

Procjena mjerne nesigurnosti određivanja tlačne čvrstoće mješavina

Andrea Strineka, Dalibor Sekulić, Jasna Putrić Brkić, Sanja Lopuh

Ključne riječi

mješavine,
tlačna čvrstoća,
mjerna nesigurnost,
procjena,
ispitne metode,
kontrola kvalitete

Key words

mixtures,
compressive strength,
measurement uncertainty,
estimation,
test methods,
quality control

Mots clés

mélanges,
résistance à la compression,
incertitude de mesure,
estimation,
méthodes d'essai,
contrôle de qualité

Ключевые слова

смеси,
прочность на давление,
измерительная
ненадёжность,
оценка,
испытательные методы,
контроль

Schlüsselworte

Mischgut,
Druckfestigkeit,
Messungsunsicherheit,
Abschätzung,
Prüfungsmethoden,
Qualitätskontrolle

A. Strineka, D. Sekulić, J. Putrić Brkić, S. Lopuh

Stručni rad

Procjena mjerne nesigurnosti određivanja tlačne čvrstoće mješavina

U radu je prikazan postupak procjene mjerne nesigurnosti rezultata određivanja tlačne čvrstoće prema normi HRN EN 13286-41. Istaknuta je potreba za provođenjem procjene dva tipa mjerne nesigurnosti (A i B) za ispitne metode kod kojih je to moguće provesti u praksi. Autori su ovim radom željeli pokazati da je podatak o mjernoj nesigurnosti još jedan od načina koji doprinosi kvaliteti mjernog rezultata i unapređenju sustava kontrole kvalitete u laboratoriju.

A. Strineka, D. Sekulić, J. Putrić Brkić, S. Lopuh

Professional paper

Estimation of measurement uncertainty when determining compressive strength of mixtures

The procedure for estimating measurement uncertainty during determination of compressive strength according to HRN EN 13286-41 is presented. It is emphasized that two types of measurement uncertainty should be determined (A and B) and for test methods in which this determination is possible in practical work. The objective of the paper is to show that the measurement uncertainty information is one of the data that contribute to higher quality of measurement results and to the improvement of quality control systems in laboratory conditions.

A. Strineka, D. Sekulić, J. Putrić Brkić, S. Lopuh

Ouvrage professionnel

L'estimation d'incertitude de mesure dans la détermination de résistance à la compression des mélanges

La procédure d'estimation de l'incertitude de mesure au cours de détermination de la résistance à la compression selon la norme HRN EN 13286-41 est présentée. Il est souligné que deux types l'incertitude de mesure doivent être estimées (A et B), et cela pour les méthodes d'essai qui permettent la réalisation pratique de cette estimation. L'objectif du présent ouvrage est de montrer que l'information sur l'incertitude de mesure est une des données qui contribuent à l'augmentation de la qualité des résultats de mesure, ainsi que à une meilleure contrôle de qualité dans des conditions de laboratoire spécifiques.

A. Стринека, Д. Секулуч, Ђ. Путрић Бркић, С. Лопух

Отраслевая работа

Оценка измерительной ненадёжности определения прочности на давление смесей

В работе показан способ оценки измерительности ненадёжности результатов, определения прочности на сжатие по нормe HRN EN 13286-41. Подчёркнута необходимость по проведению оценки двух типов измерительной ненадёжности (A и B) для испытательных методов, у которых это можно провести в практике. Авторы этой работой желали показать, что данное об измерительной ненадёжности является ещё одним из способов который вносит вклад в качество измерительного результата и продвижению системы контроля качества в лаборатории.

A. Strineka, D. Sekulić, J. Putrić Brkić, S. Lopuh

Fachbericht

Abschätzung der Messungsunsicherheit bei der Bestimmung der Druckfestigkeit von Mischgut

Dargestellt ist ein Verfahren der Abschätzung der Messungsunsicherheit der Ergebnisse auf Grund derer die Druckfestigkeit nach der Norm HRN EN 13286-41 bestimmt wird. Hervorgehoben ist die Notwendigkeit der Durchführung der Abschätzung für zwei Typen der Messungsunsicherheit (A und B) für Prüfungsmethoden bei denen die Durchführung in der Praxis möglich ist. Die Verfasser wollten mit diesem Beitrag zeigen dass die Angabe über die Messungsunsicherheit noch einer der Beiträge zur Qualität der gemessenen Ergebnisse und zum System der Qualitätskontrolle im Labor ist.

