

ПРИЛОГ САВРЕМЕНОМ СРПСКОМ НЕИМАРСТВУ – ДЕО 5/1: ВАЉКОМ ЗБИЈЕНИ БЕТОН – ПОЈАМ И ИСТОРИЈАТ

Мирко Д. Петковић¹

УДК: 666.972

DOI:10.14415/konferencijaGFS 2015.108

Резиме: "Зашто се званично скоро нигде у свету не помињу имена и доприноси Срба историји светског градитељства"? Да ли зато што осим епских прича и спорадичних случајева таквих доприноса заправо и нема или зато што је недостатак традиције у богатству и владању над другима онемогућио Србе да пређу пут од турских дунђера до савремених демијурга и тако остану забележени у историји светског градитељства? Другим речима, да буду и његови креатори, а не само мање приметни слобденици, већи импровизатори или прости извршиоци туђих замисли и идеја.

Без обзира каква да је истина презентирани рад кроз настанак и историју ваљком збијеног бетона даје допринос сагледавању и памћењу њене лепше стране испуњене том потребном креативношћу - без које се не рађа љубав према градитељској струци и науци нити подстичу опредељења младих за њу.

Кључне речи: Ваљком збијени бетон, дефиниција, историја, доприноси Срба

1. УВОД

Открићем ваљком збијеног бетона (*roller-compacted concrete*) и његове могућности да технички врло ефикасно и економично елиминише уобичајени метод рада и замени класични масивни бетон, асфалт, камен, земљу и сличан грађевински материјал, практично је започет један алтернативни приступ начину изградње масивних грађевинских конструкција, прво у путоградњи и уопште нискоградњи, а затим и у хидроградњи.

Иако су се први компилативни радови на простору некадашње Југославије, и то из области хидротехнике, појавили доста рано 1983. године (*Nonveiller, E., 1983*), кад и публикована искуства у свету, а у Србији, такође из исте области, 20 година касније (*Кузмановић, Б., Савић, ЈБ. и Б. Миловановић., 2003, Петковић, М., 2003.*), а потом и из области путоградње (*Петковић, М., 2003*), још увек развој могућности примене овог материјала и његове технологије у домаћој пракси не одговара потребама практичног праћења светских токова и достигнућа².

¹ КЕСО Invest Engineering GmbH i KG Int. Exp. Group, mirkopetkovic7@gmail.com, тел: 7 926 623 623 1

² Тим више што је не тако давни пораст цене нафте на светској пијаци по трећи пут довео до већег интересовања за овај материјал у путоградњи и његову технологију и још већег ангажовања америчких,

Слично претходним прилозима савременом српском неимарству и градитељству, и овај представља део из опсежних студија аутора посвећених сећању на *Милутина Миланковића* - једног од најбољих теоретичара, а истовремено и практичара међу грађевинским инжењерима Аустроугарске монархије, великог родољуба и првог доктора техничких наука међу Србима.

Међутим, за разлику од њих овај је, као и ауторов рад из 2003. о цурењу брана од ваљком збијеног бетона ($[10]$)³, истовремено подсећање и на *Јованчу П. Ђокића*, једног ретко принципијелног човека и родољуба, учесника свих ратова и носиоца медаље Обилића за храброст⁴, а можда и далеко најбољег црногравског неимара, кога су пре свега лична гордост, а потом и усамљеност, месна култура и владајући систем вредности, заједно са мање успешним наследницима, бацили у заборав.

2. ДЕФИНИЦИЈА ВАЉКОМ ЗБИЈЕНОГ БЕТОНА

Амерички институт за бетон (American Concrete Institute - ACI) дефинише ваљком збијени бетон (*roller-compacted concrete-RCC*, *béton compacté au rouleau-BCR*, *hormigón compactado-HCR*, *concretos compactados-CCR* тј., *concreto compactado con rodillo-CCR* и сл.) врло једноставно, као *бетон компактован тј., збијен ваљцима за збијање* [1]. Другим речима, ради се о бетону који се у свом неочврслост стању после пласирања (тј., истовара и разастирања) уграђује ваљањем и то искључиво путем ваљака за збијање све док не постане довољно компактан. У самом процесу ваљања се, као и код асфалта за путеве, махом користе вибрациони ваљци.

