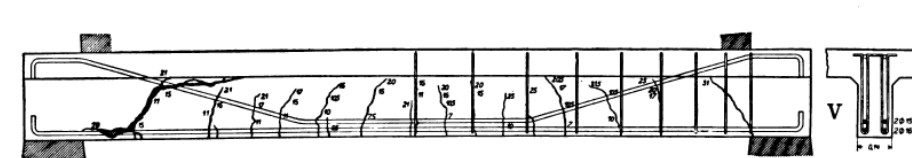


FIG. 149.—Beam V, breaking load 31 t. (34.1 tons).

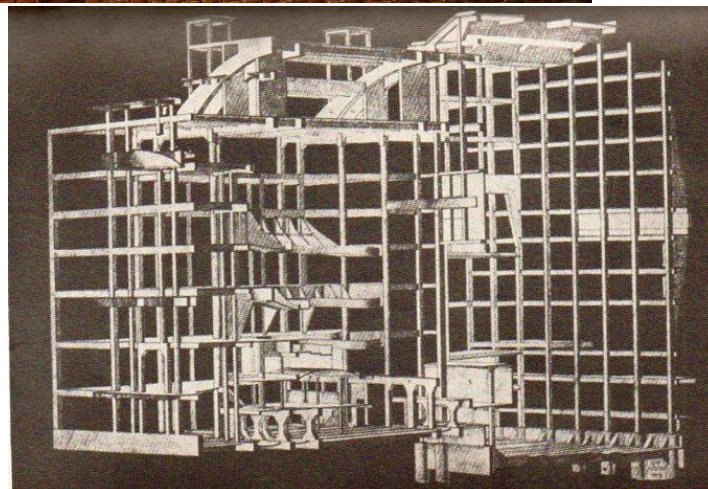
# The History of Concrete / Istoria betonului

Sursa: matse1.matse.illinois.edu/concrete + wikipedia

...

1903: Realizarea primelor construcții înalte (16 etaje) din beton (Cincinnati, OH)

1903: Teatrul Champs Elysee în Paris.



...

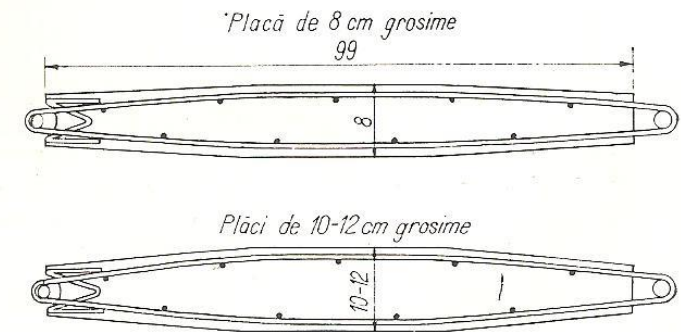
# The History of Concrete / Istoria betonului

## Silozuri de cereale din beton prefabricat

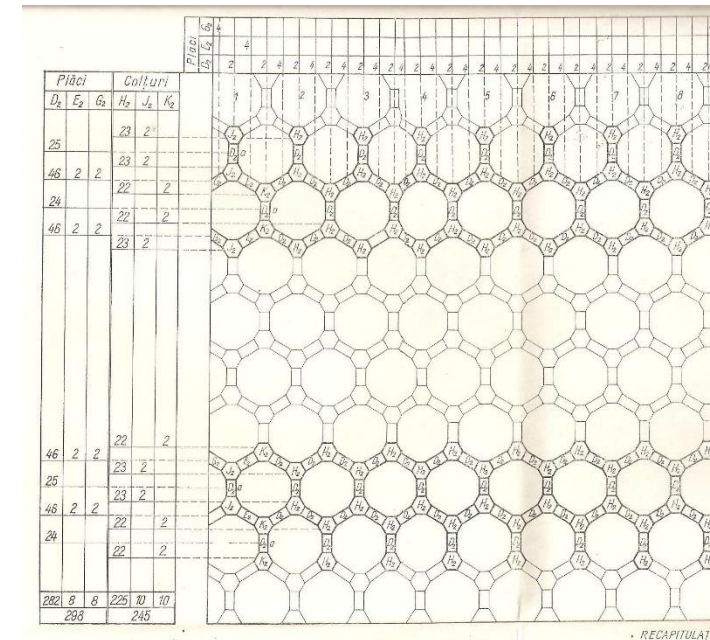
Brăila & Galați (1884 -1889)

Constanța (1906)

Anghel Saligny  
(1854 -1925)



precast units for silos in Constanța



the lay-out of precast elements

## The History of Concrete / Istoria betonului

Sursa: matse1.matse.illinois.edu/concrete + wikipedia

**1909:** Realizarea Podului Decebal (Parkgassenbrücke / Liget úti híd)

**Cel mai lung pod cu grinzi de b. a. din lume**

- 195 m x 9 m

- premiu la Expoziția din Paris (1910)



1909: Realizarea Podului Mihai Viteazul (Mühlenplatzbrücke / Malom téri híd)



## The History of Concrete / Istoria betonului

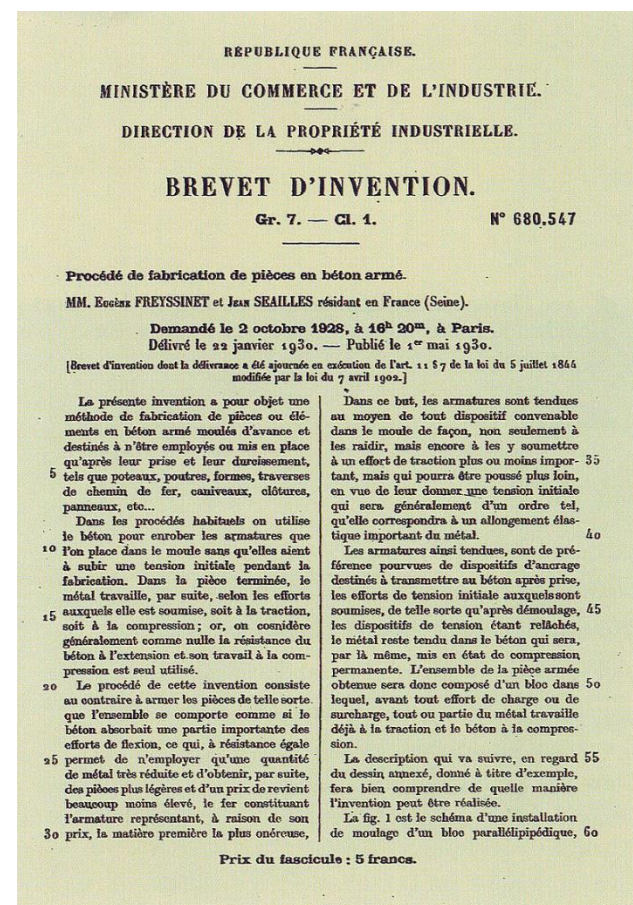
Sursa: matse1.matse.illinois.edu/concrete + wikipedia

...

1919: Primul patent pentru pomparea betonului.

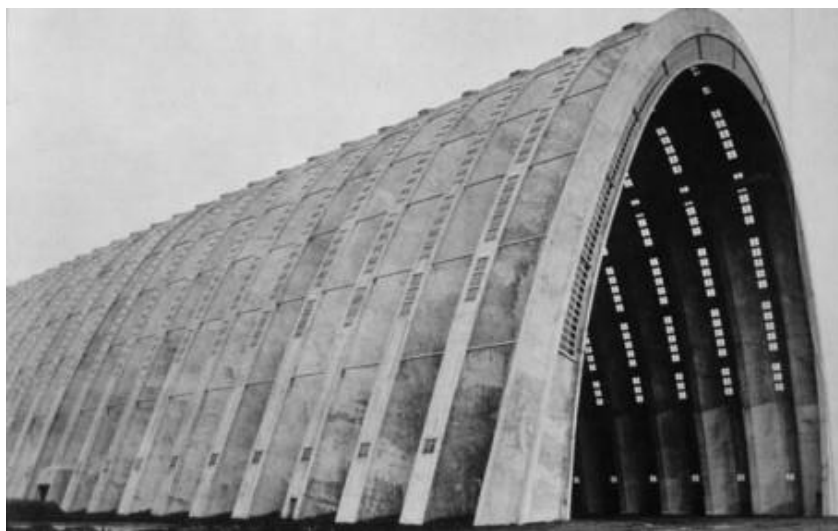
...

**1927: Eugène Freyssinet (FRA) a creat betonul precomprimat, folosind oțel de calitate superioară.**





**1927: Eugène Freyssinet (FRA) a creat betonul precomprimat, folosind oțel de calitate superioară.**



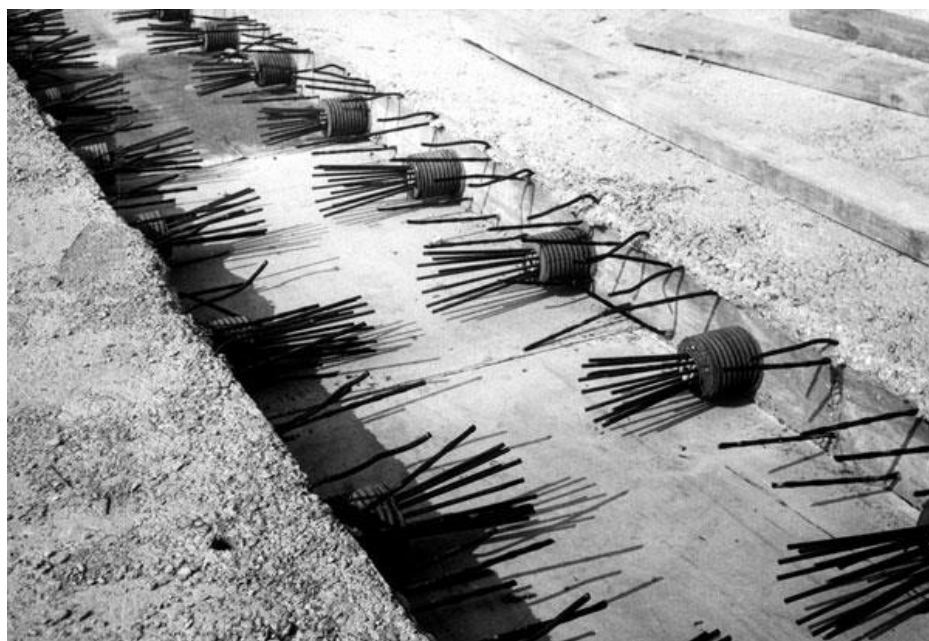
Hangar de avioane – Orly (FRA)  
(1923)



