

ИМК ИНСТИТУТ ЗА
МАТЕРИЈАЛЕ И
КОНСТРУКЦИЈЕ

Телефон (011) 33-70-152
(011) 32-18-505
Телефакс (011) 33-70-253
Е пошта: office@imk.grf.bg.ac.rs



УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
ГРАЂЕВИНСКИ ФАКУЛТЕТ

Булевар краља Александра 73
11120 Београд
П. факс 35-42
Телефон: (011) 321-86-06, 337-01-02
Телефакс: (011) 337-02-23
Е пошта: dekanat@grf.bg.ac.rs
www.grf.bg.ac.rs

ИНВЕСТИТОР: **НЮ – SYSTEM d.o.o.**
Булевар ослобођења 78
21000 НОВИ САД

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
-ГРАЂЕВИНСКИ ФАКУЛТЕТ
Бр. 132362/2-21
30-06-2021 20 __.год.
БЕОГРАД
Булевар краља Александра 73

ПРОРАЧУН

**СИГУРНОСТИ НЮ-MASTER ŠINA® УГРАЂЕНИХ У ЗИДОВЕ ОД ОПЕКЕ
ИЛИ КАМЕНА**

Београд, јун 2021.

Инвеститор: **ННО – SYSTEM d.o.o.** Булевар ослобођења 78,
21000 НОВИ САД

Објекат: Објекти зидани од опеке или од камена

Задатак: Прорачун сигурности ННО-master šina[®] уграђених у
зидове од опеке или камена

Руководилац задатка: др Ведран Царевић, дипл.грађ.инж.

Шифра задатка: **132362**

Датум израде: јун 2021.

УПРАВНИК ИНСТИТУТА


Проф. др Златко Марковић, дипл.грађ.инж.

ДЕКАН ГРАЂЕВИНСКОГ ФАКУЛТЕТА


Проф. др Владан Кузмановић, дипл.грађ.инж.



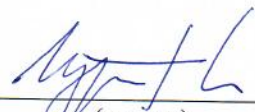


На основу члана 128 Закона о планирању и изградњи ("Службени гласник РС" бр. 72/09, 81/09 -исправка, 64/10 – УС, 24/11, 121/12, 42/13 – УС, 50/13 – УС, 98/13 – УС, 132/14, 145/14, 83/18, 31/19, 37/19 - др. закон и 9/2020) издаје се

ПОТВРДА

Да су сарадници Института за материјале и конструкције Грађевинског факултета Универзитета у Београду

1. др Ведран Царевић, дипл.грађ.инж.
(Руководилац задатка)



(потпис)

2. Драго Остојић, дипл.грађ.инж.



(потпис)

израдили ТЕХНИЧКУ ДОКУМЕНТАЦИЈУ под називом:

ПРОРАЧУН

СИГУРНОСТИ НИО-MASTER ŠINA® УГРАЂЕНИХ У ЗИДОВЕ ОД ОПЕКЕ ИЛИ КАМЕНА

Наведена документација је израђена у складу са захтевом Наручиоца и одредбама поменутог Закона.

Београд, јун 2021.

УПРАВНИК ИНСТИТУТА


Проф. др Златко Марковић, дипл.грађ.инж.

ДЕКАН ГРАЂЕВИНСКОГ ФАКУЛТЕТА


Проф. др Владан Кузмановић, дипл.грађ.инж.