Autori: Mr. sc. **Andrea Strineka**, dipl. ing. kem. teh.; mr. sc. **Dalibor Sekulić**, dipl. ing. fiz.;
Jasna Putrić Brkić, dipl. ing. kem. teh.; **Sanja Lopuh**, ing. građ., Institut građevinarstva Hrvatske, Zagreb

1 Uvod

Metode ispitivanja mogu se podijeliti na kvalitativne i kvantitativne. Kod kvalitativnih je metoda ispitivanja nemoguće brojčano iskazati mjernu nesigurnost, no mogu se iskazati izvori nesigurnosti.

Prema zahtjevu norme HRN EN ISO/IEC 17025 [1], ispitni laboratoriji moraju imati i primjenjivati postupke za procjenu mjerne nesigurnosti za sva kvantitativna ispitivanja. Kod kvantitativnih je ispitnih metoda moguće iskazati tip A i tip B mjerne nesigurnosti, u skladu s ISO-ovim „Vodičem za iskazivanje mjerne nesigurnosti – GUM” [2].

Određivanje mjerne nesigurnosti vrste A jest metoda određivanja nesigurnosti statističkom analizom niza opažanja. S druge je strane određivanje vrste B mjerne nesigurnosti statistička procjena koja se primjenjuje kada iz mjernog procesa ne možemo odrediti, ili to nije ekonomično, neke sastavnice nesigurnosti. U tom se slučaju mjerna nesigurnost temelji na stručnoj prosudbi svih raspoloživih podataka o ulaznim veličinama X_i te iskustvu procjenitelja. Takvi podaci jesu: podaci dobiveni iz prijašnjih mjerenja, iskustvo ili poznavanje ponašanja mjerne opreme; specifikacije mjerne opreme; podaci iz umjernica i ovjernica itd. Dobro utemeljeno određivanje mjerne nesigurnosti vrste B može biti isto tako pouzdano kao i određivanje mjerne nesigurnosti vrste A posebno u slučajevima gdje se određivanje vrste A temelji samo na razmjerno malom broju statistički neovisnih opažanja.

2 Procjena mjerne nesigurnosti

2.1 Opis metode ispitivanja

Tlačna je čvrstoća definirana normom HRN EN 13286-41 [3] kao jednoosno naprezanje određeno u trenutku sloma uzorka uz konstantnu brzinu prirasta sile.

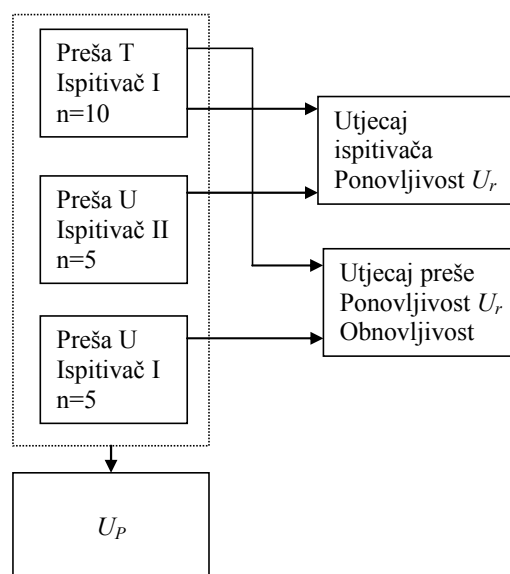
Postupak ispitivanja sastoji se od mjerenja dimenzija uzorka, smještanja uzorka između tlačnih ploča preše i njegova opterećivanja do sloma.

2.2 Procjena mjerne nesigurnosti A vrste

Mjerna nesigurnost vrste A procijenjena je na osnovi triju nizova neovisnih mjerenja. Mjerenja su provedena na dvjema prešama (T i U), uz dva ispitivača (I, II), na dvije vrste ispitnih uzoraka (uzorci male i velike čvrstoće) (slika 1.).