Иако термин "збијање ваљком" (*roller compaction*) по ACI дефиницији и др. (в. нпр. [2],[3]) подразумева пре свега процедуру-процес уградње тј., започетог и окончаног машинског збијања бетона путем ваљака, а последично томе и за то коришћену одговарајућу мешавину која се и може збити тј., уградити ваљцима, у свету се за опис технологије уградње тог бетона користе и преузети тј., старији појам "*earthfill*", а понегде и "*rockfill*" (који се изворно користе нпр. код комбиновано насутих путева и брана) заједно са још сијасет сличних и новоизведених појмова при чему се онда појам "*roller-compacted concrete*" више односи на врсту бетона, а мање на поступак његове уградње. Некадашњи називи "*rollcrete*" и "*rolled concrete*" (ваљани бетон), којима наводно више одговара немачки „*walzbeton*“, у светској пракси, поготову америчког говорног подручја, као подручја са неупоредиво највећим практичним искуством у свету из области ваљком збијеног бетона, није у званичној употреби. Другим речима израз "ваљани

аустралијских и др. експерата на пројектима широм света. Тако на пример, добро позната фирма *Cemex* подржана од стране америчке администрације, *Controls-Group*, *ASTM* и *Америчке агенције за аутомутеве* је 2010. почела са промоцијама ширег коришћења овог материјала и његове технологије у Великој Британији, на Филипинима, у Француској, Шпанији, Пољској, Летонији и Хрватској. Чињеница да је последњи пад цене нафте те токове у путоградњи зауставио ништа не мења обзиром на цикличност многих појава и начин њиховог настајања.

³ Рад је посвећен сећању на српске неимаре Ђорђа Лазаревића и Јованчу П. Ђокића

⁴ Поред свог добротворста појединцима, али и установама, за које је добио медаљу Св. Саве, *Јованча П. Ђокић* је био врсно познавалац историје Црне Траве и локалних родослова. У склопу тога лежи и уже објашњавање његових 70 кумства, поклоњених кућа и добротворства многим црногравским породицама.

бетон" који се грешком још увек у домаћим стручним круговима, па чак и у радовима помиње (као нпр. у Лит.[5] и сл.), се у свету RCC-а не користи нити за то има језичког и термилошког оправдања.

Ако се већ тежи поједностављењу назива и лакоћи изражавања онда се чини знатно мања грешка уколико се уместо појма **"ваљком збијени бетон"** не користи појам **"ваљани бетон"** већ **"уваљани бетон"** (онако како је то први учинио и проф. Нонвајлер из Загреба), обзиром да суштина ствари није у ваљању као радњи, већ у збијању које се постиже ваљањем. Другим речима, не ради се о било каквом **"ваљању"** већ о таквом ваљању којим се постиже потребна збијеност бетона тј., добија **"збијени бетон"** (*compacted concrete, béton compacté, hormigón compactado, concretos compactados* и сл.). Такође језички исправније решење је и коришћење назива **"RC-бетон"** (*roller-compacted concrete*), који је, заједно са појмом **"RC-поступак"** и **"RCC-мешавина"** или за све просто **"RCC"** у тренду многобројних данашњих прихваћених кованица иако, као што то често бива у пракси, стручна терминологија и језичка исправност не морају увек и свуда да однесу превласт над лаичком терминологијом и једном већ стеченим лошим навикама.

3. НАСТАНАК ВАЉКОМ ЗБИЈЕНОГ БЕТОНА

Руководећи се доступним подацима и хронологијом у већини од до сада објављених фундаменталних радова из области ваљком збијеног бетона стиче се утисак да су овај материјал и његова технологија првобитно настали и почели да се примењују на различитим местима у свету из нужде, али и домишљатости и то: у склопу побољшања поступка стабилизације тла у нискоградњи, затим као економична замена појединим класичним материјала у отежаним условима њиховог допремања и коначно због брзе интервенције и прилагођавања ратним околностима. Знатно касније искоришћени су као основни материјал и технологија за изградњу прве RCC бране у свету, а средином 70-их за изградњу сувих, довољно чврстих и издржљивих површина на слабом тлу, да би већ почетком 80-их овај бетон постао препознатљив грађевински материјал са низом предности у односу на класичне бетоне и њихове израде. Упоредо са тим показао се и значајно економичнијим – не само у односу на бетон, већ често и у односу на комбиноване материјале добивене од ломљеног камена и/или земље.

