

# 150 LET ŽELEZOBETONU ■

## 150 YEARS OF REINFORCED CONCRETE

Jan Vítek

V roce 2017 tomu bylo 150 let, co Joseph Monier, francouzský zahradník, získal svůj první patent na vyztužení velkých zahradnických nádob. V dalších letech přihlásil další patenty na výrobu různých konstrukčních prvků. O 19 let mladší stavební technik François Hennebique dovedl Monierovu myšlenku k dalšímu zdokonalení a především k rozsáhlému technickému využití. Svou širší znalost stavebních konstrukcí využil pro účelnější uplatnění železobetonu i u složitějších a technicky náročných staveb. Kromě toho oba dva, zejména Hennebique, měli dostatek obchodních schopností, aby zainteresovali řadu stavebních firem na používání železobetonu a na využití svých vynálezů, nejprve na mnoha stavbách v Evropě a později také na dalších kontinentech. Železobeton byl koncem 19. a začátkem 20. století rychle rozvíjen, zdokonalován a postupně se stal jedním z nejrozšířenějších konstrukčních materiálů. Je aplikován v mnoha stavbách různého druhu a jeho rozvoj a zkvalitňování pokračuje i v současné době. ■ 150 years have elapsed since Joseph Monier, a French gardener, received his first patent on strengthening of large flower pots. A large number of patents followed for the fabrication of different structural elements. Another Frenchman, François Hennebique, made further progress in reinforced concrete. His better knowledge of structures and good feeling for the structural needs gave him opportunity to improve the construction technology and to introduce complicated statically indeterminate load carrying systems. Hennebique had also a special erudition for commercial cooperation and he participated in a large number of building companies, which built structures according to his ideas in many countries. Reinforced concrete spread throughout Europe and later into the whole world. It became the most expanding building material in the end of the 19th and at the beginning of the 20th century. Reinforced concrete found its application in almost all kinds of structures. The progressive development of reinforced concrete technology is continuing until today.

Dne 16. července 2017 uplynulo 150 let od přiznání patentu na nový konstrukční stavební materiál, železobeton, jehož vynález ve Francii přihlásil Joseph Monier, vyučený zahradník. Proč právě on podával patentovou přihlášku na železobeton, když tu byli zkušení stavební podnikatelé, a dokonce vysoké školy, které se plně věnovaly stavebnictví a jeho problémům? Počátky rozvoje leč kterého odvětví mívají někdy jiné příčiny, než by se dalo očekávat.



### JOSEPH MONIER

Joseph Monier (obr. 1) se narodil v roce 1823 ve vesnici Saint-Quentin-le-Poterie poblíže Uzès, asi 30 km severně od Nîmes [1]. Jeho otec, rovněž zahradník, měl deset dětí a Josef ani neměl čas chodit do školy, protože musel pomáhat svému otci při náročné práci na rozsáhlých zámeckých zahradách, jež patřily místnímu vévodovi. Vévoda si povšiml, že byl mladý Josef ve svých 17 letech pracovitý a nápádný ve způsobu úpravy zahrad, a nabídl mu, aby se věnoval parku kolem jeho panského sídla v Paříži. Tam se Josef odstěhoval v roce 1840 a dostal příležitost nejen projevit své estetické schopnosti při samostatné práci, ale také se ve večerní škole naučit číst, psát a získat obsáhlejší znalosti v zahradnickém oboru i v dalších odborných kurzech. Po šesti letech nastoupil dokonce do služby zahradníka v Tuilerích, v královské zahradě ležící v sousedství Louvre, kde se staral především o pomerančovníky. Znalosti ve svém oboru společně se snahou vyniknout Monier využil i v rozsáhlejší pojetí při navrhování zahradní architektury. Stal se natolik známým odborníkem, že se na něj šlechtici a další vysoce postavení a majetní občané začali obracet a svěřovali mu své zahrady, aby v nich navrhoval různé úpravy z vyššího architektonicky-krajinářského hlediska. Pro tuto práci si zařídil i malou návrhovou kancelář. V romantické době 19. století byly okrasné prvky velmi ceněny a zahrada nebo park se neobešly bez dalších doplňků, jako byly umělé skalky nebo grotty s jezírky a různá zákoutí s lavičkami či malé pavilony pro odpočinek.