U tablicama 1. i 2. prikazani su rezultati svih provedenih ispitivanja, pripadajuća srednja kvadratna odstupanja (s), mjerne nesigurnosti ponovljivosti (u) i proširene mjerne nesigurnosti (U) svakog niza mjerenja:

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}; \quad (1)$$



Slika 1. Shema postupka procjene mjerne nesigurnosti A vrste

$$u = \frac{s(x_i)}{\sqrt{n}}; \quad (2)$$

$$U = 2 \times u \quad (3)$$

gdje je:

n - broj mjerenja u pojedinom nizu ($n_1 = 10$, $n_2 = 5$, $n_3 = 5$).

Tablica 1. Rezultati ispitivanja uzoraka velikih čvrstoća i mjerne nesigurnosti tipa A

	Broj mjerenja	R_C (MPa)	s (MPa)	u (%)	U (%)	U_p (%)
Preša T Ispitivač I	1	5,5	0,45	2,7	5,4	3,2
	2	5,4				
	3	5,2				
	4	4,8				
	5	5,8				
	6	5,5				
	7	4,6				
	8	5,5				
	9	4,4				
	10	5,3				
Preša T Ispitivač II	1	6,2	0,15	1,0	2,1	3,2
	2	6,3				
	3	6,1				
	4	6,3				
	5	6,5				
Preša U Ispitivač I	1	5,3	0,16	1,4	2,8	3,2
	2	5				
	3	4,9				
	4	5,2				
	5	5,1				

Tablica 2. Rezultati ispitivanja uzoraka malih čvrstoća i mjerne nesigurnosti tipa A

	Broj mjerjenja	R_C (MPa)	s (MPa)	u (%)	U (%)	U_p (%)
Preša T Ispitivač I	1	1	0,13	4,4	8,9	6,0
	2	1,1				
	3	1,0				
	4	1,1				
	5	0,8				
	6	0,7				
	7	0,9				
	8	0,9				
	9	0,9				
	10	0,9				
Preša T Ispitivač II	1	0,9	0,15	6,8	13,6	6,0
	2	1,0				
	3	1,3				
	4	1,0				
	5	1,0				
Preša U Ispitivač I	1	0,6	0,13	7,3	14,5	6,0
	2	0,7				
	3	0,9				
	4	0,9				
	5	0,8				

Za sve rezultate ispitivanja proračunana je skupna mjerena nesigurnost U_p (tablice 1. i 2.), dobivena iz skupnog srednjeg kvadratnog odstupanja s_p :

$$s_p = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k ((n_i - 1)s_i^2)}{\sum_{i=1}^k (n_i - 1)}}; \quad (4)$$

$$U_p = 2 \times s_p \quad (5)$$

gdje je:

$n_i - 1$ - broj stupnjeva slobode;

s_i^2 - varijanca pojedinog niza mjerjenja.

Tablica 3. Rezultati ispitivanja za velike čvrstoće na preši T s različitim ispitivačima, obnovljivost

	Broj mjer.	R_C (MPa)	s_r (MPa)	s_L (MPa)	s_R (MPa)	u_R (%)	U_R (%)
Preša T Ispitivač I	1	5,5	0,385	0,761	0,853	4,0	7,9
	2	5,4					
	3	5,2					
	4	4,8					
	5	5,8					
	6	5,5					
	7	4,6					
	8	5,5					
	9	4,4					
	10	5,3					
Preša T Ispitivač II	1	6,2	0,385	0,761	0,853	4,0	7,9
	2	6,3					
	3	6,1					
	4	6,3					
	5	6,5					

Daljnja analiza rezultata ispitivanja provedena je u skladu s normom ISO 5725-2:1994 [4], a rezultati analize predočeni su u tablicama 3., 4., 5. i 6.