PRORAČUN SIGURNOSTI HIO-master šina® UGRAĐENIH U ZIDOVE OD OPEKE ILI KAMENA

1. UVOD

HIO-tehnologija® podrazumeva **totalno presecanje** zidova i stubova građevinskih objekata bez obzira na njihovu debljinu i vrstu materijala od koga su zidani: opeka, kamen, kombinacija opeke i kamena trpanca i drugih materijala (čerpić ili naboj). Presecanje zidova se izvodi elektro-hidrauličkim mašinama visokih performansi i ultrabrzim dijamantskim reznim alatima. Presecanje se vrši etapno, u kampadama (širine 10-20 cm), a u tako formirane rezove injektira se specijalna cement-polimerna masa posebno razvijena za potrebe **HIO-tehnologije®**. Kroz tu žitku masu, jedna za drugom, širaju se i utiskuju **HIO-master šine®** čija vertikalna krilca, istog momenta, preuzimaju na sebe kompletno vertikalno opterećenje od gornjih delova objekta, bez neželjenih deformacija. **HIO-master šine®** su "samokajlujuće" celom svojom dužinom bez obzira na debljinu zida. **HIO-master šine®** svojim dizajnom i oblikom profila u potpunosti zadovoljavaju postavljene zadatke:

- jednom ugrađene u presečeni zid postaju nova trajna vodonepropusna barijera - nova horizontalna hidroizolacija, i
- svojom konstrukcijom sprečavaju sleganje objekta i pojavu mikropukotina.

2. PRORAČUN SIGURNOSTI ZA VERTIKALNO OPTEREĆENJE

- **Maksimalni dozvoljeni napon (σ_{max}) pri centričnom pritisku - za zidove zidane od zidnih elemenata opeke i maltera:**

- **MO (marka opeke) = 20 MPa**
- **MM (marka maltera) = 10 MPa**

iznosi $\sigma_{max} = 1,60 \text{ MPa}$

- uobičajena opterećenja u zidovima kod klasično građenih objekata znatno su manja,
- kod zidova starih objekata ugroženih vlagom - stvarni, uobičajeni, normalni naponi (σ_{sred}) kreću se u granicama od:

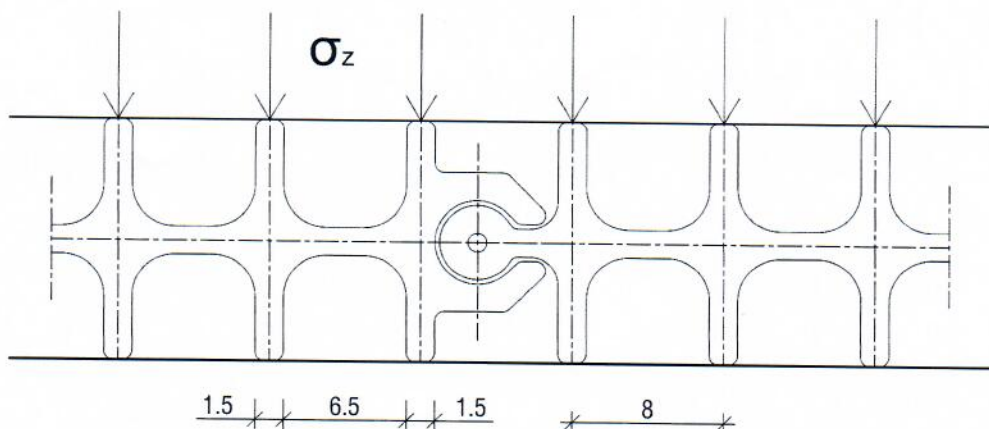
$$\sigma_{sred} = 0,15 - 0,30 \text{ MPa}$$

- u pogledu **dejstva vertikalnog opterećenja na rez** u koji se ugrađuje **HIO-master šina®**, bitna je činjenica da se presecanje zidova izvodi u veoma malim kampadama. Širina reza (kampade) ne sme biti veća od 10-20 cm (to iznosi 1,5-2,5 širine šine), tako da je od prenošenja opterećenja oslobođen samo mali deo zida, što predstavlja zanemarljivu veličinu u odnosu na širinu čitavog zida koji se preseca.
- **Zato što se presecanje izvodi u malim kampadama - ne dolazi do značajnijeg poremećaja naponskog stanja u zidu!**

Za proračun se uzimaju najnepovoljniji slučajevi:

- kada je injektirana masa još veoma žitka i praktično nema nikakvu nosivost,
- kada je šina ugrađena u zid bez injektirane mase - "na suvo".