Зато није чудно што су те могућности ваљком збијеног бетона да технички врло ефикасно, а потом и економично замени класични масивни бетон, камен, земљу и сличан грађевински материјал, а истовремено и да осавремени, па чак и да елиминише уобичајене методе рада, за четврт века довеле до његовог успешног искоришћења као основног материјала за изградњу и рехабилитацију пар хиљада пространих објеката у нискоградњи, изградњу око 350 високих брана, као и за санацију или реконструкцију стотинак постојећих⁵.

⁵ Данас најраспрострањенији објекат у свету је GM-ov (General Motors) комплекс Saturn Plant у Америци са површином од око 3.500.000m², највиши брана Diamer-Bhasha у Пакистану са висином од 272m, а највећи Та Sang у Бурми са пројектованих 8.000.000m³ ваљком збијеног тј., уваљаног бетона, 20.000.000m² спојних површина између етажа и 350.000.000m спојница на узводној страни.

Међутим, на тај начин у најкраћим цртама изложена општа хронологија, која се и као таква ређе у литератури налази, далеко је од тога да открива сву истину о настанку ваљком збијеног бетона, а посебно његове технологије. Шире гледано, његова принципијелна идеја и "earthfull" поступак уградње у путоградњи, а која заправо потиче из плодних равница древних Сумера и њихових зигурата, је сасвим сигурно, можда и више несвесно однегована и усавршавана у античким временима пре, а поготову после открића бетона.

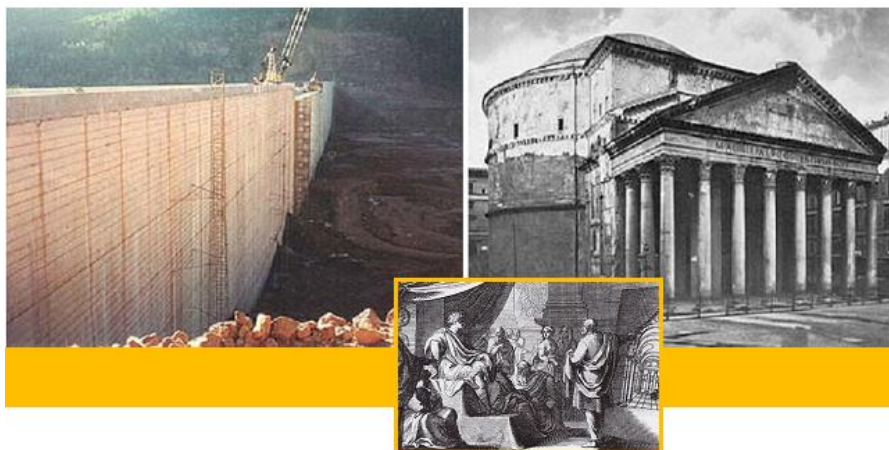
Па чак и изненађујуће више! Како је то проф. Дејвид Мур (*David Moore*) 1993. године известио у билтену Америчког бироа за мелиорације⁶, а 1995. и јавно обелоданио, зналачки врло добро осмишљена USBR-рецептура спремања RCC-мешавине велике *Upper Stillwater* бране у САД-у из 1987. године и сачувана рецептура из 20-их година пре наше ере римског војног инжењера, чувеног градитеља, плодносног писца и идејног креатора многих архитектонских канона⁷, познатог под именом Витрувије (*Marcus Vitruvius Pollio*, ~80(70) - <~15 п.н.е.),

- са 40% портланд цемента (са истом компонентом калцијум хидроксида приликом процеса хидратације – као и код дела влажног креча античког бетона),
- са 60% летећег пепела (са истим аморфним силицијумом – као и код вулканског пуцолана античког бетона)
- са мало воде (за добијање растреситог бетона, транспортованог дамперима, разастртог планерима у слојевима и збијеног великим вибрационим ваљцима – као и код скоро суве мешавине античког бетона ношене у плетеним котарицама, разастрте у слојевима и излупане специјалним алаткама коришћеним за израду зидова цистерни за воду)
- и нормално, одржаног влажним (путем уређаја за распршавање воде без стварања локви и покривањем – као и код античког бетона покриваног и прсканог водом),

указује на двомиленијумску старост и самог ваљком збијеног бетона ([6],[8]).

