

PROPUSNI BETON ZA KOLNIKE

Blažok D. ¹
¹Varaždin, Hrvatska

Sažetak: Ovaj članak donosi informacije o primjeni propusnog betona, o materijalima, svojstvima, doziranju smjese i ispitivanju. Pojam "propusni beton" obično opisuje betonsku mješavinu čije je slijeganje približno jednako nuli. To je otvoreno-granulirani materijal koji se sastoji od portland cementa, krupnog agregata, malo ili nimalo sitnog agregata, primjesa i vode.

Ključne riječi: odvodnja, propusnost, propusni betonski kolnik, oborinska voda, okoliš

Abstract: This article gives technical information on pervious concrete's application, materials, properties, mixture proportioning and testing. The term "pervious concrete" typically describes a batch with near-zero-slump. It is open-graded material consisting of portland cement, coarse aggregate, little or no fine aggregate, admixtures, and water.

Key words: drainage, permeability, pervious concrete pavement, storm water, environment

1. UVOD

Od 1939. do 1945. godine, razaranja Drugog svjetskog rata ostavila su Europu u ogromnim stambenim potrebama. To je potaknulo razvoj novih ili prethodno neiskorištenih metoda građenja. Među tim metodama bio je porozni beton. Njemačka se koristila metodom proizvodnje takvog betona zbog nestašice materijala i zbrinjavanja velikih količina građevinskog otpada (cigle, šute). Tako je počelo istraživanje svojstava poroznog betona. U SAD-u se porozni beton tek kasnije koristi kao površina za parkirališta i manje cestovne trake. Danas zbog nedostatka ispitnih metoda ASTM-ov (American Society for Testing and Materials) pododbor C09.49 razvija metode za porozni beton. Od 2008. godine razvija se pet probnih standardnih testova koji uključuju:

- gustoću svježeg betona i sadržaj pora
- tlačnu čvrstoću
- čvrstoću na savijanje
- propusnost
- gustoću očvrstnulog betona i poroznost

Propusni ili porozni beton sadrži malo ili gotovo ništa sitnih čestica, a sastoji se uglavnom od krupnog agregata i cementne paste. Rezultat takvog sastava je veća količina pora u rasponu od 15 do 35% volumena.

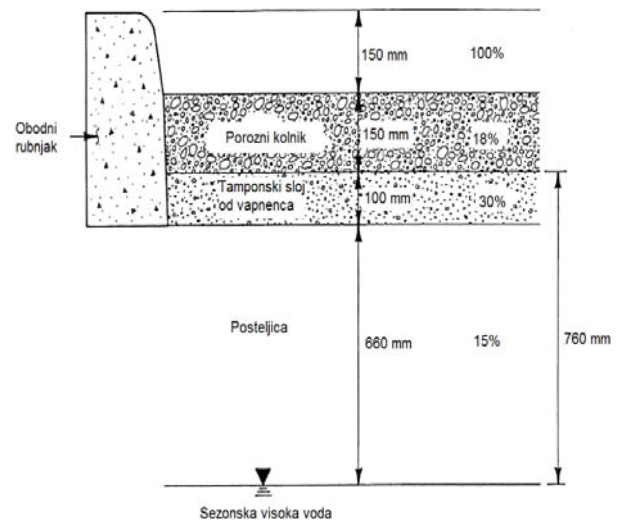
Propusni kolnik je kolnik s dovoljno kontinuiranih pora koje omogućuju da voda prođe s njegove površine do podložnih slojeva.

2. PRIMJENA

2.1. Primjena na kolnike

Inženjeri spominju propusni beton u kolnicima kao:

- površinski sloj – površina za parkirališta i manje cestovne trake
- propusne baze i rubne slivnike – za odvodnju vode koja bi se obično nakupljala ispod kolnika
- bankine – za smanjenje crpljenja ispod betonskog kolnika



Slika 1. Prikaz propusnog betonskog kolnika projektiranog za sustav zadržavanja oborinske vode

2.1. Ostale primjene

Slivnici od propusnog betona koriste se u vodnoj i energetske djelatnosti ispod hidrograđevinskih objekata za ublažavanje pritiska izdizanja te dopuštaju da se podzemne vode ispuštaju ispod kanalizacijskih cijevi.