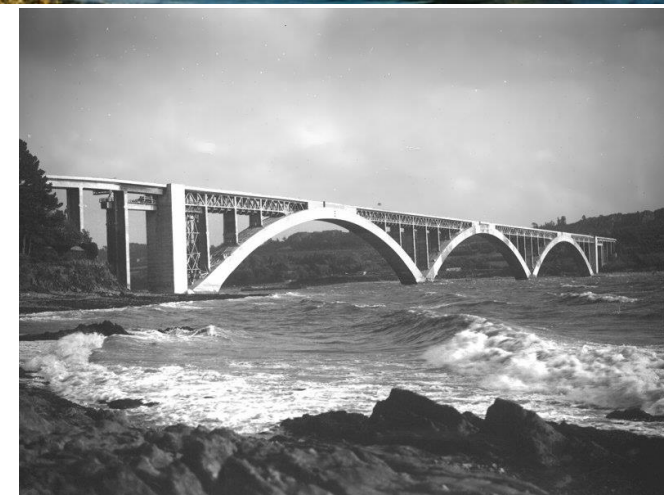
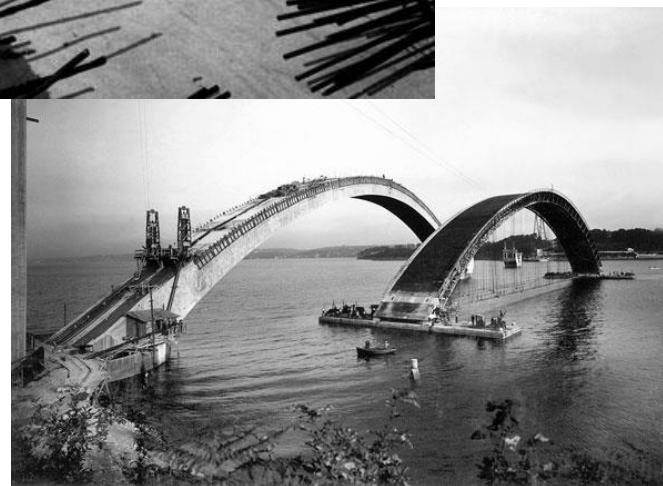
## The History of Concrete / Istoria betonului

Sursa: matse1.matse.illinois.edu/concrete + wikipedia

**1927: Eugène Freyssinet (FRA) a creat betonul precomprimat, folosind oțel de calitate superioară.**



Pont Albert-Louppe  
(1930)



**1927: Eugène Freyssinet (FRA) a creat betonul precomprimat, folosind oțel de calitate superioară.**

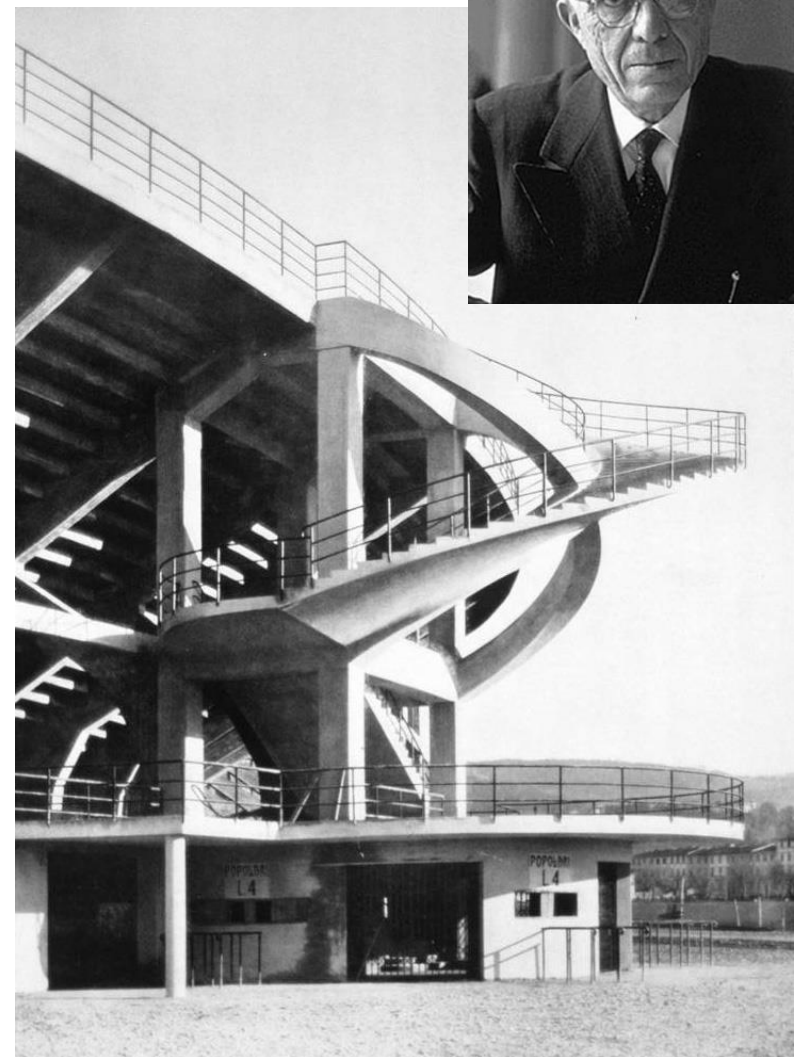
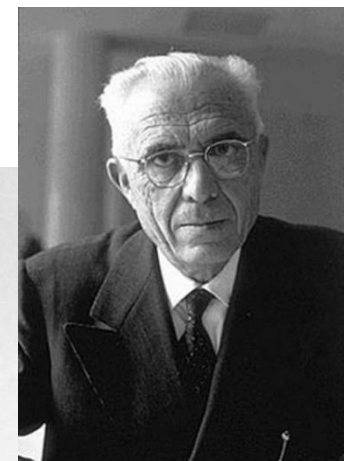


Pont Saint-Michel (Toulouse)  
(1957)

# The History of Concrete / Istoria betonului

Sursa: <http://en.structurae.de> + wikipedia

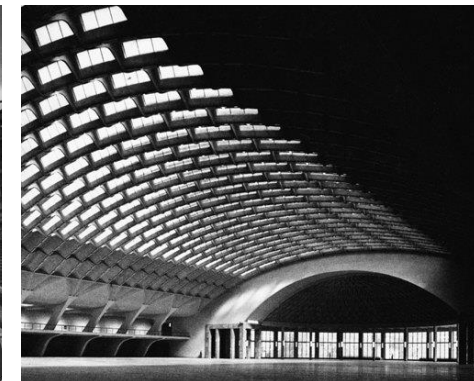
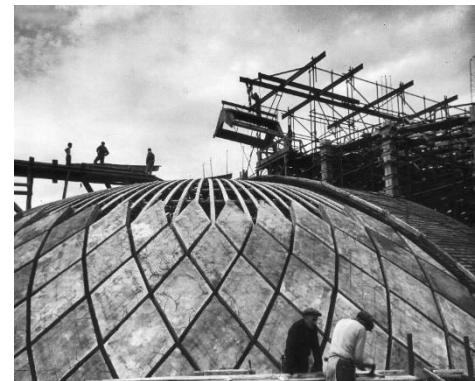
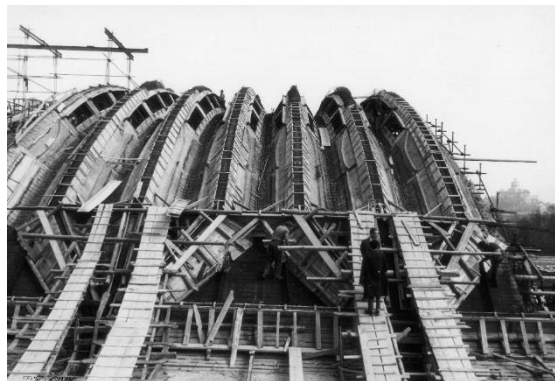
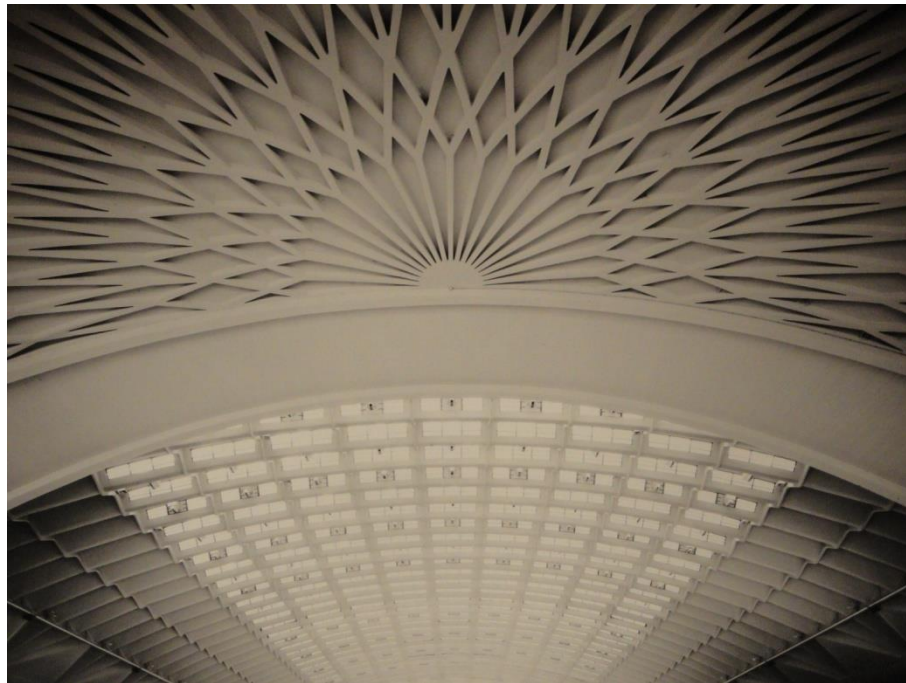
1932: [Pier Luigi Nervi](#): Stadio Artemio Franchi Florence, Italy



