

НЕКИ ПРИМЕРИ ВЕЗЕ СТУБ - СТУБ У МОНТАЖНИМ БЕТОНСКИМ КОНСТРУКЦИЈАМА

Ђорђе Михаиловић¹
Даница Голеш²

УДК: 624.012.35.078.6

DOI: 10.14415/zbornikGFS27.05

Резиме: Конструктивне везе префабрикованих елемената у монтажним бетонским конструкцијама су зоне од изузетног значаја у свим фазама извођења и експлоатације објекта. Правилним избором типа везе обезбеђује се не само жељени начин преноса оптерећења у експлоатацији, него и једноставност извођења, приступачност за контролу и одржавање, отпорност на пожар, трајност, жељени изглед и друго, уз минималну цену извођења и одржавања. У раду су разматрани принципи пројектовања и извођења веза стуб-стуб, које могу да приме и пренесу нормалне силе и моменте савијања. Приказано је неколико типова ових веза, са указивањем на предности и недостатке сваке од њих, као и објашњењем где се оне могу користити, а где их треба избегавати.

Кључне речи: Монтажне бетонске конструкције, везе стуб – стуб

1. УВОД

Док се префабрикација армиранобетонских и/или преднапрегнутих елемената једне монтажне бетонске конструкције (МБК) врши у условима који, уз висок степен контроле квалитета материјала, извођења, неге и складиштења, дају гаранцију високог квалитета готовог производа, дотле се међусобне везе ових елемената изводе на самом градилишту, под различитим временским условима, те са ограниченим могућностима контроле квалитета. Међутим, управо су спојеви префабрикованих елемената зоне које, не само да значајно детерминишу својства готове конструкције (начин преношења оптерећења, понашање при сеизмичким дејствима, трајност, приступачност за прегледе, одржавање и замену, и др.), него утичу и на цену извођења конструкције (захтеви за специјализованом радном снагом, потреба подупирања, посебни захтеви контроле квалитета, приступачност за извођење, употреба посебних спојних средстава...). Дакле, правилан избор везе утиче како на сигурност и употребљивост објекта, тако и на његову економичност, трајност, отпорност на дејство пожара и естетику.

Везе префабрикованих елемената морају имати довољну носивост, потребну крутост и дуктилност, а уколико су изложене атмосферским утицајима треба да

¹ Ђорђе Михаиловић, дипл. инж. грађ., е-маил: mihailovicdjordje@gmail.com

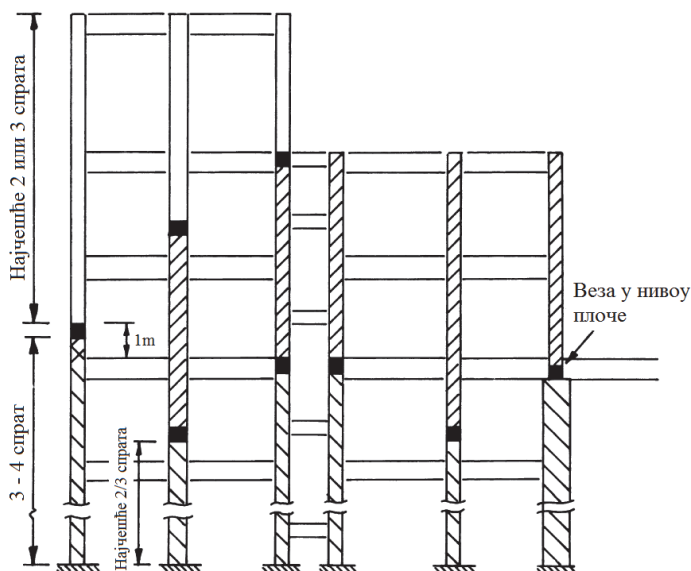
² Доц. др Даница Голеш, дипл. инж. грађ., Грађевински факултет Суботица, Козарачка 2а, тел: 024/554-300, е-маил: dgoles@gf.uns.ac.rs

поседују адекватна хидро и термоизолациона својства. При избору типа везе треба се придржавати принципа једноставности, водећи рачуна о свим посебним захтевима (нпр. цена, изглед готовог споја, посебни услови у току извођења и експлоатације и др.). Препоручује се избегавање веза чија носивост значајно зависи од носивости варова, трења итд. јер услед њиховог попуштања долази до појаве изненадног (кртог) лома.