⁶ Moore, D., The Riddle of Ancient Roman Concrete ("The Spillway" – newsletter of the US Dept of the Interior, Bureau of Reclamation, Upper Colorado Region, February, 1993), 1995

⁷ Између осталог и Леонардовога канона људских пропорција



Слика 1. Пре више од 2000 година Римљани су користили мешавину и сличан метод уградње античког бетона као и USBR за RCC-бетон Upr. Stillwater бране.

Прича о старости овог бетона и његовог поступка има своју лепу страну и са аспекта српског неимарства и градитељства између два светска рата, а испричао је црнотравски "грађевинар"⁸, акционар, Велики мајстор и добротвор, поносни и храбри ратник ослободилачких ратова (1912-1918) и интернрац, *Јованча П. Ђокић* (1880-1957), преписујући странице своје пословне бележнице ([4]), међусобна потраживања и "пребијања" пословних партнера и присећајући се шта је и како радио током своје дуге градитељске праксе: почевши од цркве Александра Невског и касарне у Софији, гимназије у Ловечу, млинова у Пернику и бројних грађевина у Бугарској пре Првог светског рата, а потом зграде Вардарске бановине тј., Скупштине Собрања, Народне банке, Трговачке академије, Занатске коморе, Железничке колоније, хотела, болница, школа, касарни, станова, цркве, монопола, путева, мостова, водојаже и бројних грађевина у Вардарској, Дринској, Моравској и Зетској бановини, па све до писти, платоа и складишних простора у Грчкој.

⁸ Појам којим су се од обичних предузимача и груповођа "тајфи" разликовали појединци који поседују регистроване радње или фирме тј., испуњавају законске услове за обављање одређених врста послова и изградњу одређених врста објеката. За разлику од неких познатих неимара са прелепим остварењима, који су имали само занатске радње или "радили на црно", *Јованча П. Ђокић* је био власник предузећа за изградњу свих врста грађевинских објеката. Многи палири и акорданти који су код њега "испекли занат", касније су постали успешни директори и предузимачи. На пример *Љубомир Војиновић* (1911-1974), први директор нишког "Озрена" и "Грађевинара" или врсни предузимачи и пословође *Стеван Стевановић* (1896-1972), *Станоје Радојловић* (1900-1976) и др. Вреди споменути да, према причању живих синова Јованчиних и послуге из хотела "Српски краљ" или његовог хотела "Бристол"ни један објекат који је он градио се није срушио током катастрофалног земљотреса у Скопљу - за разлику од рецимо Железничке станице и велелепног Официрског дома грађеног од стране београдског "Labor-Savichu", предузећа "од кога су после рата никли привредни гиганти *Рад, Конгран и Енергопроект*".



Слика 2. Пре више од 85 година Јованча П. Ђокић је маљевима и ваљком сабијао "шпарбетон" како би боље уградио крупан агрегат и постигао јачу марку бетона

Његово казивање о томе како је приликом изградње темеља, путева, пешачких стаза, складишних простора, водојаке и др., и то још пре познанства и сарадње са Р. Брушијом⁹, знатно млађима фон Бадером¹⁰, инж. Б. Протићем, арх. Г. Тасковићем и многим мање или више познатим и успешним учесницима тадашње и касније изградње, прво самоиницијативно, а потом и уз сагласност инж. Николе Балода (~1902-1963)¹¹ и других¹², маљевима и ваљком збијао постелице и "шпарбетон" (*Sparbeton*) са ломљеним каменом, циглом и сличном испуном указује да је он користио заправо онај исти поступак који је даљим усавршавањем и довео до разних данашњих састава и технологије уградње ваљком збијеног бетона.

Но да ли је он при томе нешто суштински нови и до тада непознато урадио? Није, јер је урадио оно што су тада радили, а и данас ради сваки иоле оштроумнији човек који жели да ушпара на цементу, а да при том не умањи јачину очврслог

⁹ Радослав (Лончаревић) Брушија (1886-1968), Србин, католик, велики родољуб, пореклом из засеока Брус у Селцу, тадашњој Аустро-угарској монархији. Посланик Скупштине Краљевине Југославије, члан Занатске коморе Југославије и 1. члан банског већа Моравске бановине.

¹⁰ Инж. Станојло "Сташа" Бадер (1891-1938), син Виљема фон Бадера познатог пројектанта и градитеља железничких путева у Србији, али и доброг бизнисмена. Поред саобраћајница и пратећих објеката, градио и монополе и бањску инфраструктуру. Погинуо на изградњи деонице пута Пријеполје-Б. поље.