# The History of Concrete / Istoria betonului

Sursa: matse1.matse.illinois.edu/concrete + wikipedia

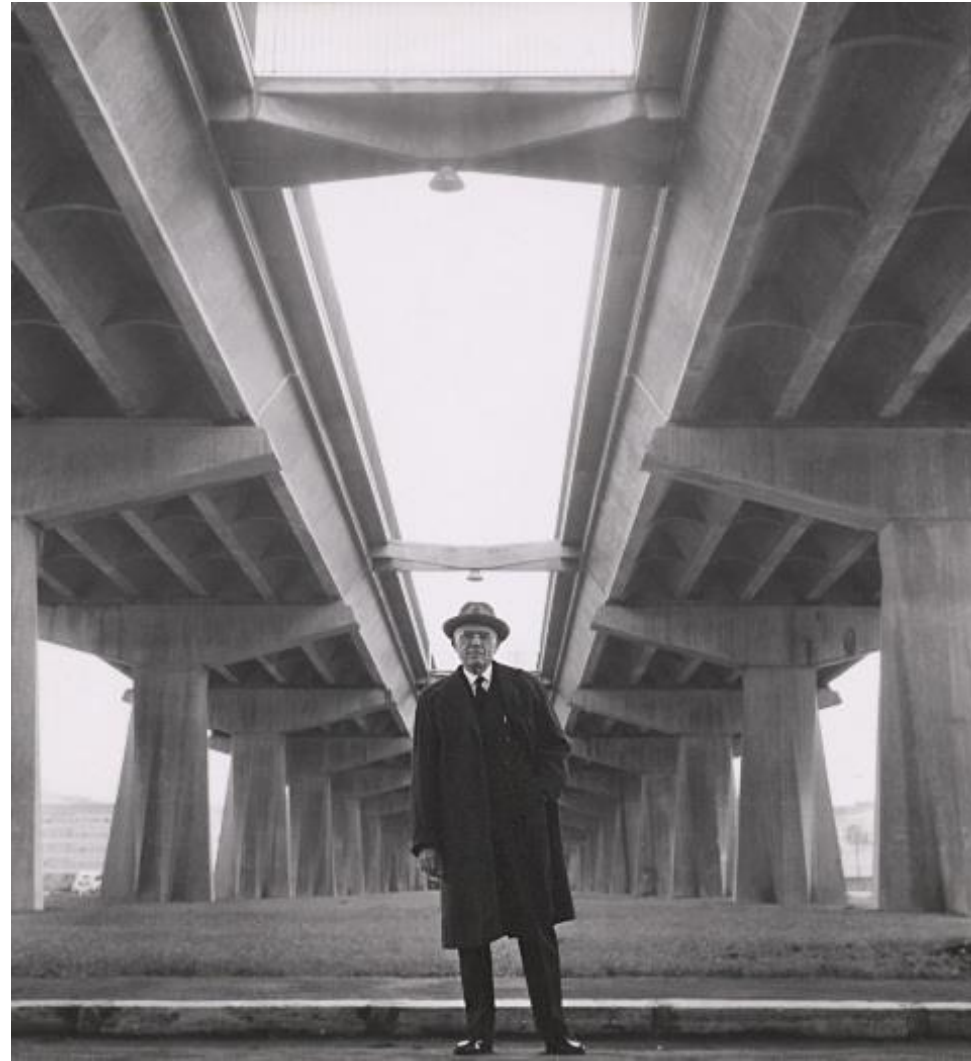
1948: [Pier Luigi Nervi](#) - Palazzo delle Esposizioni, Torino



# The History of Concrete / Istoria betonului

Sursa: matse1.matse.illinois.edu/concrete + wikipedia

1958: [Pier Luigi Nervi](#) - Viadotto Corso Francia



## The History of Concrete / Istoria betonului

Sursa: <http://en.structurae.de> + wikipedia

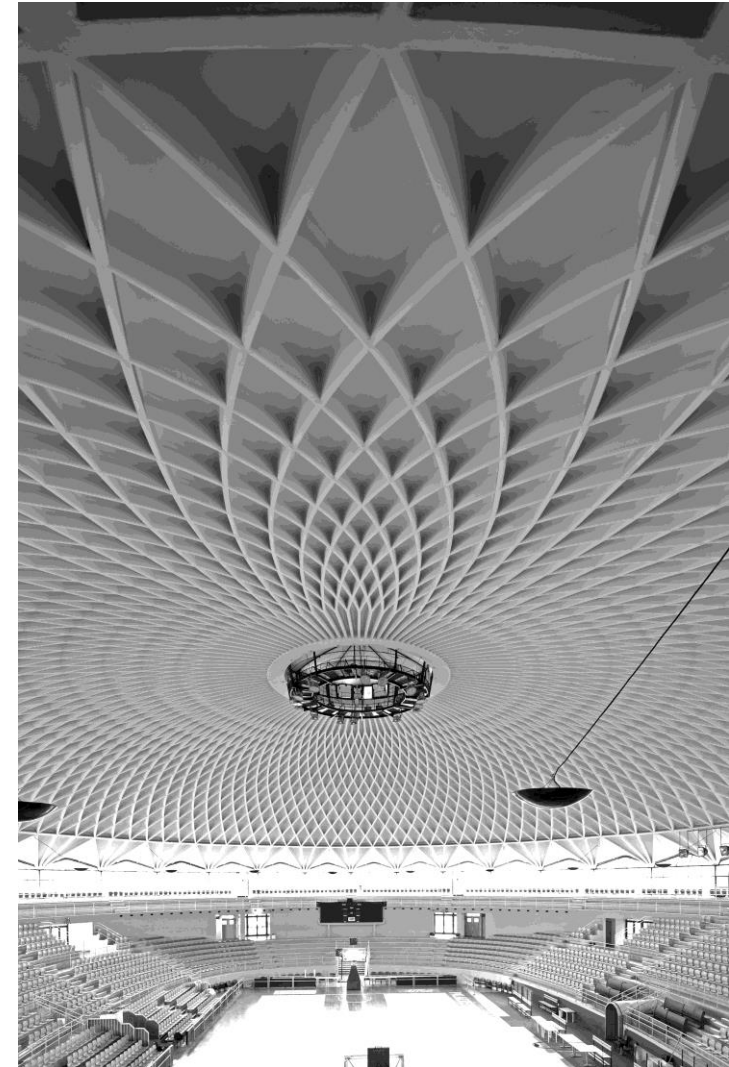
1959: Pier Luigi Nervi - Palazzo del Lavoro, Torino



# The History of Concrete / Istoria betonului

Sursa: <http://en.structurae.de> + wikipedia

1960: Pier Luigi Nervi - Palazzetto dello Sport, Roma

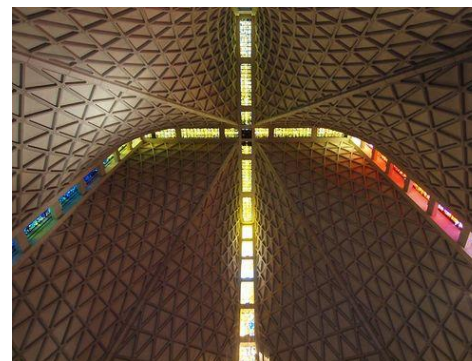
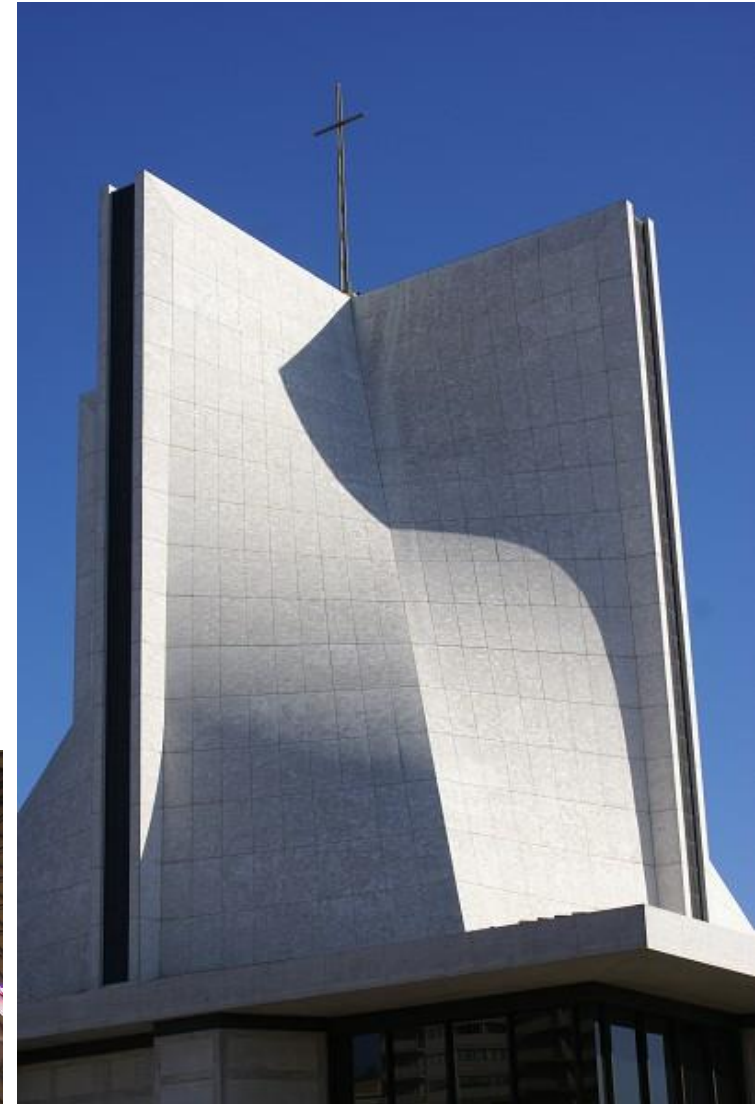