У овом раду се разматра пројектовање и извођење неколико типова веза стуб – стуб, које су напрегнуте нормалним силама и моментима савијања, а базира се на једном делу семинарског рада „*Везе напрегнуте моментима савијања*“ [1], који је први аутор израдио у оквиру предмета Монтажне бетонске конструкције на Грађевинском факултету у Суботици. Највећи део рада базиран је на закључцима *fib*-ове комисије бр. 6, група 6.2, приказаним у Билтену [2].

2. ВЕЗА СТУБ – СТУБ

Веза стуб - стуб која преноси нормалне силе и моменте савијања најчешће се остварује или применом механичких конектора, анкерисаних у елементе приликом њихове префабрикације, или остваривањем континуитета арматуре помоћу спојки или заваривањем и накнадним заливањем споја бетоном или малтером.



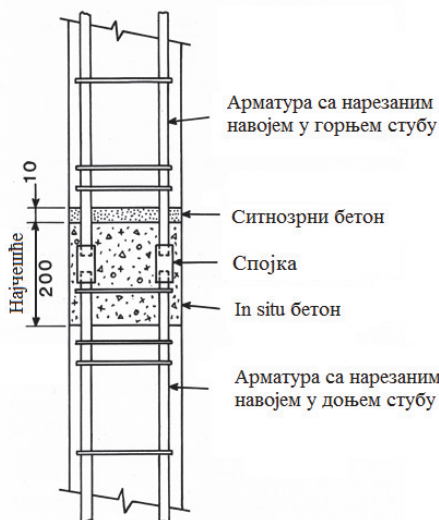
Слика 3. Пожељан положај веза стуб – стуб код стамбених објеката [3]

На који ће начин извести везу зависи од распореда елемената конструкције, врсте и интензитета утицаја, потребе да се веза заштити од пожара, изглед везе („скривена“ или „видљива“), захтева за обезбеђивање привремене стабилности, приступа градилишту, унутрашњег транспорта на градилишту, једноставности, цене. При пројектовању стамбених објеката или вишеспратних оквира важно је да не буду све

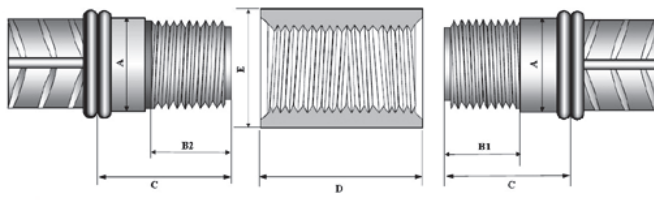
везе стуб – стуб на истој висини, како би се избегло формирање „равни попуштања“. Препоручује се наизменичан распоред веза (слика 1), где се прва веза формира између трећег и четвртог спрата (осим у случају петоспратних зграда, када се формира између другог и трећег спрата). Други спој се налази два или три спрата изнад првог споја. Спојеви могу да буду формирану у нивоу плоче или на погодној висини за рад – око 1m изнад нивоа плоче, где су и моменти савијања мањег интензитета [3].

2.1 Веза помоћу спојки

Веза помоћу спојки, приказана на слици 2, представља механичку везу префабрикованих елемената која је способна да прими како аксијално напрезање тако и моменте савијања. Прогушћене узенгије у споју се постављају ради спречавања извијања подужних притиснутих шипки арматуре и ради повећања чврстоће бетона утезањем. Ова веза захтева велику прецизност приликом постављања шипки са навојем (са дозвољеним одступањима око ± 3 mm), па је треба усвајати само уколико постоји поверење у извођаче и производни погон да могу постићи толику прецизност. Друга велика мана везе је чињеница да се све спојке морају притегнути истовремено.



Слика 4. Веза стуб – стуб помоћу спојки [2]

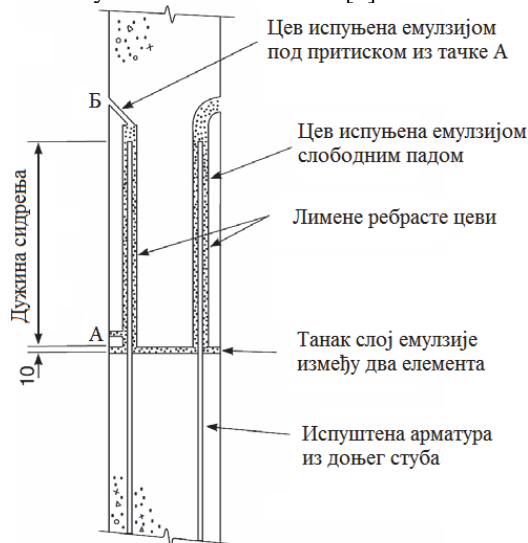


Слика 5. Спојка

Чврстоћа бетона који се користи за заливање споја треба да је једнака или већа од чврстоће бетона самог стуба. Погодно је додати одговарајуће адитиве бетону, како би имао експанзивна својства, чиме се спречава појава прелина услед скупљања. Висина споја је најчешће мања од 200 mm, а тежи се да бетон у споју буде изливен одједном. Уколико је спој веће запремине (преко 0.05 m³) или веће висине (преко 300 mm) изливање бетона се врши у два корака, остављајући уску празнину од 10 до 15 mm која се накнадно попуњава цементним малтером пропорције 2:1 песак/цемент [2], [3].