¹¹ Каснији в.д. директор и једини у својству професора грађевинско-занатске школе у Црној Трави, која је захваљујући практичном знању својих наставника давала далеко најјачи грађевински кадар тог типа у југословенској пракси. Предавао Механику, Геодезију, Инжињерске конструкције, Армирани бетон и Механику. Руковао збирке за математику и геодезију. Погинуо 1963. године у скопском земљотресу

¹² Обзиром да је уско сарађивао са Министарством војске и неким другим круговима неће бити велико изненађење уколико се проучавањем грађе појаве још нека врло позната имена српског градитељства и неимарства међу Јованчиним контролорима и надзорним органима

бетона. Чак напротив, добиће и јачи бетон у зависности од тога шта додатно убацује у свежу бетонску мешавину односно, шта користи као додатни пуниоц, какав му је облик и колике су му димензије.

Табела 1. Основни хронолошки подаци о ваљком збијеном бетону ([8], [11])

3. mil. p.n.e.	Zigurati drevnih Sumera, Akađana i Vavilonaca		"Earthfill" postupak gradnje. Korišćeni materijal: opeka + zemlja	
1. vek p.n.e.	Rimske građevine – Antički beton		Suva AC mešavina zbijana u slojevima	
	NISKOGRADNJA		HIDROGRADNJA	
1927	"Sparbeton" zbijan maljevima i valjkom (Vardarska banovina, izgradnja)	rcc+ RCC		
<1940	Earthfill postupak (Australija, Saobraćajnice, Izgradnja)	RCC		
1942	Rockfill postupak (USA, Vojna pista Yakima, Izgradnja)	RCC		
1965			Brana Alpe Gera, Italija, 174m, Izgradnja, Klasični rcc ₁ postupak	RCC
1974/ 1975	Probna sekcija Vicksburg, MS 120m ²	RCC	Brana Tarbela, Pakistan, 143m, Sanacija, Klasični rcc ₁ postupak	CC+ RCC
1976	Skladišni platou u Caycuse-u (Kanada, Izgradnja, K-rcc ₁)	RCC ^p		
1980	Parking prostori, USA, Izgradnja	RCC ^p	Brana Erl Creek, SAD, Izgradnja, Klasični varijantni postupak-Krcc ₁	CC+RCC
			Brana Ocoee, SAD, 9.0m, Rekonstr.	RCC
			Brana Shimajigawa, Japan, 89.0m Izgradnja-Krcc ₂	RCD
1980 1982			Brana Willow Creek, SAD, 49.0m, Izgradnja	RCC
1984	Putevi, terminali, fundamenti, parkirališta, Test + Izgr., USA	RCC ^p	Brana Carrol E. Eston, SAD, Izgradnja	RCC
			Prevodnica New Cumberland, SAD, Izgradnja	RCC
			Prelivni prag Chena Project, SAD, Izgradnja	RCC
1975- 1985	200.000m ² , SAD Austin, Ft. Hood, Col. Springs, Houston, Tacoma, St. Lewis.....	RCC ^p	Brana Kerrville Ponding, SAD, Rekonstrukcija	RCC

Свакако, што је тај пуниоц већи и користи га више то ће и више потезати за што јачим набијачем. То исто је, као и многи Црнотравци и Пречани, и Јованча од самог почетка радио с тим што је у случају већих количина и већег манипулативног простора уместо ручног набијача искористио нешто ново - ваљак. Међутим, користећи ваљак он је морао смањити и количину воде у бетону тј. В/Ц фактор, чиме је аутоматски убрзао и сазревање бетона али истовремено добио јачу марку и јачу конструкцију. На тај начин, све то кад се сабере, без обзира што је проишло из коришћења ваљка у "ништа ново", резултирало је у нешто "значајно

ново", практично корисно и нада све економично по принципу "ЈЕВТИНО + БРЗО = 2 x ЈЕВТИНО" тј., јевтинији материјал + бржи рад = јевтинији производ [10].

Скоро 10 година после Јованчиног казивања и преко 35 година од његовог побољшаног начина израде "шпарбетона" и постизавања потребне јачине ужа стручна јавност из области хидроградње је упозната са бетоном и технологијом израде тела бетонске бране Алпе Ђере (*Alpe Gera*) високе 174м и подигнутој 1965. године у Италији, да би се потом обелоданило такође у ужој стручној јавности, овога пута из области нискоградње, како је сличан поступак примењен још 1942. године током изградње америчке војне писте Јакима (*Yakima*).