Tada se kompletno opterećenje od gornjih delova objekta direktno prenosi na **HIO-master šine**[®], preko rebara (krilaca) širokih **d = 1,50 mm**, raspoređenih na osnovn rastojanju od **L = 8,00 mm**. Detalj šine je prikazan na sledećoj skici.



Detalj **HIO-master šine**[®] sa osnovnim dimenzijama

U slučaju kada je injektirana masa još sveža i nije u stanju da preuzme svoj deo opterećenja, kompletno opterećenje od gornjih delova zida na sebe preuzimaju vertikalna krilca šine, pa **prosečni napon u rebrima (krilcima) (σ_r) iznosi:**

$$\sigma_r = \sigma_z \times 8.00/1.5 = 5,333 \cdot \sigma_z$$

gde je:

σ_r - prosečan napon u rebrima (krilcima) dobijen računski

σ_z - napon u preseku zida neposredno iznad šine

Ako je napon u preseku zida neposredno iznad šine $\sigma_z = 1.6 \text{ MPa}$, tada je

$$\sigma_r = 1.6 \times 5.333 = 8.53 \text{ MPa}$$

Prilikom ispitivanja uzoraka **HIO-master šina**[®] utvrđena je **srednja granična nosivost šine (σ_s):**

$$\sigma_s = 10,39 \text{ MPa}$$

gde je:

σ_s - izmerena **srednja granična nosivost šine** (Izveštaj Fakulteta tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu, Departman za građevinarstvo i geodeziju, Novi Sad, broj 031-34/203-2019, od 10. 12. 2019.)

- Pri tome su **prosečni naponi (σ_r) u rebrima (krilcima)** bili:

$$\sigma_r = 10,39 \times 5,333 = 55,41 \text{ MPa}$$

- Ova vrednost, $\sigma_r = 55,41 \text{ MPa}$, odgovara naponu na granici elastičnosti za tvrdi PVC od koga je napravljena **HIO-master šina**[®] i on iznosi **50 - 60 MPa**.
- Iz ovoga sledi da **HIO-master šina**[®] sa velikim koeficijentom sigurnosti (γ) može da nosi zid u kome je maksimalni dozvoljeni normalni napon $\sigma_{\max} = 1,60 \text{ MPa}$:

$$\gamma = \sigma_s / \sigma_{\max} = 10,39 / 1,60 = 6,49 = 649\%$$

U zidovima od kamena normalni naponi mogu biti znatno veći nego kod zidova od opeke.

Ako usvojimo da je koeficijent sigurnosti $\gamma = 3,00$ - vidimo da se **HIO-master šina**[®] može ugraditi u zidove zidane od bilo kog materijala - čak i bez injektirane mase ("na suvo"), pod uslovom da je **normalni napon** (σ_k) manji od

$$\sigma_k = 10,39 / 3,00 = 3,46 \text{ MPa}$$

gde je: σ_k - normalni napon u zidu

Prilikom ispitivanja **HIO-master šine**[®] utvrđeno je da je za **srednju graničnu nosivost šine** $\sigma_s = 10.39 \text{ MPa}$, srednja vrednost deformacija **1.58 mm**. Prema tome, za napon od **1.6 MPa**, srednja vrednost deformacije iznosi oko **0.25 mm**.

ZAKLJUČAK: Egzaktnom primenom **HIO-tehnologije**[®] u potpunosti se eliminišu čak i potencijalne vertikalne deformacije zidova.

3. PRORAČUN SIGURNOSTI ZA HORIZONTALNO OPTEREĆENJE

U odnosu na delovanje horizontalnih sila, a to se u prvom redu odnosi na sile koje se javljaju prilikom zemljotresa, izvedena barijera ne sme da ugrožava nosivost i stabilnost objekta.