Tablica 4. Rezultati ispitivanja za male čvrstoće na preši T s različitim ispitivačima, obnovljivost

	Broj mjerjenja	R_C (MPa)	s_r (MPa)	s_L (MPa)	s_R (MPa)	u_R (%)	U_R (%)
Preša T Ispitivač I	1	1,0	0,134	0,077	0,155	4,1	8,3
	2	1,1					
	3	1,0					
	4	1,1					
	5	0,8					
	6	0,7					
	7	0,9					
	8	0,9					
	9	0,9					
	10	0,9					
Preša T Ispitivač II	1	0,9	0,134	0,077	0,155	4,1	8,3
	2	1,0					
	3	1,3					
	4	1,0					
	5	1,0					

Tablica 5. Rezultati ispitivanja za velike čvrstoće na preši T i preši U s istim ispitivačima, obnovljivost

	Broj mjerjenja	R_C (MPa)	s_r (MPa)	s_L (MPa)	s_R (MPa)	u_R (%)	U_R (%)
Preša T Ispitivač I	1	5,5	0,386	0,041	0,388	1,9	3,9
	2	5,4					
	3	5,2					
	4	4,8					
	5	5,8					
	6	5,5					
	7	4,6					
	8	5,5					
	9	4,4					
	10	5,3					
Preša U Ispitivač I	1	5,3	0,386	0,041	0,388	1,9	3,9
	2	5					
	3	4,9					
	4	5,2					
	5	5,1					

Opća srednja vrijednost računana je iz izraza:

$$m = \bar{\bar{x}} = \frac{\sum_{i=1}^p n_i \bar{x}_i}{\sum_{i=1}^p n_i}, \quad (6)$$

gdje je:

p - broj promatranih nizova ispitivanja ($p = 2$);

n_i - broj uzoraka u pojedinom nizu ($n_1 = 10, n_2 = 5$).

Tablica 6. Rezultati ispitivanja za male čvrstoće na preši T i preši U s istim ispitivačima, obnovljivost

	Broj mjerjenja	R_C (MPa)	s_r (MPa)	s_L (MPa)	s_R (MPa)	u_R (%)	U_R (%)
Preša T Ispitivač I	1	1	0,127	0,106	0,165	4,8	9,7
	2	1,1					
	3	1					
	4	1,1					
	5	0,8					
	6	0,7					
	7	0,9					
	8	0,9					
	9	0,9					
	10	0,9					
Preša U Ispitivač I	1	0,6					
	2	0,7					
	3	0,9					
	4	0,9					
	5	0,8					

U obradi rezultata ispitivanja proračunate su tri varijance, mjerna nesigurnost obnovljivosti te proširena mjerna nesigurnost:

A) Varijanca ponovljivosti s_r^2 :

$$s_r^2 = \frac{\sum_{i=1}^p (n_i - 1) s_i^2}{\sum_{i=1}^p (n_i - 1)}, \quad (7)$$

B) Međulaboratorijska varijanca s_L^2 :

$$s_L^2 = \frac{s_d^2 - s_r^2}{\bar{n}}, \quad (8)$$

gdje su:

$$s_d = \frac{1}{p-1} \sum_{i=1}^p n_i (\bar{x}_i - \bar{\bar{x}}), \quad (9)$$

$$\bar{n} = \frac{1}{p-1} \left[\sum_{i=1}^p n_i - \frac{\sum_{i=1}^p n_i^2}{\sum_{i=1}^p n_i} \right]. \quad (10)$$

C) Varijanca obnovljivosti s_R^2 :

$$s_R^2 = s_r^2 + s_L^2 \quad (11)$$

D) Mjerna nesigurnost obnovljivosti u_R :

$$u_R = \frac{s_R}{\sqrt{n}} \quad (12)$$

E) Proširena mjerna nesigurnost U_R :

$$U_R = 2 \times u_R \quad (13)$$

2.3 Procjena mjerne nesigurnosti B vrste

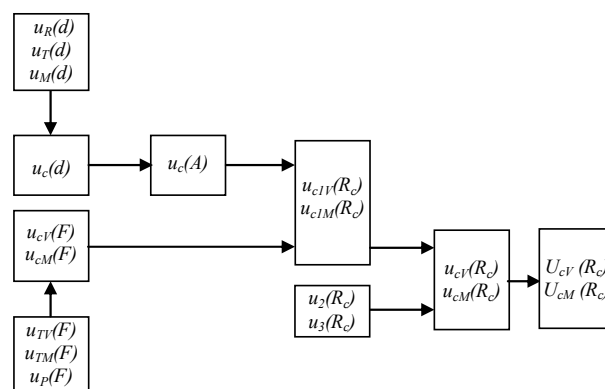
U metodi ispitivanja definiranoj normom predočena su granična odstupanja na sve bitne utjecajne veličine na ispitni uzorak (tablica 7.). Utjecajne su veličine podijeljene na veličine koje utječu na mjerenje sile kao jedne komponente mjerne nesigurnosti tlačne čvrstoće, veličine koje izravno utječu na mjerenje promjera ispitnog uzorka kao druge komponente i na veličine koje utječu direktno na tlačnu čvrstoću.