Jak je všeobecně známo, Monier došel k železobetonu díky vyztužování květináčů, které mu praskaly. Květináče byly velké, spíše bychom je dnes nazvali kontejnery, káděmi, velkými koryty nebo

prostě velkými nádobami, často kruhového tvaru. Byly v nich zakořeněny i přes 7 m vysoké pomerančovníky, které bylo nutno vždy na zimu přemístit ze zahrady do skleníků. Takto velké nádoby nemohly být keramické z pálené hlíny, běžně vyráběné v menších rozměrech, nebo dřevěné, hniající ve vlhkém prostředí.

Monier nejprve uplatnil v té době známé zkušenosti s použitím portlandského cementu, ale ani takto vyrobené tenkostěnné, ale těžké betonové nádoby nevyhověly a praskaly při velkém zatížení rostlinou a zeminou, zvláště při jejich přesunování. Moniera napadlo vyztužit velké nádoby železnou sítí snad již roku 1849. Svůj nápad si ověřoval již delší dobu zkouškami, avšak v tomto směru nebyl jediný, nebo dokonce snad první. V roce 1855 získal J. L. Lambot patent na beton vyztužený sítí z ocelových drátů a téhož roku přihlásil na výstavu svůj exponát, železobetonový člun. Tehdy však panoval ve stavebnictví obecný názor, že železo svou tepelnou roztažností beton potrhá a že funkcí betonu je jen ochrana železa před korozi.

V roce 1867 se konala v Paříži mezinárodní výstava a teprve na ní, téměř po dvaceti letech zkoušení a ověřování, Monier předvedl své spolehlivé nádoby na rostliny velkých rozměrů a v témže roce získal patent na vyztužení velkých betonových nádob a koryt železnou sítí. Je poněkud nejasné, proč si svůj vynález nepřihlásil k patentování již dříve.

Když na výstavě viděl zájem o své výrobky, projevil se v něm i obchodní talent a během 80. let si dal postupně patentovat další stavební prvky, o nichž se domníval, že by se daly vyztužit. Hledal především prvky plošné, do nichž by se dala vložit železná síť, a tak navrhl např. vyztužení betonových trub a nádrží na vodu používaných pro zalévání zahrad, neboť tehdy ještě nebyl zaveden potrubní rozvod vody. Dalšími plošnými prvky vhodnými pro vyztužení byly obkladní panely pro fasády domů nebo lehké příčky, na řadu přišly i patenty na stropní desky a nosné betonové trámy s vyztužití. V době rozvoje železnice nezapomněl ani na vyztužení betonových pražců. Prameny uvádějí celkem 19 přihlášených patentů. Neřešil při tom technické problémy, neboť neměl potřebné znalosti, aby mohl ve prospěch svých patentů argumentovat statickým průkazem. Nevěnoval se ani správnému umís-

tění výztuže v profilu, vkládal ji libovolně, ale i tak získal často dostatečně účinný způsob, jak udržet výrobek bez porušení. Správně však předpokládal, že se takové prvky budou vyrábět a bezesporu tím významně přispěl k rozšíření železobetonu.

Když Monier získal svou zahradnickou činností a prodejem patentů významnější postavení i přiměřené ekonomické zabezpečení, vypukla v roce 1870 válka Francie s Pruskem. Paříž byla několik měsíců obléhána, vypuklo v ní povstání a nedostatek potravin včetně kruté zimy a bombardování města způsobily, že Monier přišel o značnou část majetku. Brzy se z toho však vzpamatoval, pomohly mu i kontakty s vlivnými finančními osobnostmi, někdy i šlechtického původu, a začal se více věnovat využití svých patentů. Zorganizoval stavbu většího počtu malých nádrží, ale také několika velkých o objemu až 1000 m<sup>3</sup>. S prodejem svých patentů pronikl i do Rakousko-Uherska a Ruska a jeho patenty od něho koupily i zahraniční stavební firmy, např. v roce 1886 známá firma Wayss & Freytag, AG., která železobeton úspěšně dále rozvíjela po celém Německu a která později jeho patenty uplatnila i v Austrálii, zvláště při výrobě trub a obloukových mostů.