U staklenicima se koristi za popločavanje podova da ne dođe do skupljanja vode na površini, da se eliminira rast korova, a ujedno je izdržljiva i tvrda površina za kretanje opreme. Može služiti kao skladišni prostor, ali i kao izmjenjivač topline za solarno grijani staklenik.

Kod teniskih terena propusne ploče omogućuju prodiranje vode, a zatim se voda izlučuje preko šljunčane baze do rubova ploče. U neke smjese uključen je lebeći pepeo koji služi za povećanje obradivosti.

Bukobrani i zidovi zgrada od propusnog betona ponekad su konstruirani za smanjenje buke. Ova diskontinuirana struktura teži da apsorbira i raspršuje zvuk u materijalu - da ga reflektira na drugu lokaciju.

3. PREDNOSTI I NEDOSTACI

Prednosti propusnog betonskog kolnika nad konvencionalnim betonskim kolnicima uključuju:

- kontroliranje kišnih onečišćenja na izvoru
- održavanje parkirališta suhima, bez stajaćih voda na površini (slika 2.)
- kontroliranje otjecanja oborinske vode
- smanjenje klizanja vozila na cestama i autocestama
- izrada dodatnih potisaka na zrakoplovu zbog hlađenja tijekom uzlijetanja
- smanjuje odsjaj na cestovnim površinama, pogotovo noću na mokrim cestama
- smanjuje buku koja nastaje interakcijom između gume i pločnika
- uklanja ili smanjuje veličinu oborinskih kanalizacija
- omogućuje zraku i vodi da dopru do korijenja stabala

Potencijalni nedostaci i izazovi propusnog betona:

- ograničeno korištenje u područjima kretanja teških vozila
- specijalizirane konstrukcije
- produženo vrijeme sušenja
- osjetljivost na sadržaj vode i kontrolu u svježem betonu
- posebna skrb u dizajnu kod nekih tipova tla kao što su ekspanzivna tla i ona osjetljiva na mraz
- nedostatak standardiziranih metoda ispitivanja
- eventualno potrebna posebna pažnja kod izvedbe na području visokih podzemnih voda



Slika 2. Propusni betonski kolnik



Slika 3. Konvencionalni betonski kolnik

4. MATERIJALI

4.1. Agregat

Krupniji agregat daje hidrološke prednosti zbog velikih pora i propusnosti. Dodavanje sitnog agregata može povećati tlačnu čvrstoću i gustoću, ali zato smanjuje brzinu protoka vode kroz masu propusnog betona. Najveće preporučene veličine čestica su oko 9,5 – 19 mm, što je dovoljno veliko kako bismo dobili otvorene pore i brzo prodiranje vode.

4.2. Cementni materijali

Dodatni cementni materijali, kao što su leteći pepeo, mljeveno-granulirana metalurška šljaka i silikatna prašina, mogu se koristiti kao dodatak portland cementu. Preporuča se ispitivanje materijala u probnoj mješavini da se provjeri kompatibilnost cementne smjese i da vrijeme vezanja, stopa razvojne snage, poroznost i permeabilnosti dadu potrebne karakteristike za predviđeni prostor i svrhu korištenja.

4.3. Dodaci

Dodaci koji se koriste u propusnom betonu:

- za smanjenje vode – koriste se ovisno o vodocementnom omjeru
- za usporavanje – koriste se za stabilizaciju i kontrolu hidratacije
- za ubrzavanje – mogu se koristiti kada se propusni betoni ugrađuju u hladnom vremenu
- primjese aeranata obično se ne koriste u propusnim betonima, ali mogu se koristiti u okruženjima osjetljivim na smrzavanje i odmrzavanje
- usporivači isparavanja – kada uvjeti sušenja u okolini stvaraju visoke stope isparavanja, što dovodi do raspuklina
- umjetna vlakna – za poboljšanje trajnosti u hladnim podnebljima

5. SVOJSTVA

5.1. Tlačna čvrstoća

Karakteristična tlačna čvrstoća propusnog betona kreće se od 2,8 do 28 MPa. Na tlačnu čvrstoću propusnog betona najviše utječe omjer smjese i napor uložen u zbijanje tijekom ugradnje. Posljedica povećanja veličine agregata je manja tlačna čvrstoća.

Otkriveno je da polimerni aditivi i mineralne primjese povećavaju tlačnu čvrstoću agregata za istu granulaciju. Ukupan sadržaj cementnih materijala smjese propusnog betona važan je za razvoj tlačne čvrstoće i strukture pora.