Tablica 7. Veličine koje utječu na rezultat ispitivanja i najveća dopuštena odstupanja

Utjecajna veličina		Najveće odstupanje
F	Ravnost tlačnih ploča preše	0,03mm
	Točnost preše	± 0,5 % (T) ± 1 % (U)
	Odstupanje uzorka od nazivnih dimenzija (h, D)	± 1 mm
	Paralelnost gornje i donje plohe ispitnog uzorka	<2,4 mm
d	Točnost pomičnog mjerila	± 0,03 mm
	Rezolucija pomičnog mjerila	± 0,01 mm
R _c	Brzina prirasta sile	lom uzorka za 30-60 s
	Centriranje ispitnog uzorka	1% promjera uzorka

Laboratorij umjeravanjem i pregledima opreme te mjerenjem geometrijskih parametara provjerava zahtjeve navedene u tablici 7.

Na osnovi najvećih dopuštenih odstupanja utjecajnih veličina (tablica 7.), procijenjena je mjerna nesigurnost vrste B. Koraci procjene prikazani su na slici 2.



Slika 2. Koraci procjene mjerne nesigurnosti

2.3.1 Nesigurnost površine

$$A = \frac{d^2}{4} \pi \quad (14)$$

Mjerna nesigurnost ploštine $u_c(A)$ proračunana je iz jednadžbe:

$$u_{TV}(F) = \frac{0,5}{\sqrt{3}} = 0,29 \% \quad (15)$$

gdje je $u_c(d)$ sastavljena mjerna nesigurnost mjerenja promjera:

$$u_c(d) = \sqrt{u_R^2(d) + u_T^2(d) + u_M^2(d)} \quad (16)$$

u_R - nesigurnost zbog razlučivosti pomičnog mjerila

u_T - nesigurnost zbog točnosti pomičnog mjerila

u_M - nesigurnost zbog mjerenja promjera uzorka

– rezolucija pomičnog mjerila 0,01 mm

$$u_R = \frac{0,01}{2\sqrt{3}} = 0,003 \text{ mm} \quad (17)$$

– prema specifikaciji proizvođača najveća dopuštena granična odstupanja iznose $\pm 0,03$ mm

$$u_T = \frac{0,03}{\sqrt{3}} = 0,017 \text{ mm} \quad (18)$$

– umjernica dokazuje da je točnost pomičnog mjerila unutar ovih granica vrijednosti

Nesigurnost zbog mjerenja promjera uzorka $u_M(d)$ dobivena je iz skupnoga srednjega kvadratnog odstupanja (4) s_p .

Vrijednost s_p (4) proračunana je iz

$p = 10$ serija od po $n = 4$ neovisna mjerenja: $s_p = 0,378$ mm što daje mjernu nesigurnost:

$$u_M(d) = \frac{s_p}{\sqrt{n}} = 0,189 \text{ mm} \quad (19)$$

Sastavljena mjerna nesigurnost mjerenja promjera $u_c(d)$ proračunana iz izraza (16) je:

$$u_c(d) = 0,190 \text{ mm}$$

Mjerna je nesigurnost ploštine (15):

$$u_c(A) = 44,8 \text{ mm}^2$$

2.3.2 Nesigurnost sile

Sastavljena mjerna nesigurnost mjerenja sile $u_c(F)$:

$$u_c(F) = \sqrt{u_P^2(F) + u_T^2(F)} \quad (20)$$

gdje je:

u_P - nesigurnost zbog neparalelnosti ploha ispitnog uzorka;

u_T - nesigurnost zbog točnosti preše.

Točnosti preša (preša T i preša U) očitane su iz umjernica. Preše za područje velikih sila pripadaju u razred točnosti 0,5, dok je za male sile razred točnosti 1:

$$u_{TV}(F) = \frac{0,5}{\sqrt{3}} = 0,29 \% \quad (21)$$

$$u_{TM}(F) = \frac{1}{\sqrt{3}} = 0,58 \% \quad (22)$$

Prema zahtjevu norme, odstupanje od paralelnosti ploha ispitnog uzorka na koje djeluje sila mora biti manje od 2,4 mm.