2.2 Веза помоћу испуштене арматуре и челичних цеви

Веза помоћу испуштене арматуре представља најшире распрострањену и можда најекономичнију везу стуб – стуб за пренос нормалних сила и момената савијања (слика 4). Користи се код затегнутих и притиснутих елемената, који могу бити како у вертикалном, тако и у хоризонталном положају. Током префабрикације се из једног елемента стуба испуштају шипке арматуре, док се у други уграђују глатке или оребрене челичне цеви, које формирају отворе. При монтажи се испуштена арматура једног елемента убацује у отворе другог. Преостали простор унутар челичних цеви се затим попуњава малтером, на један од два начина: под притиском из тачке А, све док се малтер не појави у тачки Б, или слободним падом. Предности ових веза су утегнутост бетона, танка спојница, континуитет затегнуте арматуре, једноставност производње и постављања, док су два основна недостатка потреба за привременим подупирањем и захтевана тачност положаја испуштених шипки арматуре. Препорука је да се испуштена арматура остави различите дужине, чиме се омогућава лакша монтажа [4].



Слика 4. Веза стуб – стуб остварена испуштеном арматуром [2]

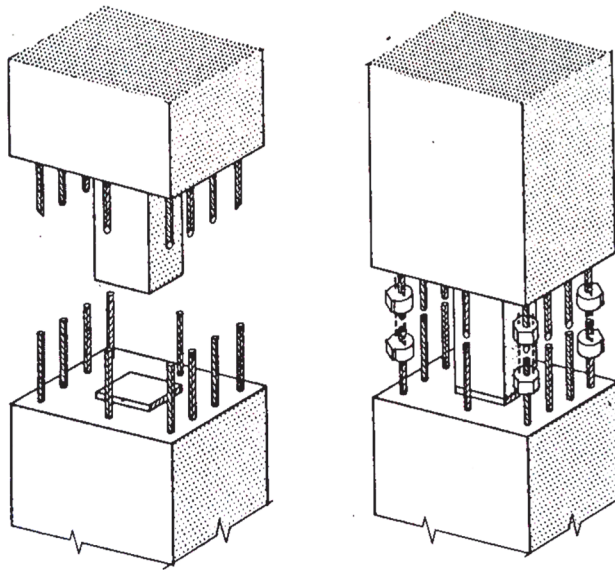


Слика 5. Детаљ споја – лимене ребрасте цеви код стубова [2]

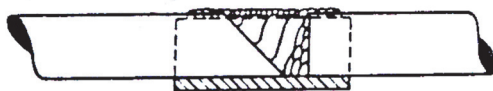
Многобројна испитивања спроведена у природној величини показала су да је интеракција нормална сила - момент савијања ових веза иста као код основног стуба.

2.3 Веза заваривањем испуштене арматуре

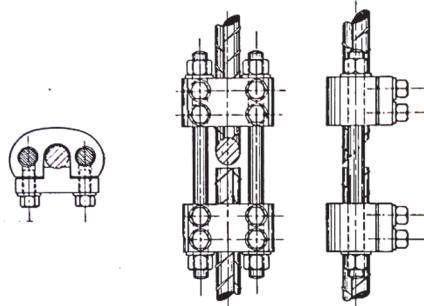
Код ове везе се главна арматура испушта из оба елемента стуба, те се сучељава под тупим углом и међусобно заварује (слика 6). Од броја заварених шипки и њиховог распореда по обиму стуба, зависи носивост везе на момент савијања. Први корак при извођењу ове везе је ослањање горњег стуба на доњи, преко суженог средишног језгра – „керна“ и довођење у вертикални положај. Керн треба димензионисати на сопствену тежину стуба. Горњи стуб се ослања на тежиште доњег стуба, на којем је постављен танки еластични подметач. Угаоне шипке се затим хватају у стеге (слика 8), чиме се осигурава привремена стабилност стуба, па се приступа заваривању арматуре - најпре шипки прихваћених стегамма, а затим осталих. Заваривање арматуре изводи се према детаљу на слици 7. По извршеном заваривању арматуре, на месту наставка додају се конструктивне узенгије, а затим се чвор бетонира.