5.2. Čvrstoća na savijanje

Dodatak male količine pijeska (oko 5% po volumenu) povećava čvrstoću propusnog betona na savijanje. Čvrstoća na savijanje se povećala kada su se koristili polimerni aditivi. Savojna tlačna čvrstoća od približno 3 MPa utvrđena je za proporcionirani propusni beton agregata od 6 do 10 mm i 25% poroznosti.

5.3. Gustoća i veličina pora

Gustoća pora uvelike ovisi o granulaciji agregata, o sadržaju cementnog materijala, vodocementnom omjeru i snazi zbijanja.

Dokazan je utjecaj veličine pora na vodopropusnost i na akustičnu apsorpciju. Za generiranje pora većih veličina preporučuje se agregat veće veličine. Preporučuju se pore većih veličina jer one mogu smanjiti začepljenje pora.

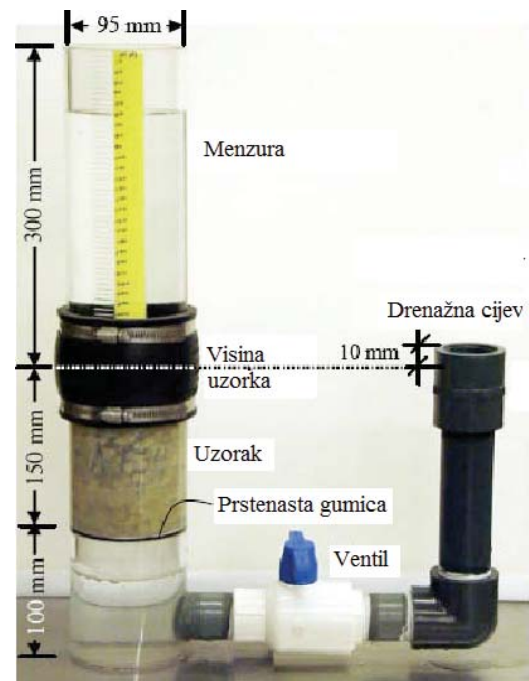
5.4. Brzina procjeđivanja

Brzina procjeđivanja propusnog betona izravno je vezana uz poroznost i veličinu pora. Ispitivanja su pokazala da je potrebna minimalna poroznost od 15% kako bi se postiglo značajnije procjeđivanje.

Propusnost propusnog betona može se mjeriti jednostavnim permeametrom promjenljivog potencijala kao što je prikazano na slici 3. U tom postupku uzorak je zatvoren u lateks membranu da se izbjegne tečenje vode s bočne strane uzorka. Sa zatvorenim ventilom menzura je ispunjena vodom. Zatim je ventil otvoren i mjeri se potrebno vrijeme t za pad vode od početne visine h_1 do konačne visine h_2 .

Uzorak mora omogućiti da voda izlazi kroz cijev sve dok razina u menzuri ne bude ista kao i na vrhu drenažne cijevi. To minimalizira zračne jastuke u uzorku i osigurava potpuno zasićenje uzorka.

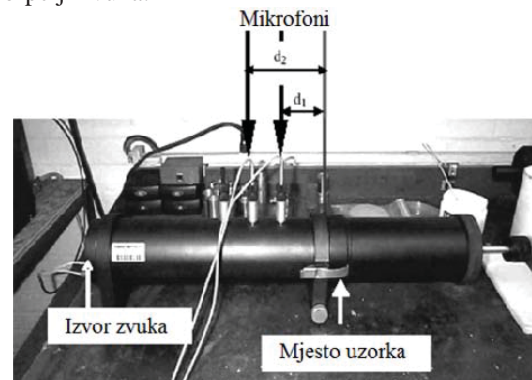
Za poroznosti od 20 do 25% koeficijent propusnosti je oko 0,01 m/s, dok druga studija kaže da je propusnost 36 l/m²/s.



Slika 4. Permeametar promjenljivog potencijala

5.5. Apsorpcija zvuka

Zbog prisutnosti velikog volumena međusobno povezanih pora, propusni beton je vrlo učinkovit u apsorpciji zvuka.