Monier v roce 1875 navrhl podle svých představ a asi bez výpočtu první mostek nebo spíše lávku ze železobetonu přes příkop v zahradě kolem zámku Chazallet (obr. 2) ve střední části údolí Loiry. Měla rozpětí 14 m a deskovou mostovku podpíranou trámy, avšak za hlavní zřejmě považoval stránku estetickou. Lávkou navrhl tak, že dal betonu tvar



2

Obr. 1 Joseph Monier ■ Fig. 1 Portrait of Joseph Monier (zdroj/source: [1])

Obr. 2 Lávka u zámku Chazallet ■ Fig. 2 Footbridge at the Chazallet Castle (zdroj/source: <http://www.fauxboisconcrete.info>)

Obr. 3 Vodojem v Clamart

■ Fig. 3 Water reservoir in Clamart (zdroj/source: <https://en.wikipedia.org>)

Obr. 4 François Hennebique ■ Fig. 4 Portrait of François Hennebique (zdroj/source: [3])

dřevěných kmenů a větví, jak je nejlépe patrné na zábradlí lávky. Takové rustikální úpravě betonu, při které jej formoval do tvaru dřeva (s tehdejšími názvem „nepravé dřevo“), se Monier věnoval často. Také v zahradách navrhoval betonové skalky duté a jen se slabou stěnou vyztuženou železnou sítí, aby uspořil velké převážení materiálu, a snížil tak cenu.

V roce 1886 Monier doporučoval železobeton na stavbu obytných domů, bezpečných vůči zemětřesení, ohni a vlhkosti. Získal zakázku na stavbu domu v Nice, kde předtím právě došlo k zemětřesení. Její vedení přenechal svému synu Pavlovi, který tam však nešťastnou náhodou spadl z lešení a přišel o život. Zřejmě v důsledku Monierových rodinných nesnází se s ním jeho první syn Petr rozešel, a tak neměl pokračovatele a zůstal na vše sám. V roce 1888



3

navíc došlo k bankrotu a poté k následné likvidaci jeho firmy, avšak v roce 1890 Monier založil firmu novou, tentokrát na výrobu sloupů pro telefonní a elektrická vedení. Jeho posledním projektem byl dosud existující nadzemní válcový vodojem v Clamart (jižní předměstí Paříže) vysoký 10 m, o průměru 8 m a o obsahu asi 500 m<sup>3</sup> (obr. 3). Pozoruhodná na této stavbě je malá tloušťka stěny – 80 mm – a zastřešení skořepinou tloušťky pouze 50 mm. Architektonickou dekoraci vodojemu navrhl Prosper Robin v novoklasicistním stylu.

Koncem 19. století měl Monier daňové problémy s příjmy z prodeje patentů do zahraničí. Časem sice získal menší úhradu od státu, ale vzhledem ke svému stáří se stáhl do ústraní a po nějaké době zemřel v březnu 1906 v Paříži ve věku 82 let.



4

#### FRANÇOIS HENNEBIQUE

Druhý, ještě významnější realizátor železobetonových staveb François Hennebique (obr. 4) se narodil v roce 1842, o 19 let později než Monier, v malé obci Neuville-Saint-Vaast v severní Francii, asi 6 km severně od Arrasu. Původním povoláním byl kameník a zedník, ale brzy se vypracoval na políra, nebo snad až na stavitele. Když mu bylo něco málo přes 20 let, osamostatnil se a přestěhoval do Bruselu. Přišel do hospodářsky rozvinutějšího prostředí a jako jiní stavitelé se začal také zabývat o využití betonu, zpočátku pouze jako ochranného prostředku železných nosníků proti korozi a ohni. Byl technicky nápaditý a obchodně zdatný, soustavně se vzdělával jako samouk a na základě praxe postupně získával další zkušenosti s materiálem a konstrukcemi. Na světové výstavě v Paříži v roce 1867 možná viděl Monierovy výrobky a po roce 1870 již začal sám podrobněji přemýšlet o vzájemné funkci železa a betonu v konstrukci. V roce 1879 poprvé použil železobeton jako nový a výhodný stavební materiál na stavbě domů v Belgii. Byl první, kdo si uvědomil statickou funkci železobetonu jako monolitického materiálu a umístil železnou výztuž do míst, kde se v betonu vyskytuje napětí v tahu a beton využil pro tlak. Zavedl také třmínkovou výztuž z plochých železných pásků šířky 25 až 30 mm. Dospěl k závěru, že lze ze železobetonu vytvořit jeden kompaktní konstrukční celek z trámů, desek a sloupů, který by byl stavebně i ekonomicky výhodný. Musel počítat s tím, že pevnost železa bude nejvýše 100 MPa a betonu 30 MPa.

V roce 1892 ukončil svou činnost v Bruselu a přišel do Paříže, kde si zařídil konzultační kancelář a také si podal svůj první patent na vlastní konstrukční systém. Jeho stropy ze žebrových desek byly lehké a únosné a spojením se sloupy vytvářely rámo-



5

přes sedm tisíc staveb různého druhu, domy s žebrovými stropy, vodojemy, mosty, průmyslové budovy a další.