Odstupanje od paralelnosti ploha ispitnog uzorka daje relativnu standardnu mjernu nesigurnost:

$$u_P(F) = 0,0036 \%$$

Ova se sastavnica mjerne nesigurnosti zanemaruje pa je:

$$u_{cV}(F) = 0,29 \%$$

$$u_{cM}(F) = 0,58 \%$$

2.3.3 Nesigurnost tlačne čvrstoće

Sastavljena mjerna nesigurnost tlačne čvrstoće:

$$u_{c1}(R_C) = \sqrt{\left(\frac{1}{A_c}\right)^2 \cdot u_c^2(F) + \left(\frac{F}{A_c^2}\right)^2 \cdot u_c^2(A)} \quad (23)$$

Velike čvrstoće:

$$u_{c1V}(R_C) = 0,39 \%$$

Male čvrstoće:

$$u_{c1M}(R_C) = 0,64 \%$$

Nesigurnost zbog centriranja uzorka

Prema zahtjevu norme centriranje uzorka na donju ploču preše mora se provesti s točnošću od 1% promjera uzorka ($\pm 1,5$ mm).

Na osnovi iskustava stečenih prethodnim vlastitim ispitivanjima procijenjeno je da za provedena ispitivanja, utjecaj centriranja daje promjenu tlačne čvrstoće od 3,8 %, što daje mjernu nesigurnost:

$$u_2(R_C) = \frac{3,8}{2\sqrt{3}} = 1,1 \% \quad (24)$$

Nesigurnost zbog prirasta sile

Prema zahtjevu norme prirast sile treba biti odabran tako da do loma uzorka dođe 30 – 60 sekunda od početka primjene tlačne sile.

Literatura [5] navodi da brzina prirasta sile u opsegu od (0,14 - 0,34) MPa/s utječe na tlačnu čvrstoću u iznosu od 2,6 %. Dakle, dvostruka promjena prirasta sile daje promjenu tlačne čvrstoće 2,6 %:

$$u_3(R_C) = \frac{2,6}{2\sqrt{3}} = 0,75 \% \quad (25)$$

2.3.4 Ukupna mjerna nesigurnost

Ukupna mjerna nesigurnost tlačne čvrstoće proračunana je iz jednadžbe:

$$u_c(R_c) = \sqrt{u_{c1}^2(R_c) + u_2^2(R_c) + u_3^2(R_c)} \quad (26)$$

$$u_{cV}(R_c) = 1,4 \%$$

$$u_{cM}(R_c) = 1,5 \%$$

Proširena mjerna nesigurnost za faktor povjerenja $k = 2$ jest:

a) Za velike čvrstoće:

$$U_{cV}(R_c) = 2,8 \%$$

b) Za male čvrstoće:

$$U_{cM}(R_c) = 3,0 \%$$

Tablica 8. Mjerne nesigurnosti B vrste

	Sastavnica	Oznaka	Relativna normirana nesigurnost (%)
A	Točnost mjerila	$u_T(d)$	0,011
	Razlučivost	$u_R(d)$	0,0029
	Mjerenje promjera	$u_M(d)$	0,13
	Sastavljena nesigurnost mjerenja promjera	$u_c(d)$	0,13
	Nesigurnost ploštine	$u_c(A)$	0,25
F	Točnost mjerila	$u_{TV}(F)$ $u_{TM}(F)$	0,29 0,58
	Neparalelnost ploha	$u_P(F)$	0,0036
	Sastavljena nesigurnost sile	$u_{cV}(F)$ $u_{cM}(F)$	0,29 0,58
	R_c	Sastavljena nesigurnost tlačne čvrstoće	$u_{c1V}(R_c)$ $u_{c1M}(R_c)$
Nesigurnost centriranja		$u_2(R_c)$	1,1
Nesigurnost prirasta naprezanja		$u_3(R_c)$	0,75
Ukupna nesigurnost tlačne čvrstoće		$u_{cV}(R_c)$ $u_{cM}(R_c)$	1,4 1,5
		$U_c(R_c)$ za $k = 2$: 2,8 % za velike čvrstoće 3,0 % za male čvrstoće	

3 Diskusija i zaključci

Mjerna nesigurnost vrste A procijenjena je na osnovi triju nizova neovisnih mjerenja. Mjerenja su provedena na dvije preše (T i U), uz dva ispitivača, na ispitnim uzorcima malih i velikih čvrstoća.