1969: Pier Luigi Nervi: Italy Embassy of Italy in Brasilia



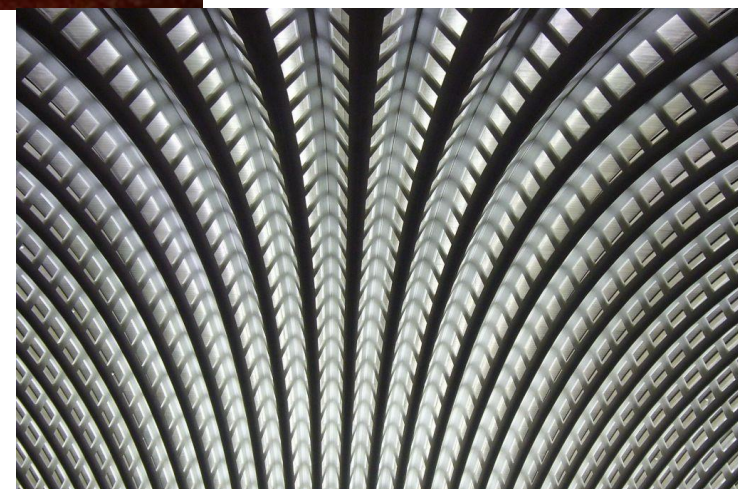
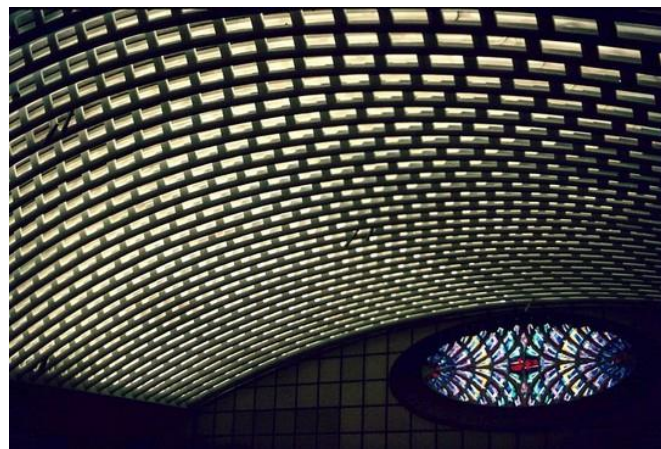
1971: Pier Luigi Nervi: Cathedral of Saint Mary of the Assumption, San Francisco



# The History of Concrete / Istoria betonului

Sursa: <http://en.structurae.de> + wikipedia

1971: Pier Luigi Nervi: Città del Vaticano



1931: Barajul Hoover, USA



baraj gravitațional, construit în 5 ani



lungime de 379 m și înălțime de 221 m

1933: Barajul Grand Coulee, USA



baraj gravitațional, construit în 9 ani



lungime de 1592 m și înălțime de 168 m

1931: Barajul Hoover, USA

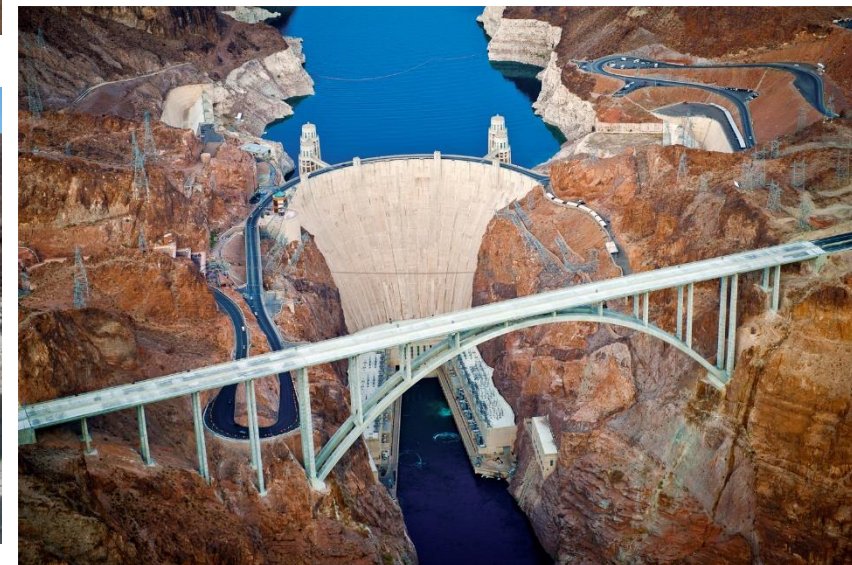


baraj gravitațional, construit în 5 ani



lungime de 379 m și înălțime de 221 m

Mike O'Callaghan–Pat Tillman Memorial Bridge (2010)

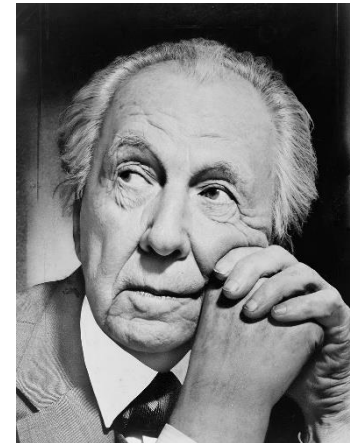


579 m

# The History of Concrete / Istoria betonului

Sursa: <http://en.structurae.de> + wikipedia

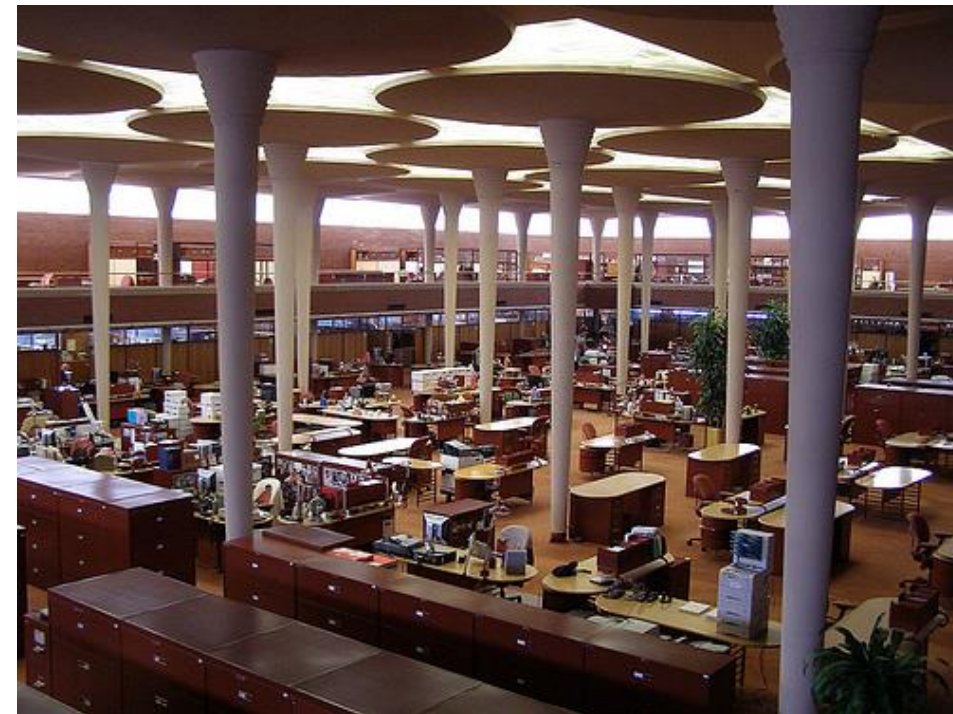
1936: [Frank Lloyd Wright](#) – arhitectură organică



