

Statické a dynamické spôsoby zhutňovania - použitie pri betóne s ľahkým kamenivom

Ing. Ivana Lusová, Ing. Peter Briatka, PhD.

Oddelenie : Katedra technológie stavieb
Univerzita : Slovenská technická univerzita v Bratislave, Stavebná fakulta
E-mail: ivana.lusova@stuba.sk

Abstract

Príspevok pojednáva o vhodnosti či nevhodnosti zhutňovania statickým alebo dynamickým spôsobom zhutňovania betón s ľahkým kamenivom (LWA). Jednou z možných funkcií ľahkého kameniva v betóne je aj vnútorné ošetrovanie betónu. Pod pojmom vnútorné ošetrovanie si môžeme predstaviť dodanie „ošetrovacej“ vody priamo z vnútra betónu, kde je zabudovaná už počas jeho miešania, a to v hmote nosiča (nasiaknutého ľahkého kameniva SLWA) tak, aby nezvyšoval vodný súčiniteľ a zároveň aby bola k dispozícii pre náhradu stratenej vlhkosti.

Kľúčové slova: betón, ľahké kamenivo, nasiaknuté ľahké kamenivo (SLWA), vnútorné ošetrovanie, zhutňovanie betónu

1 Úvod

Cieľom tohto príspevku je porovnanie statického a dynamického spôsobu zhutňovania betónu s ľahkým kamenivom (LWA) a následne určenie vhodnosti či nevhodnosti použitia pri zhutňovaní pri tomto type betónu.

2 Vnútorné ošetrovanie ľahkým kamenivom

Prvá zmienka o ľahkom kamenive (LWA) v spojitosti s vodou a jej uvoľnením počas hydratácie podchádza z roku 1957. Približne tridsať rokov táto myšlienka zostala nepovšimnutá až napokon v roku 1991 bola opätovne prednesená v kontexte ošetrovania betónu. Začiatkom deväťdesiatych rokov sa začal výskum a vývoj v tejto oblasti pretrvávajúci dodnes. Z ľahkého kameniva predurčeného na výrobu ľahkých betónov sa pomaly stáva materiál významný z hľadiska vnútorného ošetrovania, i keď sa stále najväčšia časť produkcie LWA používa na výrobu betónov s nižšou objemovou hmotnosťou.

Ľahké kamenivo uvažované pre účely ošetrovania betónu je priemyselne vyrábané kamenivo. Základnou surovinou sú horniny s vysokým obsahom ílov a ílovitých bridlíc, ktorých výpalom pri teplote cca 1090⁰C a vyvolanou expanziou sa získava zrnitý pórovitý materiál so slinutým povrchom. Pórovitá štruktúra je dôsledkom vyhorievania organických zložiek základnej suroviny. Z hľadiska granulometrie zŕn sa rozlišujú dva druhy LWA – s nepravidelným ostrohrannými zrnami (typické napr. v USA) (obr. 1) a naopak s pravidelnými guľovitými zrnami (Liapor v EU) (obr. 2).



Obrázok 1: Pórová štruktúra LWA (USA)



Obrázok 2: Pórová štruktúra LWA (EU)

- Liapor

Ak má LWA pôsobiť ako činiteľ vnútorného ošetrovania betónu (tzv. samoošerovanie), potom musí byť schopné absorpcie značného množstva vody do svojej štruktúry. Týmto sa ale požiadavky naň nekončia. Voda z vnútra LWA sa musí dostať do tuhúceho a tvrdnúceho cementového tmelu podstupujúceho samovysychanie. Počas vnútorného vysychania a/alebo samovysychania je voda postupne vyprázdňovaná z pórovej štruktúry SLWA (nasiaknutého ľahkého kameniva) a dopĺňaná do cementového tmelu. Z princípu zachovania minimálnej vnútornej energie systému vyplýva, že pri strate vlhkosti z cementového tmelu vznikajú spočiatku relatívne malé napätia, ktoré nie sú schopné prekonať väzbové sily vody v malých póroch cementového tmelu, preto sa ako prvé vyprázdňujú najväčšie póry SLWA (nasiaknutého ľahkého kameniva), čím sa systém dostáva do elementárnej rovnováhy v diskretnom časovom okamihu.

3 Zhutňovanie betónu s ľahkým kamenivom

Zhutňovanie - technologický proces, ktorý umožňuje znižovanie medzerovitosti, resp. pórovitosti čerstvého betónu a taktiež zvyšovanie jeho hutnosti. [6] Zhutňovanie čerstvého betónu je súčasťou spracovania čerstvého betónu, počas ktorého sa dáva spracovávanej hmote požadovaný tvar, rozmer a požadovaná hutnosť, ktorá je nutná pre dosiahnutie fyzikálno-mechanických vlastností betónu.

Medzi výhody zhutňovania čerstvého betónu patrí zvýšenie konečnej pevnosti betónu, zvýšenie hutnosti betónu, zníženie priepustnosti, pomáha minimalizovať zmršťovanie a dotvarovanie betónu a zabezpečuje úplné naplnenie debnenia bez medzier.