V roce 1894 navrhl a postavil ve Švýcarsku poblíže Lucernu malý mostek přes potok, v dalším roce navrhli inženýři z Lille první rozsáhlé skladiště u Velkého mlýna na Loiře. V roce 1897 následoval velký pětipatrový komplex budov mlýna na obilí Weaver building na místě zrušené části doku při řece Tawe ve městě Swansea v jižním Walesu (obr. 6), což byla jedna z prvních velkých betonových budov ve Velké Británii. V téže době se stavělo železobetonové egyptské historické muzeum v Káhiře.

Jednou z pozoruhodných staveb je v roce 1899 jeho kancelář navrhovaný velmi estetický obloukový most v Châtellerault o třech polích s rozpětími 40 + 50 + 40 m, dokončený v roce 1900 (obr. 7), následovaný bytovými domy, doky, tunelem v Newcastle, stadiony v Lyonu a Turíně a mnoha dalšími stavbami na počátku 20. století. Když se v roce 1902 zřítla kampanila na benátském náměstí, byla její přesná kopie znovu postavena se železobetonovou kosterou navrženou inženýrem Porcheddu v Hennebiquově licenci. V Gruzii v přístavním městě Poti byla v roce 1906 až 1907 postavena v novobyzantském stylu katedrála, podobná chrámu Hagia Sophia v Istanbulu. Pozoruhodná je i vlastní Hennebiquova vila. Ze staveb, postavených podle jeho systému, lze na tomto místě připomenout jen několik nejvýznamnějších. V té době síť licenčních koncesionářů dosahovala rekordního počtu téměř 300 firem a tomu odpovídal i velký a stále rostoucí počet staveb.

Hennebiqueův původní patent byl po

11 letech prohlášen za neplatný a jeho obsah přiznán Monierovi jako původci. To však již nemohlo narušit silný rozvoj jeho podnikání, neboť měl přihlášený ještě další patenty a výrobní postupy.

V jeho licenci byl v letech 1909 až 1911 k 50. výročí sjednocení Itálie postaven most Risorgimento přes řeku Tiberu v Římě o světlosti 100 m (obr. 8), asi nejslavnější mostní dílo své doby ze železobetonu [4]. Jeho obloukový spodní líc má vzpětí jen 10 m. Není to však typický oblouk, konstrukci lze spíše považovat za nosník proměnného průřezu, protože jeho lícni stěny jsou pevně spojené jak s obloukem, tak s mostovkou v jeden tuhý celek. Nosná konstruk-



7

ce je oboustranně vetknuta do rozměrově větších, ale dutých opěr se stěnami a všechny části dohromady tvoří společnou kompaktní konstrukci. Projektantem a realizátorem byl italský inženýr a podnikatel Giovanni A. Porcheddu, který byl za mimořádnou, konstrukčně pokrokovou a současně pohledově velmi atraktivní stavbu při slavnostním uvedení mostu do provozu italským králem Viktorem Emanueleem III. nazván „král železobetonu“.



6

Obr. 5 Dům v Paříži, ulice Danton č. 1 ■  
Fig. 5 Building in Paris, Danton street, No. 1

Obr. 6 Mlýn Weaver ve Swansea, Wales  
■ Fig. 6 Weaver Mill Building in Swansea, Wales (zdroj/source: <http://www.universolamaga.com>)

Obr. 7 Most v Châtellerault  
■ Fig. 7 Bridge in Châtellerault (zdroj/source: <http://swanseadocks.co.uk/>)

Obr. 8 Most Risorgimento v Římě (zdroj: archiv autora) ■ Fig. 8 Bridge Risorgimento in Rome (source: author's archive)

Obr. 9 Královská budova v Liverpoolu ■  
Fig. 9 Royal Liver Building in Liverpool (zdroj/source: <https://it.wikipedia.org>)



8

## Literatura:

- [1] BOSCH, J.-L., MARREY, B. *Joseph Monier et la naissance du ciment armé*. Edition Lindeau. Paris, 2001.
- [2] SEIDLEROVÁ, I., DOHNÁLEK, J. *Dějiny betonového stavitelství*. Praha: ČKAIT/ČBZ, 1999.
- [3] McBETH, D. François Hennebique, reinforced concrete pioneer. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers – Civil Engineering*. 1998, Vol. 126, No. 2, pp. 86–95.
- [4] QUESNEL, L. Le pont du Risorgimento sur le Tibre à Rome. *Annales des Ponts et Chaussées*. Paris, Mars–Avril 1912.
- [5] BECHYNĚ, S. *Stavitelství betonové*. Praha: ČMT, 1938.