Fallingwater house



Guggenheim Museum, NY

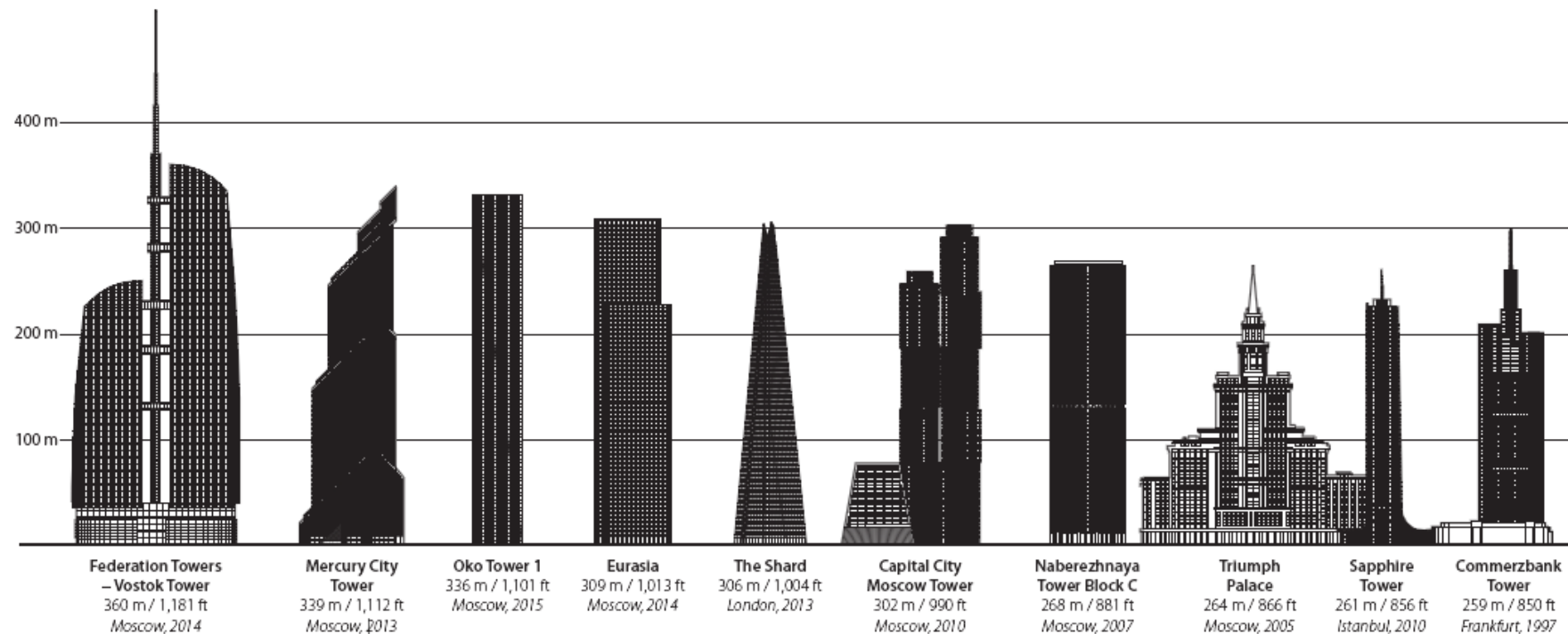


Johnson Wax Headquarters – clădire birouri

## Zilele noastre - Europa

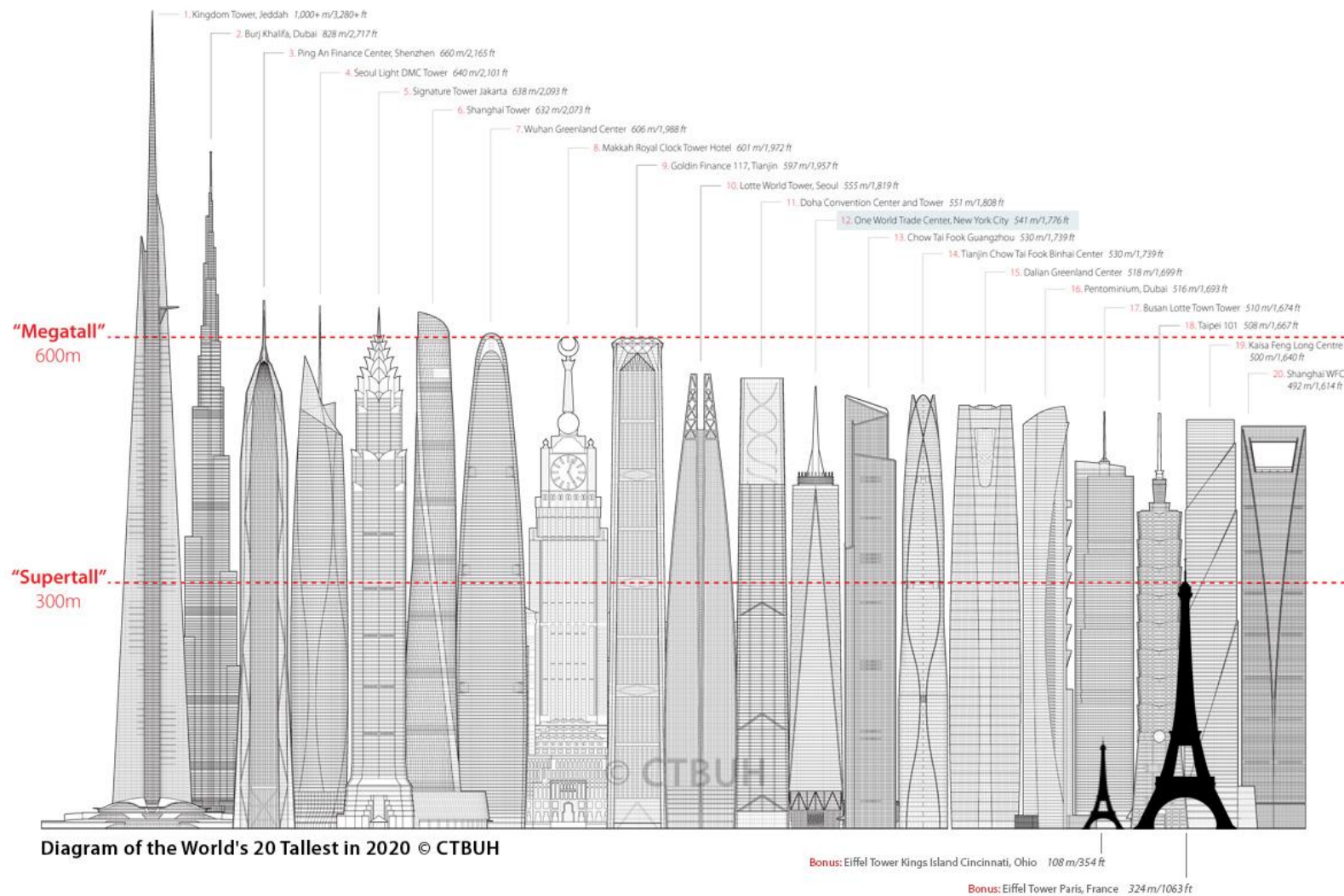
## Europe's Future Tallest Ten: 2015

Tallest: 360 meters Average Height: 300 meters



(CTBUH Journal, 2013)

## Zilele noastre – în lume



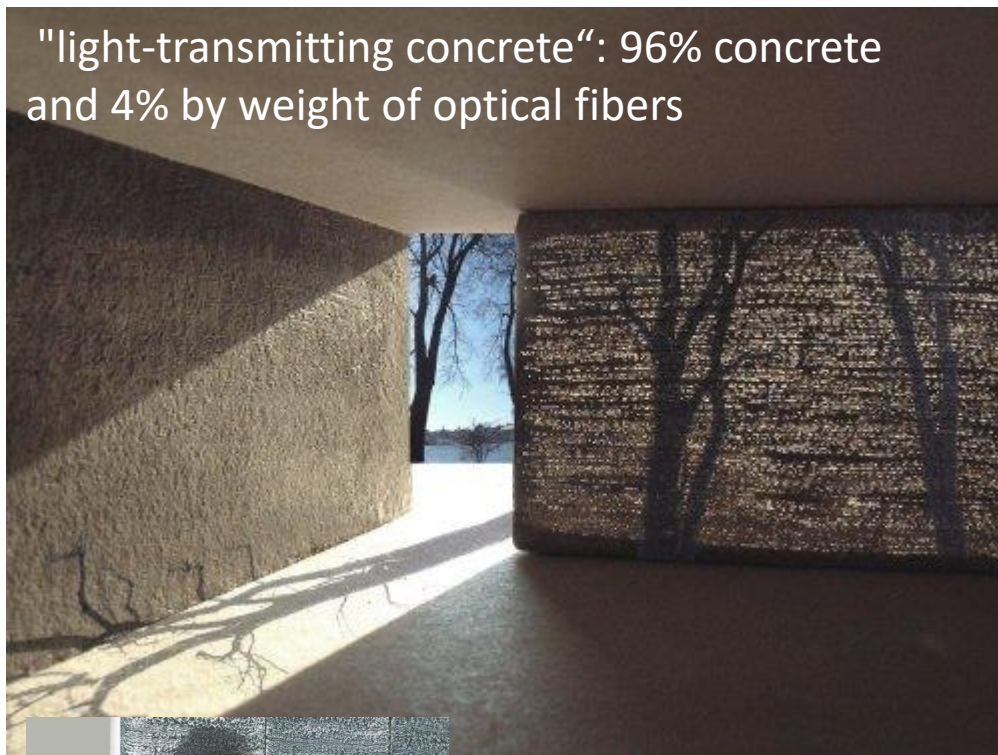


## The History of Concrete / Istoria betonului

Sursa: <http://en.structurae.de> + wikipedia

Zilele noastre

"light-transmitting concrete": 96% concrete  
and 4% by weight of optical fibers



2010, Burj Khalifa – Dubai (829.8 m)

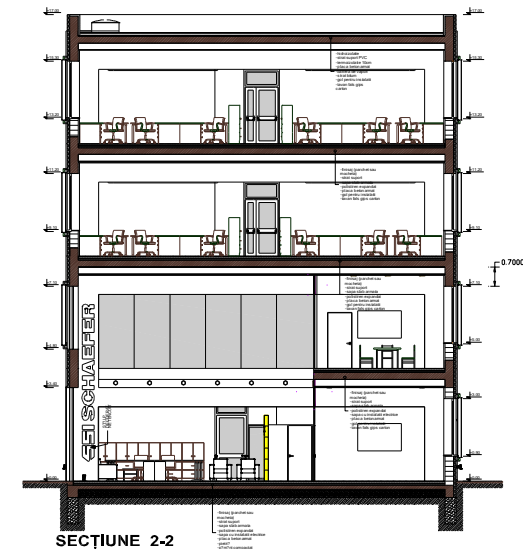
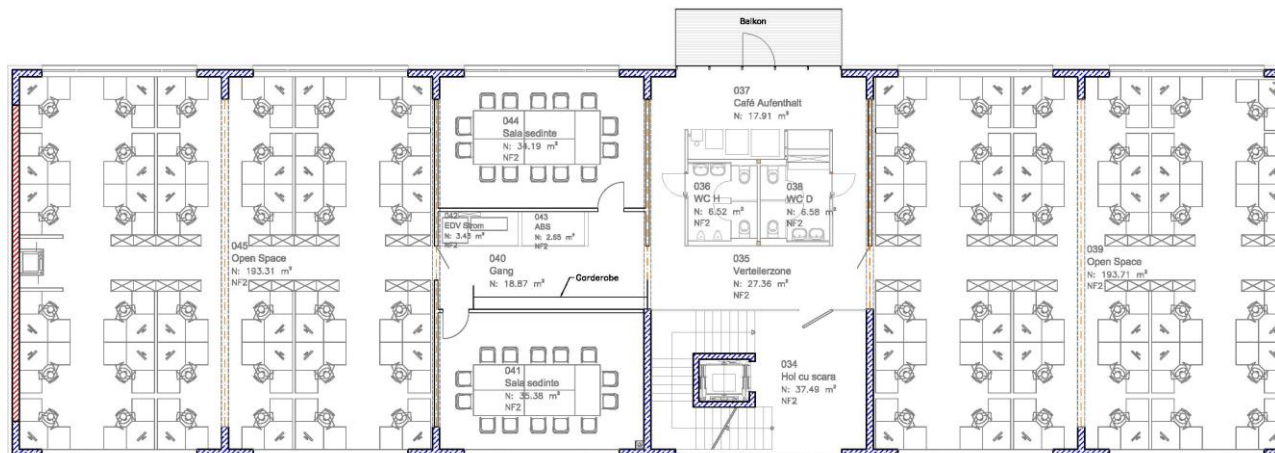