Zidani objekti se mogu smatrati veoma krutim konstrukcijama sa ukupnom težinom G , zajedno sa opterećenjem od snega i verovatnim (50%) korisnim opterećenjem. Objekti koji su predmet ove analize su uglavnom izgrađeni kao "obične zidane konstrukcije", dakle bez vertikalnih ili horizontalnih elemenata od armiranog betona. U najnepovoljnijim uslovima, oni mogu biti izloženi silama koje odgovaraju **IX stepenu seizmičkog intenziteta prema skali MCS**. Ukupna horizontalna seizmička sila koja deluje na objekat tada ima intenzitet:

$$S = K \times G$$

Koeficijent K - ukupni seizmički koeficijent, proračunava se prema obrascu:

$$K = K_o \times K_s \times K_d \times K_p$$

gde je

K_o - koeficijent kategorije objekta

K_s - koeficijent seizmičkog intenziteta

K_d - koeficijent dinamičnosti

K_p - koeficijent duktiliteta i prigušenja

Za IX stepen seizmičkog intenziteta prema skali MCS, koeficijent K iznosi:

$$K = 1,0 \times 0,10 \times 1,0 \times 2,0 = 0,20$$

a ukupna seizmička sila

$$S = 0,20 \times G$$

Ako se ova sila shvati kao smičuća sila koja deluje na nivou površine barijere, njoj će biti suprotstavljena čvrstoća na smicanje na toj površini (Izveštaj Fakulteta tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu, Departman za građevinarstvo i geodeziju, Novi Sad, broj 031-34/ND-HIO/1 - 2020, od 27.05.2021.).

Utvrđena karakteristična čvrstoća na smicanje, prema navedenom Izveštaju, iznosi 0,37 MPa u slučaju zida od opeke, odnosno 0,69 MPa u slučaju zida od kamena. Ta čvrstoća na smicanje je utvrđena prema **metodi B**, odnosno bez dodatne sile pritiska, što je na "strani sigurnosti".

Ako se usvoji pretpostavka da koeficijent trenja na kontaktu zid-barijera odgovara utvrđenoj karakterističnoj čvrstoći na smicanja od 0,37 MPa, onda vrednost sile trenja (T) može da se prikaže u obliku:

$$T = 0,37 \times G$$

Tada će **faktor sigurnosti** - „n“ u odnosu na dejstvo horizontalnih sila imati najmanju vrednost:

$$n = 0,37 / 0,20 = 1,85$$

Prema tome, i pod najnepovoljnijom pretpostavkom da će objekat biti izložen zemljotresu od čak IX stepeni skale MCS, objekat će u odnosu na dejstvo horizontalnih sila u ravni vodonepropusne barijere - imati minimalni faktor sigurnosti od 1,85 u slučaju zida od opeke. U slučaju zida od kamena taj koeficijent sigurnosti ima vrednost:

$$n = 0,69 / 0,20 = 3,45$$

To, na osnovu navedenog, znači da se ne može očekivati smicanje - klizanje zidova objekta po izvedenoj barijeri. Međutim, to što nije moguće smicanje po izvedenoj barijeri, ne znači da nije moguće smicanje po nekoj drugoj (postojećoj) spojnici u zidu. Drugim rečima, pouzdano se može konstatovati da primena HIO-tehnologije[®] ne dovodi do smanjenja seizmičke otpornosti objekta u celini.

4. ZAKLJUČAK

Na osnovu napred sprovedene analize može se konstatovati da primena HIO-tehnologije[®] ne ugrožava nosivost zidova od opeke ili kamena, za dejstvo vertikalnih i horizontalnih seizmičkih opterećenja u ravni vodonepropusne barijere, pa samim tim ne dovodi u pitanje lokalnu stabilnost zidova.

Beograd, jun 2021.


Drago Ostojić, dipl.inž.grad


Doc. dr Vedran Carević, mast.inž.grad.