Obvyklá nedůvěra k novému materiálu a odvážné konstrukci se projevila obavami, že se most při odskrucování zřítí. Aby Porcheddu prokázal veřejnosti svou jistotu o správnosti návrhu, pozoroval postup uvolnění skruže se svými dvěma malými dětmi z loďky pod mostem.

V roce 1911 byla v Liverpoolu postavena ze železobetonu význačná budo-

Mezi lety 1895 až 1910 měl na železobetonové stavby téměř monopol.

Pro ilustraci významu Monierových patentů a patentů od Hennebiqua včetně jeho rozsáhlé činnosti společně s koncesionáři je třeba si uvědomit, že v té době nezbylo mnoho možností postavit jakoukoliv železobetonovou stavbu, která by se nedotýkala patentů a stavebního systému těchto dvou zakladatelů, především pokročilé techniky F. Hennebiqua.

Počátkem 1. světové války v roce 1914 dosahoval počet staveb postavených v Hennebiquově licenci v různých zemích 25 tisíc, z nichž bylo asi 1 500 mostů. Válkou byl však další rozvoj zastaven. V té době byl Hennebique již v důchodovém věku a v roce 1921 zemřel ve stáří nedožitých 79 let.

Jeho myšlenka, založená na novém a výhodném spolupůsobení oceli s betonem, měla zásadní vliv na rozšíření železobetonových konstrukcí po celém světě a je ukázkou výsledku úspěšné technické, ale také obchodní angažovanosti a celoživotního úsilí prosazovat své myšlenky, na svou dobu jistě velmi pokrokové. Významně k tomu přispěla vhodně zvolená spolupráce s předními světovými firmami, které měly dosti prostředků k provádění velkých staveb.

Dalším z mnohých významných Francouzů, který se postaral o rozvoj vyztuženého betonu, byl Eugène Freyssinet (1879 až 1962), u něhož kromě technicky novátorského přístupu k obloukovým mostům a dalším stavbám oceňujeme hlavně zavedení předpjatého betonu (*podrobně např. v článku Eugène Freyssinet a FIP v Beton TKS 6/2012 – pozn. redakce*).

## ZÁVĚR

Železobeton funkčním spojením dvou nesourodých materiálů vyžadoval vypracování nové teorie navrhování a stal se předmětem zájmu zkušených inženýrů, kteří byli schopni určit nejen únosnost z něho postavených monolitických konstrukcí, ale i řadu nutných konstrukčních úprav [5]. Trvalo delší dobu, než se došlo ke spolehlivým výsledkům, protože příznivá monolitčnost byla staticky složitějším problémem. Koncem 19. století ještě nebyla statická teorie konstrukcí příliš vyvinuta, ale základní poznatky již známy byly. Claude Navier (1785 až 1836) definoval modul pružnosti a předpoklady rozdělení napětí při ohybu trámů, Karl Culmann (1821 až 1881) se věnoval grafické staticce, Antonio Cremona (1830 až 1903) předložil grafický způsob zjištění sil v příhradové konstrukci a v tomto oboru působili i Wilhelm Ritter (1847 až 1906), Heinrich Müller-Breslau (1851 až 1925) a řada dalších. Teorii železobetonu pak zvláště zpracovávali Mathias Koenen (1849 až 1924), Edmund Coignet (1856 až 1915) a Emil Mörsch (1872 až 1950). Vlastnosti materiálů zkoušel tehdy Otto Graf (1881 až 1956).

Tito uvedení společně s mnoha dalšími odborníky připravili spolehlivé statické výpočty nejprve pro jednodušší železobetonové konstrukce, které byly následované velkým pokrokem v navrhování i provádění těchto konstrukcí v dalších letech.

Ing. Jan Vítek, DrSc.  
e-mail: jan.vi@centrum.cz



9

va Royal Liver Building, mohutná stavba o výšce 98 m. Byla to první výšková stavba a v roce 2004 byla zapísána na seznam světového dědictví UNESCO (obr. 9).

Hennebique jako schopný manažer dnešního typu realizoval nadále prostřednictvím spolupracujících podniků velmi mnoho staveb, hlavně ve Francii, Belgii, Británii, Švýcarsku, Itálii, Rusku, Egyptu a ve francouzských koloniích.