construit în 5 ani din 1.5 miliarde \$

# Elements of a RC building / Elementele unei structuri de beton armat

## Arhitectură

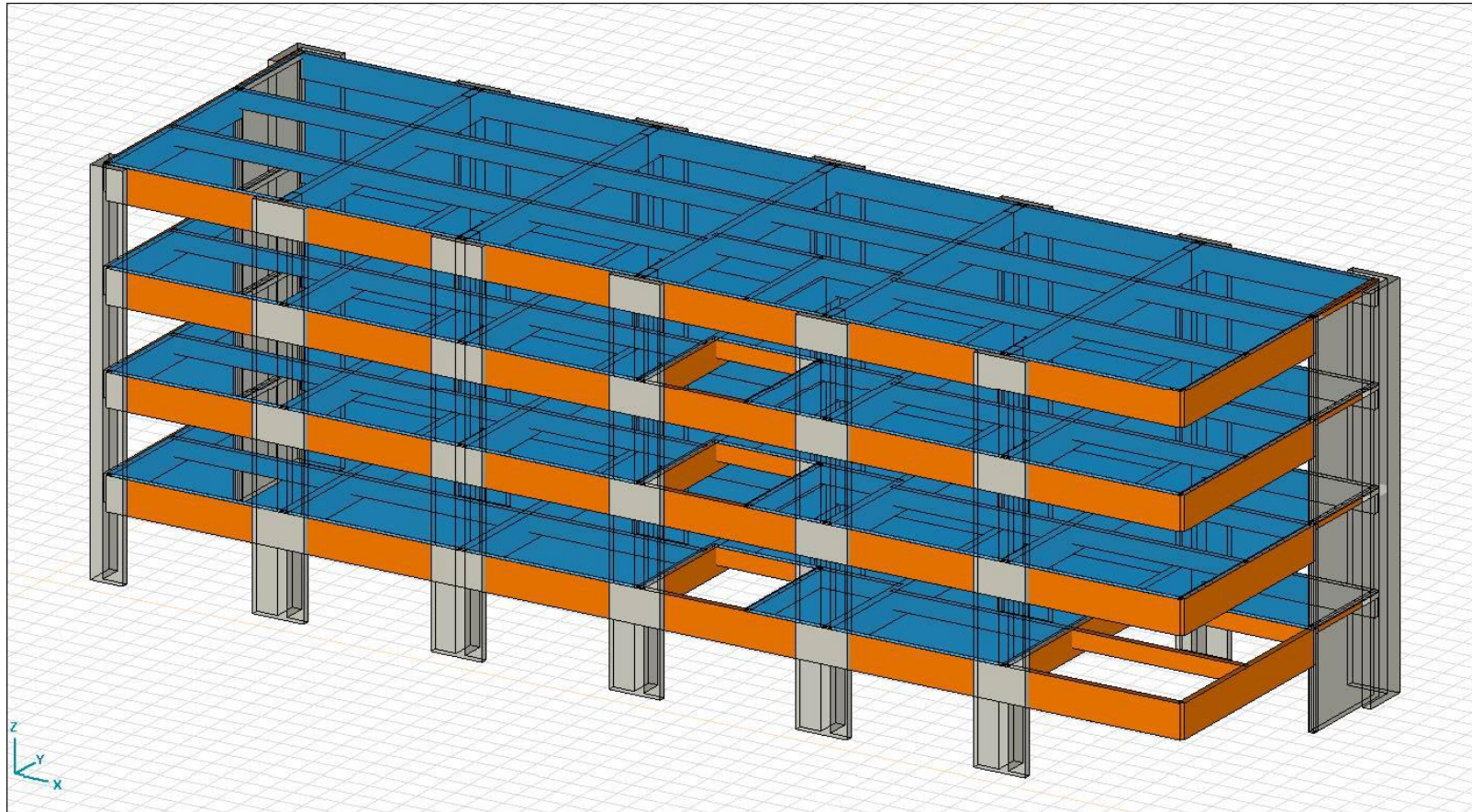
- concept → estetică + funcționalitate
- bazat pe imaginație + cerințe de funcționalitate



## Elements of a RC building / Elementele unei structuri de beton armat

Inginerie

- dimensionare → siguranță + economie
- bazat pe calcule și coduri de proiectare

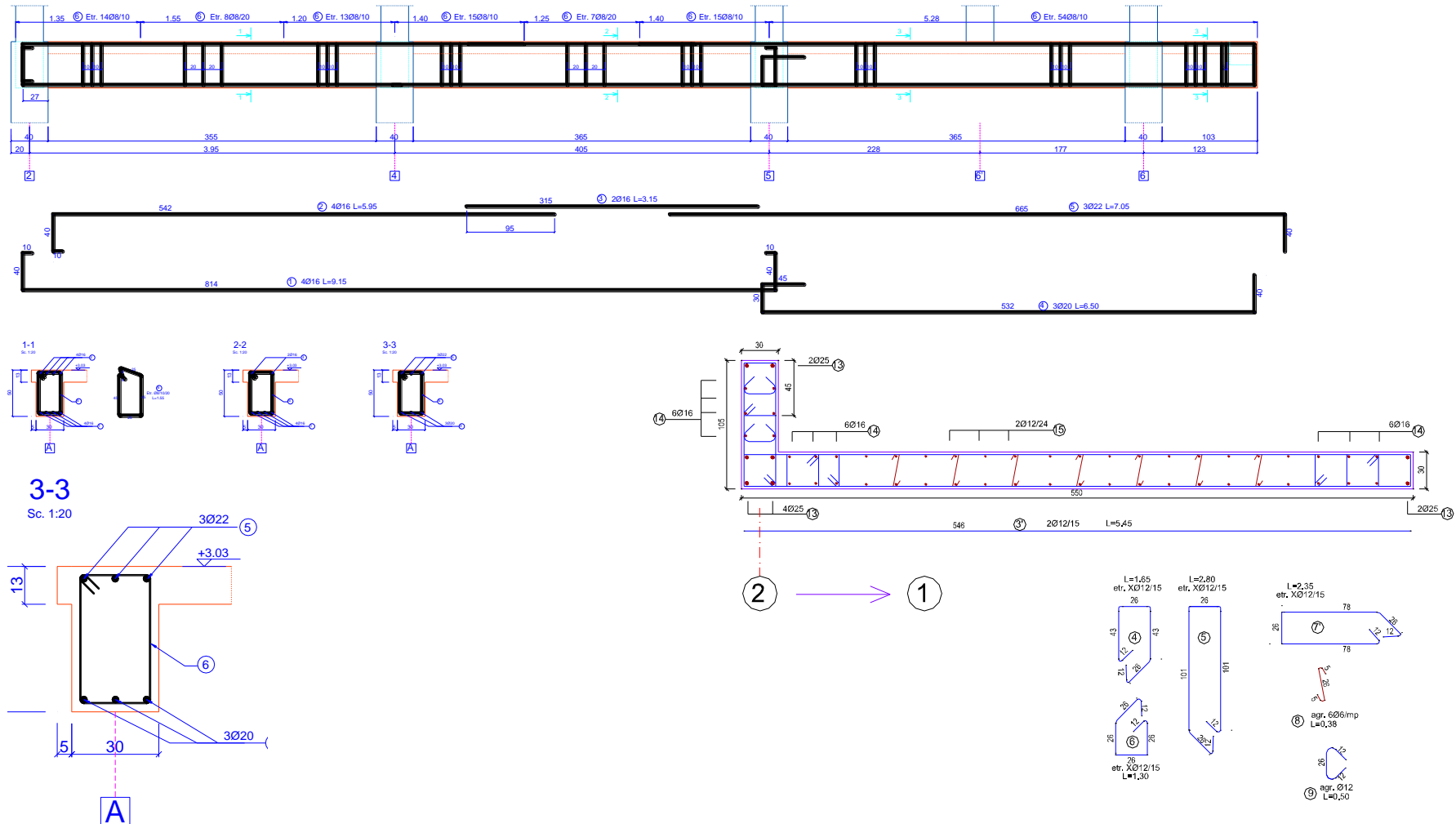


## Elements of a RC building / Elementele unei structuri de beton armat

Inginerie

- alcătuirea, pe baza calculelor și prevederilor din coduri de proiectare

ARMARE GRINZI G A-1 (30x50cm)  
COTA +3.03  
Sc 1:50



## Component materials / Materiale componente

**Betonul** este un material mixt, un amestec de:

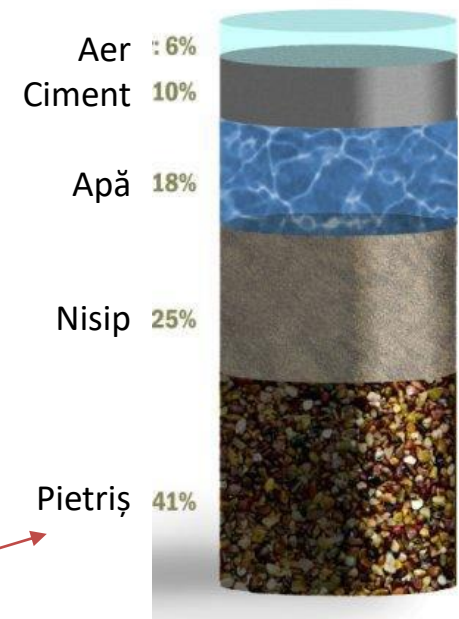
- agregate
- ciment
- apă
- aditivi
- adaosuri

*Obs:*

- Agregatele mari oferă densitate și asigură rezistența
- Partea fină (nisip) umple golurile dintre agregatele mari și crește rezistența liantului de ciment

**Betonul** este :

- **neomogen** (eterogen)
- anizotrop
- material elasto-plastic



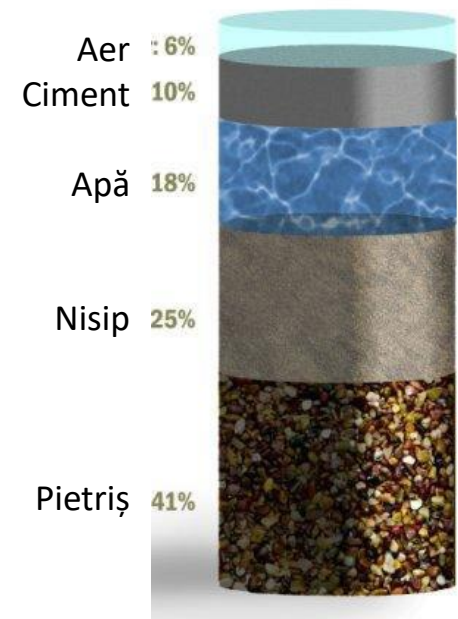
## Component materials / Materiale componente