3.1 Analýza spôsobov zhutňovania čerstvého betónu

Kvalitne vyrobený čerstvý betón ešte nie je zárukou, že vznikne aj kvalitná betónová konštrukcia. Pre konečnú kvalitu, životnosť a úžitkové vlastnosti je dôležitá aj hutnosť betónu. Čerstvý betón voľne nasýpaný do debnenia má veľký obsah vzduchových medzier a pórov. Zhutňuje sa tak dlho, až vzduch prestane z betónu unikať, pričom nesmie nastať rozmiešanie. Nedokonalé zhutnenie môže spôsobiť zníženie pevnosti betónu až o 40 %. Pri zhutňovaní nesmie nastať posun alebo poškodenie výstuže, káblov, kotiev a debnenia.

Na zhutňovanie poznáme viaceré zhutňovacie zariadenia, pričom každé z nich má rozdielnú účinnosť. Počas zhutňovania sa jednotlivé častice čerstvého betónu posúvajú z východiskovej polohy do konečnej. Zhutňovať čerstvý betón sa musí rovnomerne v celom jeho objeme. Počas zhutňovania dochádza k pretváraniu čerstvého betónu účinkom vonkajších síl. Proti vonkajším silám pôsobia vnútorné sily, ktoré sú dané reologickými vlastnosťami čerstvého betónu (súdržnosťou a tuhosťou vyjadrenou súčiniteľom vnútorného trenia Φ). Cieľom zhutnenia je zvýšiť Φ na čo najvyššiu hodnotu. Ak sa navyše použije pri zhutňovaní prítlak, zvýši sa tým tuhosť. Ak sa zvýši tuhosť čerstvého betónu, potom sa zvýši aj jeho hutnosť a pevnosť zatvrdnutého betónu. Počas zhutňovania sa voľne nasýpaný čerstvý betón postupne mení na zhutnený betón. Táto premena vyžaduje vynaloženie určitej práce na prekonanie odporu, ktorý čerstvý betón kladie počas pretvárania. Práca potrebná na zhutnenie sa môže do čerstvého betónu dodávať viacerými spôsobmi, podľa ktorých delíme spôsoby zhutňovania na :

- statické zhutňovanie (lisovanie, valcovanie atď.) sú také spôsoby, pri ktorých sa zníženie medzerovitosti dosiahne len pôsobením vonkajšieho tlaku,
- dynamické zhutňovanie (striasanie, ubíjanie, vibrovanie) zvýšenie hutnosti čerstvého betónu sa dosiahne využitím pohybovej energie zhutňovacích zariadení,

3.1.1 Statické spôsoby zhutňovania

Medzi statické spôsoby zhutňovania patrí lisovanie, valcovanie a pretláčanie. Princípom statického spôsobu zhutňovania je pôsobenie vonkajšieho tlaku, kde sa najskôr premiestňujú hrubé zrná do medzier v smere pôsobenia tlaku. Potom sa tlak prenáša na cementovú maltu. Pri statickom spôsobe zhutňovania sa zväčšuje tlak vzduchu vo vzduchových bublinkách, ktoré sa postupne spájajú do väčších, pričom niektoré sa pretlačia k povrchu. Nevypudia sa však malé bublinky vzduchu ani bublinky prilnuté na povrch zrn kameniva.

Pri vysokom vonkajšom tlaku alebo prudkých nárazoch vnútorné trenie v betóne dosiahne veľmi vysokú hodnotu, ktorá prekračuje pevnosť ľahkého kameniva. Čo má za následok rozdrvenie kameniva a následne stratenie hlavnej funkcie kameniva v betóne a to vnútorné ošetrovanie betónu zvnútra. Preto statické spôsoby zhutňovania nie sú vhodné na zhutovanie betónu s ľahkým kamenivom slúžiacim na vnútorné ošetrovanie.

3.1.2 Dynamické spôsoby zhutňovania

Medzi dynamické spôsoby zhutňovania patrí ubíjanie a vibrovanie.

3.1.2.1 Ubíjanie

Pri zhutňovaní betón s ľahkým kamenivo ubíjaním nastáva v betóne vnútorné trenie, ktoré dosiahne veľmi vysokú hodnotu, ktorá prekračuje pevnosť ľahkého kameniva. Čo má za následok rozdrvenie kameniva a následne stratenie hlavnej funkcie kameniva v betóne a to vnútorné ošetrovanie betónu zvnútra. Preto zhutňovania ubíjaním nie je vhodné na zhutovanie betónu s ľahkým kamenivom slúžiacim na vnútorné ošetrovanie.

3.1.2.2 Vibrovanie

Pri zhutňovaní betónu s ľahkým kamenivo vibrovaním v betóne nastáva oproti zhutňovaniu betónu ubíjaním vnútorné trenie, ktoré dosiahne podstatne nižšiu hodnotu. Táto hodnota však neprekračuje pevnosť ľahkého kameniva, preto toto zhutňovanie nespôsobí stratu hlavnej funkcie kameniva v betóne a to vnútorné ošetrovanie betónu zvnútra. Preto zhutňovania vibrovaním je vhodné na zhutovanie betónu s ľahkým kamenivom slúžiacim na vnútorné ošetrovanie.