Slika 5. Impedancijska cijev za mjerenje karakteristika apsorpcije zvuka u propusnom betonu

Kako bi se procijenile karakteristike apsorpcije zvuka propusnog betona, može se koristiti impedancijska cijev kao što je prikazano na slici 4. Uzorak se stavlja unutar tankog, cilindričnog, teflonskog, cijevnog umetka u koji se uklapa i priljubljuje. Uzorak je smješten nasuprot krutog oslonca na jednom kraju impedancijske cijevi, koja je opremljena izvorom zvuka. Ravnina akustičnog vala generirana je izvorom zvuka i širi se duž osi cijevi. Mikrofonu postavljenu dužinom cijevi koriste se za otkrivanje tlaka zvučnog vala (prenosi se uzorkom) i dijela vala koji se reflektirao. Koeficijent refleksije tlaka (R) je omjer tlaka reflektiranog vala s nadolazećim valom na određenoj frekvenciji. Koeficijent apsorpcije α je mjera sposobnosti materijala da apsorbira zvuk. Materijal s koeficijentom apsorpcije 1,0 ukazuje na posve upijajući materijal, dok materijal s koeficijentom apsorpcije 0,0 označava materijal koji je potpuno reflektivan. Npr. normalni beton ima apsorpcijski

koeficijent od 0,03 do 0,05. Propusni beton obično ima apsorpcijski raspon od 0,1 (za slabo učinkovite mješavine) do gotovo 1 (za smjese s optimalnim volumenom i dimenzijama pora). Zbog ovisnosti koeficijenta apsorpcije o frekvenciji djelovanja zvučnih valova, važno je odabrati odgovarajuću debljinu propusnog betona kako bi se smanjili zvuci željene frekvencije.

6. OKOLIŠ I PROPUSNI BETON

Propusni beton je jedinstven i inovativan način upravljanja oborinskim vodama. Iz stajališta zaštite okoliša, njegova osnovna prednost je smanjenje ukupnog volumena otjecanja koje nosi onečišćujuće tvari u naše potoke, rijeke, jezera i oceane.

Ne samo da smanjuje količinu oborinske vode, propusni beton učinkovito ublažava zagađenje od prvog mlaza vode, kojim je oko 90% zagađivača odvedeno tijekom prvih 38 mm tipičnog kišnog događaja. Filtracija osigurana matricom pora unutar propusnog betona zadržava najmanje 80% organskih onečišćujućih tvari. Također je poboljšani potencijal za skupljanje vode u različite svrhe.

Propusni beton upija i zadržava manje topline i zahtijeva manje noćne rasvjete od najčešće korištenih konvencionalnih pločnika. Ima potencijala za smanjenje utjecaja urbanog toplinskog otoka i za smanjenje ugljika redukcijom energije.

7. ZAKLJUČAK

Propusni kolnik upija i propušta vodu, smanjuje buku i zagrijavanje u gradovima, a može se čak i koristiti za pročišćavanje vode.

Zbog premale tlačne čvrstoće, ovaj tip betona ne može se koristiti za ceste opterećene prometom.

On brzo upija dosta vode i zbog toga bi ga bilo izvrsno primijeniti za nogostupe, prilaze i parkirališta. Povećanje korištenja propusnog kolnika pridonijelo bi ekologiji - čistim vodama – te unapređenju održive gradnje.

8. LITERATURA

- [1] Report on Pervious Concrete : Reported by ACI Committee 522, 2010.
- [2] Bean, E.Z.; Hunt, W. F. Study on the Surface Infiltration of Permeable Pavements. Bidelspach. D. A., 2004.
- [3] Akan, Osman A. Sizing Stormwater Infiltration Structures. Journal of Hydraulic Engineering, Vol. 128, 2002.
- [4] Delatte, N. Concrete Pavement Design : construction and performance. Taylor & Francis : London, 2008.
- [5] Portland Cement Pervious Concrete Pavement : Field Performance Investigation on Parking Lot and Roadway Pavements, Department of Civil & Environmental Engineering. Cleveland, 2007.
- [6] Erdogan M. Sener. Porous Concrete Pavement Construction : Opportunity for Alternative Drainage Methodology Emphasis in Construction Education. Purdue School of Engineering and Technology, 2007.
- [7] <http://www.epa.gov/>
- [8] <http://www.usgbc.org/>
- [9] <http://www.perviouspavement.org/>
- [10] http://www.secpa.org/pervious_concrete.htm
- [11] <http://ecoconsulting.net/www/Leed.htm>

Kontakt:

Danijel Blažok, dipl. ing. građ., dipl. ing. geot.
e-mail: danijel.blazok@yahoo.com