**Betonul** este un material mixt, un amestec de:

- agregate
- ciment
- apă
- aditivi
- adaosuri

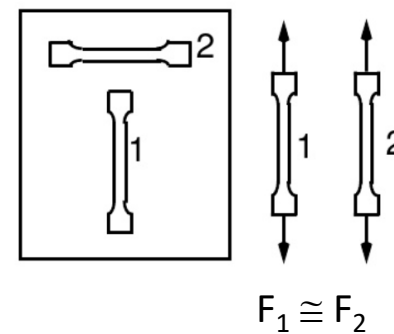
*Obs:*

- Agregatele mari oferă densitate și asigură rezistența
- Partea fină (nisip) umple golurile dintre agregatele mari și crește rezistența liantului de ciment

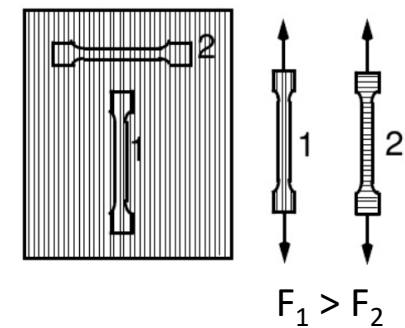


**Betonul** este :

- neomogen
- **anizotrop**
- material elasto-plastic



Isotropic Materials



Anisotropic Materials

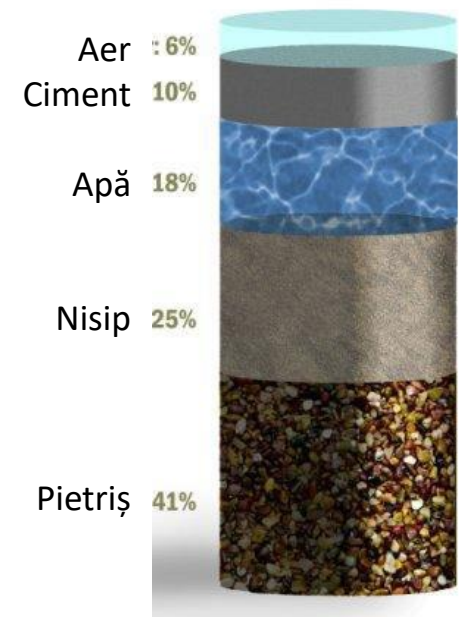
## Component materials / Materiale componente

**Betonul** este un material mixt, un amestec de:

- agregate
- ciment
- apă
- aditivi
- adaosuri

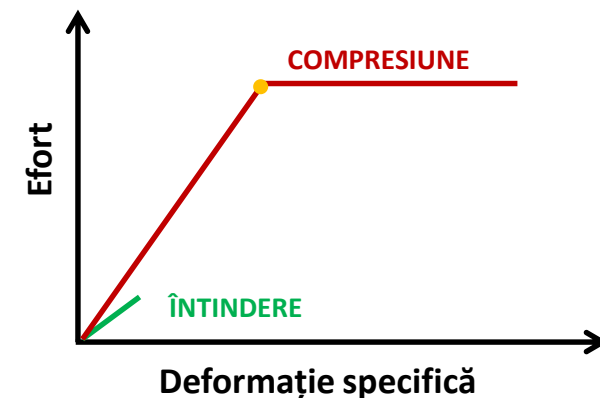
*Obs:*

- Agregatele mari oferă densitate și asigură rezistența
- Partea fină (nisip) umple golurile dintre agregatele mari și crește rezistența liantului de ciment



**Betonul** este :

- neomogen
- **anizotrop**
- material elasto-plastic



## Component materials / Materiale componente

**Betonul** este un material mixt, un amestec de:

- agregate
- ciment
- apă
- aditivi
- adaosuri

*Obs:*

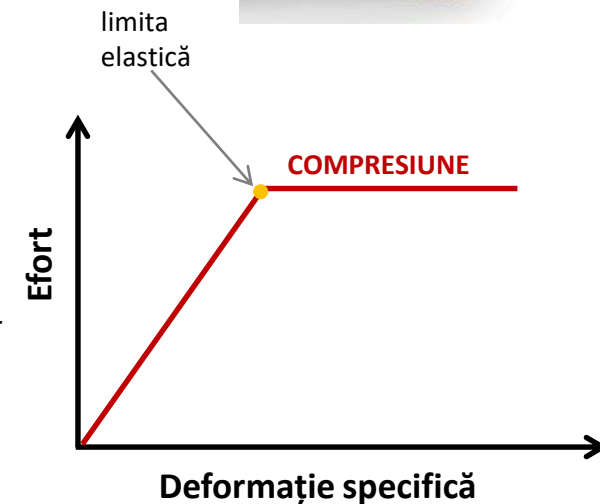
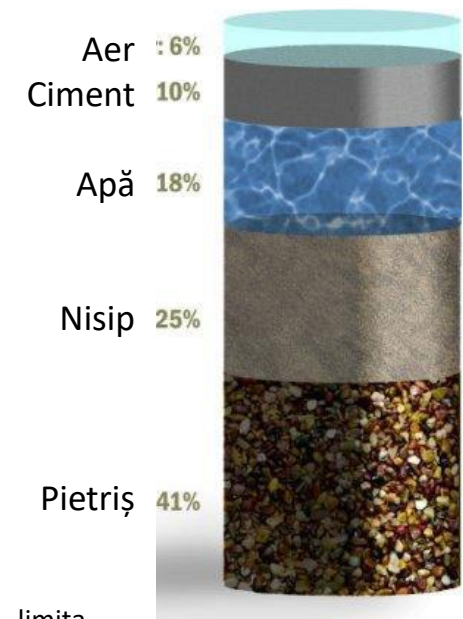
- Agregatele mari oferă densitate și asigură rezistența
- Partea fină (nisip) umple golurile dintre agregatele mari și crește rezistența liantului de ciment

**Betonul este :**

- neomogen
- anizotrop
- **material elasto-plastic**

*Obs:*

- Elasticitate: datorită agregatelor și a pastei de ciment întărit
- Plasticitate: datorită microfisurării
- Viscositate: datorită pastei de ciment neîntărit.  
(rezistență la curgere)





## Behaviour of plain concrete, RC and PC/ Comportarea betonului simplu, BA și BP

**Comportare bună la compresiune:**

- Rezistență relativ mare la compresiune  $f_c = 20 \dots 120 \text{ N/mm}^2$
- Deformație specifică ultimă la compresiune  $\varepsilon_{cu} = 3.5 - 7 \text{ ‰}$ .