Pri tomto spôsobe zhutňovania ide o pôsobenie rýchle za sebou sa opakujúcich rázov, ktoré časticiam s rozličnou hmotnosťou udeľujú rôznu kinetickú energiu. Pretože aj okolitý betón pôsobí na kmitajúce častice s rozličným odporom, tie sa pohybujú s rôznymi amplitúdami, smermi a fázovými posunmi (obdoba pohybu molekúl plynu). Tento spôsob zhutňovania je veľmi účinný a v súčasnosti aj najrozšírenejší.

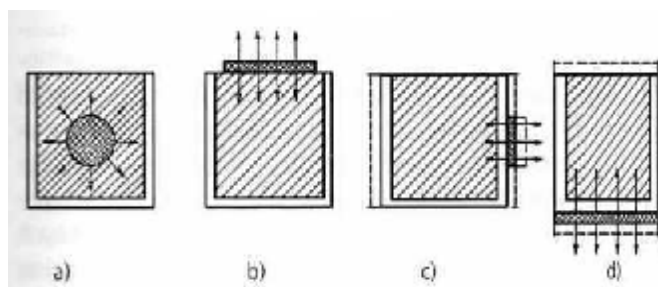
Účinnosť vibrácie v čerstvom betóne s danými reologickými vlastnosťami závisí od frekvencie a od amplitúdy vibrácie.

Vibrácia sa podľa smeru a pôsobenia odstredivej sily delí na okružnú, usmernenú a viacfrekvenčnú. Pri okružnej vibrácii sa smer odstredivej sily postupne mení a pôsobí všetkými smermi. Pri usmernenej vibrácii je kmitanie usmernené len do jedného smeru, zvyčajne vertikálneho. Viacfrekvenčná vibrácia vzniká namodulovaním vlny s vysokou frekvenciou na vlnu s menšou frekvenciou (modulovaná) alebo s fázovaním vln s rozličnými amplitúdami a frekvenciami (vibroúderová).

Podľa spôsobu odovzdávania vibračnej energie sa vibrácia delí na priamu (vnútornú (obr. 3), povrchovú), pri ktorej sa vibračná energia odovzdáva čerstvému betónu priamym dotykcom s budičom a nepriamu keď sa energia prenáša na čerstvý betón dnom alebo bočnicami formy (obr. 4).



Obrázok 3: Vibrovanie ponorným vibrátorom čerstvý betónu na stavbe.



Obrázok 6: Schematické znázornenie odovzdania vibračnej energie : a) priamou vibráciou do vnútra čerstvého betónu, b) priamou vibráciou cez povrch čerstvého betónu, c) nepriamou vibráciou bočnou (cez stenu formy), d) nepriamou vibráciou spodnou (cez dno formy) [6].

4 Posúdenie vhodnosti spôsobov zhutňovanie pre betón s ľahkým kamenivom na vnútorné ošetrovanie

Nasledujúca tabuľka uvádza prehľad vhodnosti či nevhodnosti jednotlivých spôsobov zhutňovania s ohľadom na použitie betónu s ľahkým kamenivom (LWA). Tento výsledný výstup vychádza z teoretického predpokladu z informácií získaných z literatúry.

Tabuľka 1: Vhodnosť použitia spôsobu zhutňovania pre betón s ľahkým kamenivom (LWA), ktoré slúži na vnútorné ošetrovanie

		Vhodnosť použitia pre betón s ľahkým kamenivom (LWA)
Statické spôsoby zhutňovania	Lisovanie	nie
	Valcovanie	nie
	Pretláčanie	nie
Dynamické spôsoby zhutňovania	Ubíjanie	nie
	Vibrovanie	áno

5 Záver

V príspevku sa popísali známe a disponibilné možnosti zhutňovania čerstvého betónu. V závere sa metódy porovnali z hľadiska vhodnosti pre použitie v prípade betónu s ľahkým kamenivom (LWA), ktoré slúži na vnútorné ošetrovanie.

Literatúra

- [1] BRIATKA, P., MAKÝŠ, P. Ošetrovanie čerstvého betónu – 3. Nasiaknuté ľahké kamenivo, Betón T.K.S., Prague, 2010, no 3, p.40-35
- [2] LEWIS H. TUTHILL Revibration reexamined, Improved strength, watertightness and appearance are positive results, CONCRETE ENGINEERING CONSULTANT SACRAMENTO, CALIFORNIA,1977
- [3] THE HOUSING CONCRETE HANDBOOK, First published June 2000, Cement & Concrete Association of Australia, ISBN 1 876304 10 3
- [4] BEDRNÍK F., KOPEČEK S., NĚMEČEK R. Provoz a údržba vibrátorů pro zhutňování betonu, Státní nakladatelství technické literatury, Praha 1964, DT 693.556.4.004
- [5] JURÍČEK, I. Technológia pozemných stavieb, Hrubá stavba, Jaga group, Bratislava, 2001, ISBN 80 88905 29 X
- [6] BAJZA, A., ROUSEKOVÁ, I. Technológia betónu, Jaga group, Bratislava, 2006, ISBN 80 8076 0322