Proširena mjerna nesigurnost vrste A za ispitne uzorke velikih čvrstoća iznosi 3,2 %, a za ispitne uzorke malih čvrstoća 6,0 % (tablice 1. i 2.).

Procjena mjerne nesigurnosti vrste B provedena je na osnovi utjecaja poznatih sastavnica mjerne nesigurnosti na rezultate ispitivanja (tablica 7.).

Procjenom vrste B dobivena je proširena mjerna nesigurnost 2,8 % za velike čvrstoće i 3,0 % za male čvrstoće.

Usporedbom procjene mjerne nesigurnosti vrste A i vrste B (u koju nije uključena nehomogenost uzorka kao komponenta) dobiven je utjecaj nehomogenosti:

$$U_{NEHOM}^2 = U_A^2 - U_B^2 \quad (27)$$

Za velike čvrstoće $U_{NEHOM} = 1,5 \%$.

Za male čvrstoće $U_{NEHOM} = 5,2 \%$.

Iz prikazanih se rezultata vidi da je kod malih čvrstoća utjecaj nehomogenosti dominantniji. Daljnjom analizom uočena je mala razlika u obnovljivosti između rezultata određivanja malih i velikih čvrstoća u odnosu na rad različitih ispitivača na istoj preši (7,9 % za velike čvrstoće i 8,3 % za male) (tablice 3. i 4.).

Određivanjem velikih tlačnih čvrstoća na različitim prešama uz rad istog ispitivača dobivena je obnovljivost $U_R = 3,9 \%$ (tablica 5.) dok je određivanjem malih tlačnih čvrstoća na različitim prešama uz rad istog ispitivača dobivena znatno lošija obnovljivost $U_R = 9,7 \%$ (tablica 6.). Takav rezultat može se povezati s različitim načinom ostvarivanja prirasta sile na prešama. Provjerom parametara preša uočeno je da preša T radi uz stalni prirast naprezanja, a preša U uz stalni prirast deformacije. Premda normom nije definiran način ostvarivanja prirasta sile, već je samo naveden zahtjev da do loma uzorka mora doći unutar 30 do 60 s od početka nanošenja opterećenja, može se pretpostaviti da bi jasno definiran način prirasta sile utjecao na dobitanje bolje obnovljivosti.

LITERATURA

- [1] HRN EN ISO/IEC 17025: 2007 - *General requirements for testing and calibration laboratories*, 5. Edition, June 2007 (includes corrigendum AC:2006) (ISO/IEC 17025:2005+Corr.1:2006; EN ISO/IEC 17025:2005+AC:2006)
- [2] *Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement*, (GUM), BIPM, IEC, IFCC, ISO, IUPAC, IUPAP, OIML, 1993.
- [3] HRN EN 13286-41:2003 *Nevezane i hidrauličnim vezivom vezane mješavine - 41. dio: Ispitna metoda za određivanje tlačne čvrstoće hidrauličnim vezivom vezanih mješavina* (EN 13286-41:2003)
- [4] ISO 5725-2:1994 *Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results. Basic methods for the determination of repeatability and reproducibility of a standard measurement method*
- [5] Zia, P.; Ahmad, S.; Leming M.: *High-Performance Concretes - A State-of-Art Report (1989-1994)*, U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration, FHWA-RD-97-030, 1997.
- [6] Godec, Z.: *Iskazivanje mjernog rezultata*, Graphis, Zagreb, 1995.
- [7] EA 4/02, *Izražavanje mjerne nesigurnosti pri umjeravanju*, HZN, Zagreb, 2008
- [8] Upute za iskazivanje mjerne nesigurnosti, DZNM, 1995.
- [9] Taylor B.N., Kuyatt C.E.: NIST Technical Note 1297, *Guidelines for Evaluating and Expressing the Uncertainty of NIST Measurement Results*, NIST, 1994.