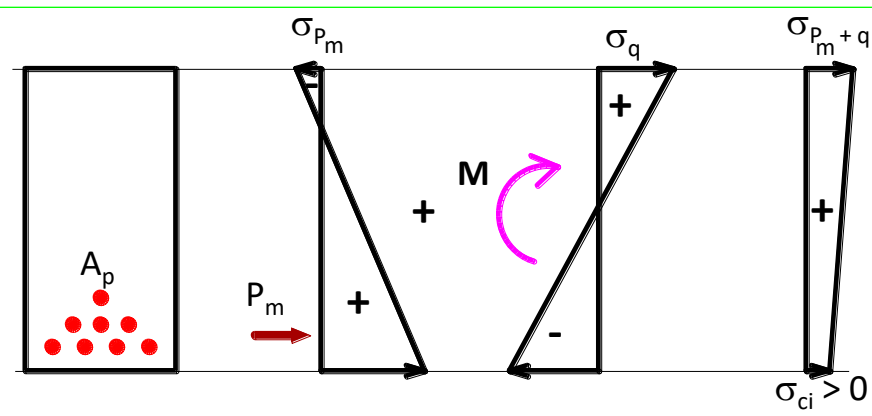
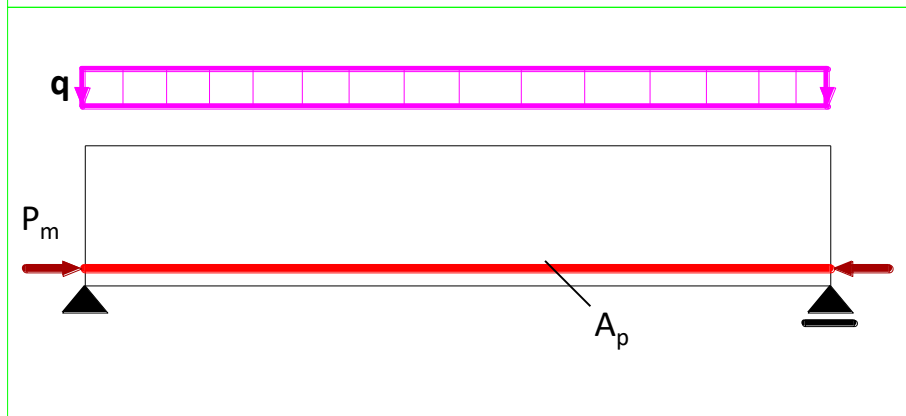
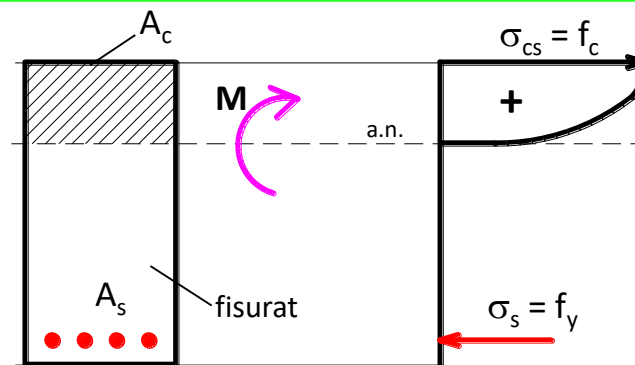
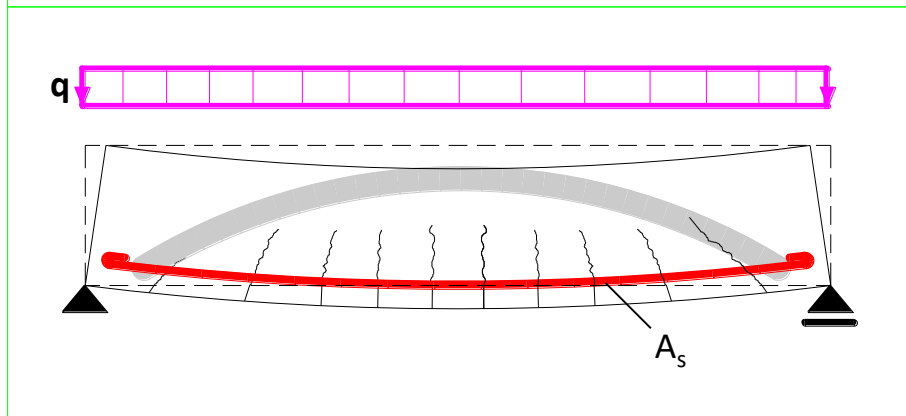
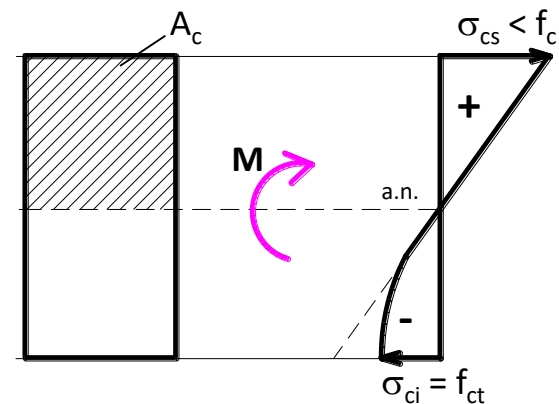
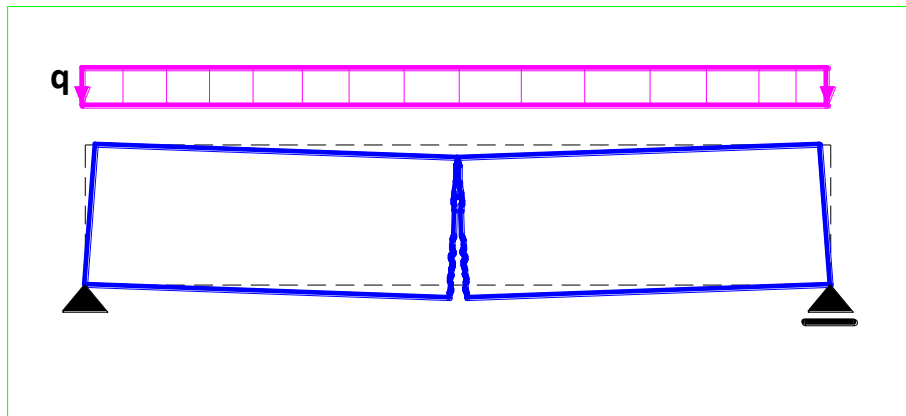
**Comportare slabă la întindere:**

- Rezistență mică la întindere  $f_c / f_{ct} = 10 \dots 20$
- Deformație specifică la întindere  $\varepsilon_{ctu} = 0.1 \dots 0.15 \text{ ‰}$ .

**Betonul narmat (simplu)** poate fi utilizat rațional în structuri în care este supus la compresiune:

- fundații masive
- îmbrăcămînți rutiere, unele construcții hidrotehnice

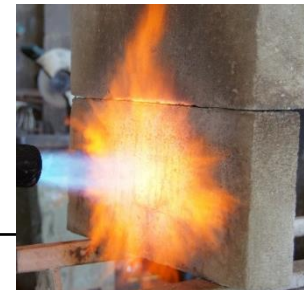
## Behaviour of plain concrete, RC and PC/ Comportarea betonului simplu, BA și BP



## Avantaje

S P  
 R T L V E N I  
 E R E S E V A N  
 C O N C R E T E  
 Y N T I S R U X  
 C G I E A Y R P  
 L F N T W A P E  
 A U C I H L N  
 B L E L E S I  
 E E E R V E

- Investiția de realizare a structurii este relativ scăzută
- Durabilitatea ridicată
- Rezistența mare la foc este
- Diverse forme structurale (*betonul proaspăt ia cu ușurință forma cofrajului*)
- Comportarea bună sub acțiuni exterioare (*rigidității ridicate*)
- Posibilitate de precomprimarea → elemente cu deschideri mari
- Părțile componente ale betonului sunt materialele locale (*sustenabil*)
- Proprietățile betonului se pot realiza în funcție de necesități (*rezistență, durabilitate*)

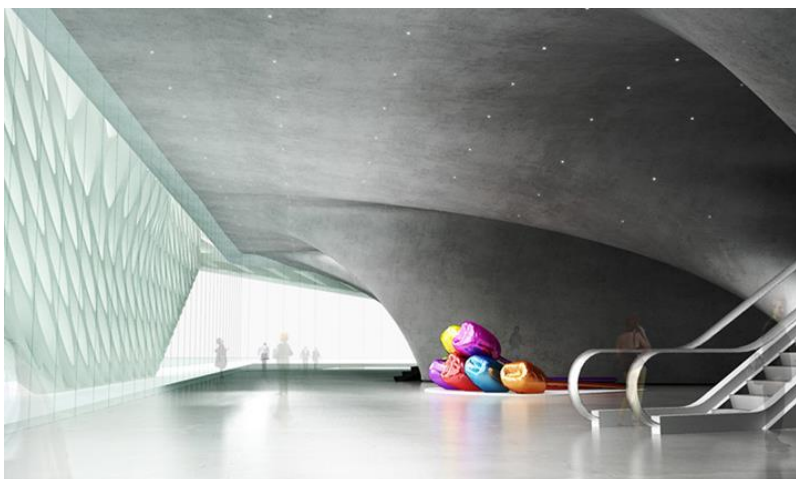


## Neajunsuri

- Rezistență la întindere mică, provoacă fisurarea → armătura se poate coroda în anumite condiții
- Raport masă/rezistență ridicată → nu permite realizarea unor structuri zvelte, cu deschideri mari
- Se poate produce coroziunea în medii agresive, dar și în mediile obișnuite, în anumite situații
- Permeabilitatea, datorită structurii sale poroase → apa poate transporta agenți agresivi, sau poate cauza cicluri de îngheț-dezgheț în masa betonului
- Necesită cofraje și eșafodaje
- Transformările ulterioare sau consolidările sunt greu de făcut și pot avea uneori rezultate incerte
- Demolarea este costisitoare, materialele rezultate din demolare se pot reutiliza doar greu
- Fabricarea cimentului este poluantă

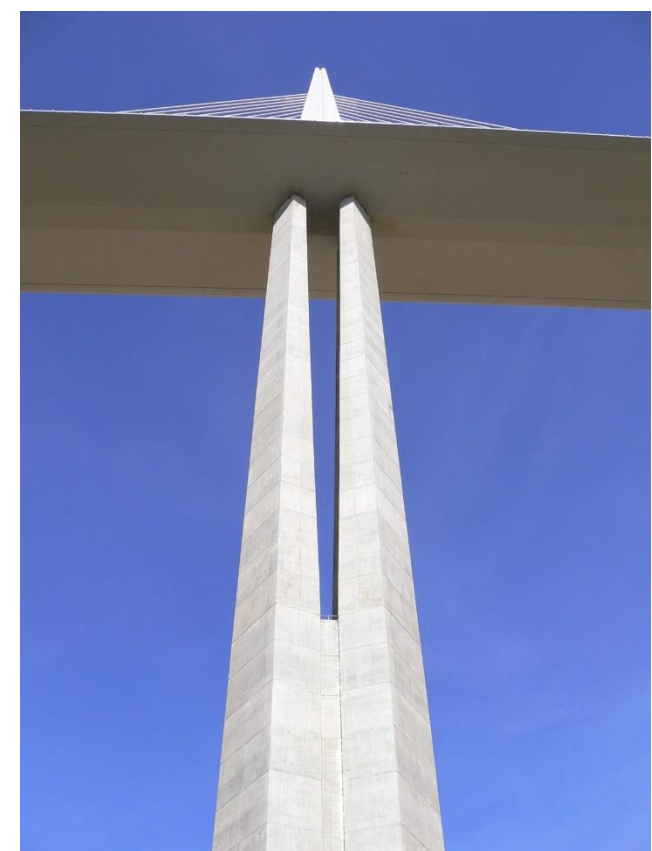
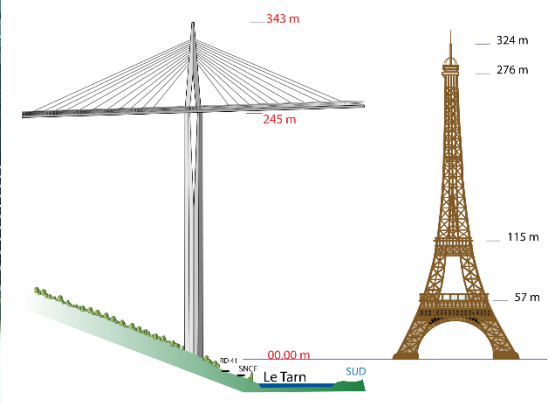
# Reinforced Concrete / Betonul armat

## The Broad Museum, Los Angeles



# Reinforced Concrete / Betonul armat

## Millau Viaduct, France



## Reinforced Concrete / Betonul armat



**Dr.ing. NAGY-GYÖRGY Tamás**

*Profesor*

**E-mail:**

[tamas.nagy-gyorgy@upt.ro](mailto:tamas.nagy-gyorgy@upt.ro)

**Tel:**

+40 256 403 935

**Web:**

<http://www.ct.upt.ro/users/TamasNagyGyorgy/index.htm>

**Birou:**

A219

# MULȚUMESC FRUMOS PENTRU ATENȚIE!