Још више од 10 година је било потребно поново да прође, да би се, захваљујући истраживању аустралијске градитељске праксе, стручна јавност обавестила како је сличан поступак још пре Другог светског рата, дакле пре него на америчкој војној писти, био примењен у Аустралији приликом изградње саобраћајница (**Табели 1.**)

Отприлике у то време кад је применом те технологије изграђена пробна секција у Виксбургу (*Vicksburg*, 1974/5.год.) и платои за складиштење грађе у шумским просторствима Канаде (*Caysuse*, 1976.год.), по први пут је, сада већ шири стручна јавност обавештена о поступку санације бране Тарбеле (*Tarbela*) у Пакистану високе 134м, употребом двеју различитих врста бетонских мешавина и поступака њиховог збијања: путем вибратора и путем ваљака.

Од тада, у новијој светској пракси изградње бетонских конструкција ваљком збијени бетон и његова технологија званично заузимају своје место и почиње њихова шири примена, са преходно споменутих бројчаним показатељима.

ЛИТЕРАТУРА (основна)

- [35] American Concrete Institute (2000), *ACI Manual of Concrete Practice, ACI 116R, ACI 207.1R, ACI 207.5R*, American Concrete Institute, Detroit, MI, **2000**.
- [36] Boyge, B., Jensen, A., *La Fissuration des Barrages en Béton Compacté au Rouleau. Exemple du Barrage des Olivettes, Bulletin de Liaison des Laboratoires des Ponts et Chaussées N° 162*. Paris, **1989**.
- [37] Dept. of the Army, U.S. Army Corps of Engineers, *EM 1110-2-2006, Engineering and Design – Rolled Compacted Concrete*, Washington, DC **2000**.
- [38] Јованча П. Ђокић, *Радне белешнице*, 1906-1908, 1912, 1920-1940 (необјављено)
- [39] Kuzmanović, B., Savić, Lj., Milovanović, B., *Primena valjanog betona u izgradnji brana I deo – istorijski razvoj, Vodoprivreda br. 203-204*, Beograd, **2003**
- [40] Moore, D., *The Riddle of Ancient Roman Concrete, ("The Spillway" – newsletter of the US Dept of the Interior, Bureau of Reclamation, February, 1993)*, **1995**
- [41] Nonveiller, E., *Uvaljani beton za hidrotehničke građevine, Građevinar*, broj 35, Zagreb, **1983**
- [42] Petković, M., *Upotreba valjkom zbijenog betona kod brana i hidrotehničkih konstrukcija, Zbornik radova sa II Kongresa YUCOLD 2003, 7-10 oktobar, Kladovo, 2003*. такође: дискусија аутора од 08.10.2003. о историји RC-бетона
- [43] Petković, M., *Primena valjkom zbijenog betona u savremenom građevinarstvu, Proc. of Int. Scientific Conference on Planning, Design, Construction and Building Renewal INDiS 2005, Novi Sad, 2005*

- [44] Petković, M., Curenje brana od valjkom zbijenog betona: Stanje stvari sa predlogom promena *Vodoprivreda*, br. 205-206, Beograd, 2003. (Рад посвећен сећању на Ђ. Лазаревића и Ј. Токића)
- [45] Petković, M. D., Primena valjkom zbijenog betona u putogradnji, *Prvi srpski kongres o putevima*, Beograd, 2014.

CONTRIBUTION OF SERBS IN MODERN BUILDING PRACTICE – PART 5/1: DEFINITION AND HISTORY OF RCC

Summary: *Why are officially almost anywhere in the world, do not mention the names of Serbian builders and their contribution to the world of construction? Is it because, besides the epic stories and sporadic cases, the lack of a tradition in wealth and authority disables the Serbs to cross the path from the ancient wageworkers and medieval bricklayer to the modern demiurge and so to be registered in the world of construction? In other words, to be its creators, not just less noticeable followers, skilled improvisers or simply executors.*

No matter what the truth is the presented paper through the history of RCC contributes to the perception and memory of its bright side filled with the necessary creativity without which there is no love and commitment to the building profession and science.

Keywords: *Roller compacted concrete, definition, history, contribution of Serbs, details*