Слика 6. Веза стуб - стуб обезбеђена заваривањем испуштене арматуре на туп сучељак [4]

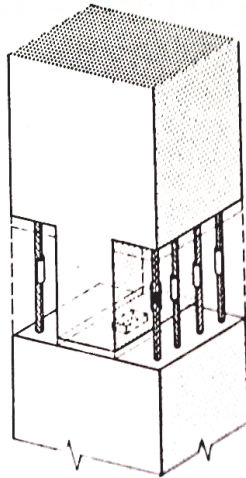


Слика 7. Детаљ заварене арматуре [4]



Слика 8. Стега [4]

Ако веза треба да пренесе моменте само у једном правцу, тада се попречни пресек горњег стуба сужава само са две стране и наставак арматуре изводи на тим двама странама. На слици 9 је приказан детаљ везе која прима моменте само око једне осе. Овде се спојница пре монтаже подлива цементним малтером.



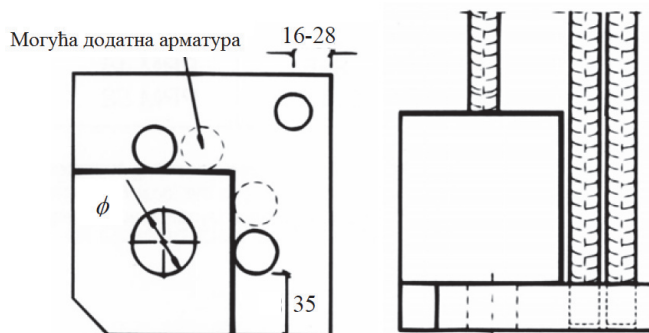
Слика 9. Веза стуб - стуб која преноси моменте у једном главном правцу [4]

Алтернативни начин постизања ове везе је заваривање на преклоп испуштене арматуре. Поступак димензионисања и извођења везе је сличан као у претходном случају. Главна арматура се испушта из горњег и доњег елемента стуба, тако да се при монтажи преклапа за потребну дужину заваривања. Веза може поднети велике моменте савијања и погодна је за стубове великог попречног пресека. Приликом заваривања треба тежити да сви варови буду изведени на исти начин и исте јачине, да би се избегао штетан утицај заваривања на неједнаку деформацију везе.

2.4 Веза помоћу челичних папуча

Монтажне челичне папуче (слика 10) се користе не само за везе стуб - стуб, него и при спајању стуба и темеља. Челичне папуче се постављају на сваки угао правоугаоног попречног пресека монтажног елемента, а изводе се и модификоване

верзије челичних папуча за попречне пресеке другачијег облика. Ове везе су скупе у погледу материјала и производње, али омогућују брзу и сигурну уградњу. Битна предност ових веза је велика толеранција приликом позиционирања завртњева (чак до 10 mm).

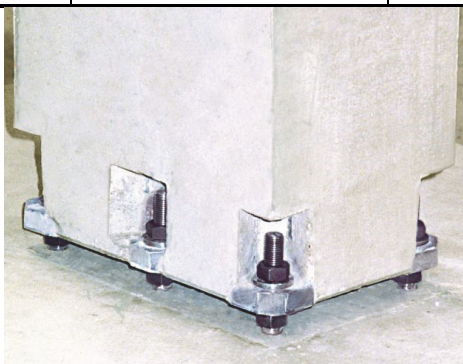


Слика 10. Челична папуча [2]

Свака папуча се састоји од челичне плоче, дебљине најчешће од 12 mm до 40 mm и ширине од 100 mm до 150 mm, за коју је спојена челична полуотворена кутија и арматура у троугластом распореду, која има функцију анкеровања папуче за бетонски елемент. Отворена кутија је најчешће димензија 80 x 80 x 80 mm. У центру отворене кутије се налази отвор у који се поставља завртањ, најчешће пречника 16 – 40 mm, који обезбеђује везу између елемената. Носивост саме везе се увек одређује на основу носивости завртњева, а никад на основу везе челичне папуче и монтажног елемента. У табели 1. су приказане уобичајене димензије плоче и носивост на силу затезања по папучи у функцији пречника завртња [2].

Табела 1. Типичне димензије плоче папуче и носивост завртња при затезању [2]

Челична плоча [mm]	Пречник завртња [mm]	Носивост завртња [kN]
110x110x12	M16	69
120x120x18	M20	108
140x140x25	M24	182
170x170x35	M30	275

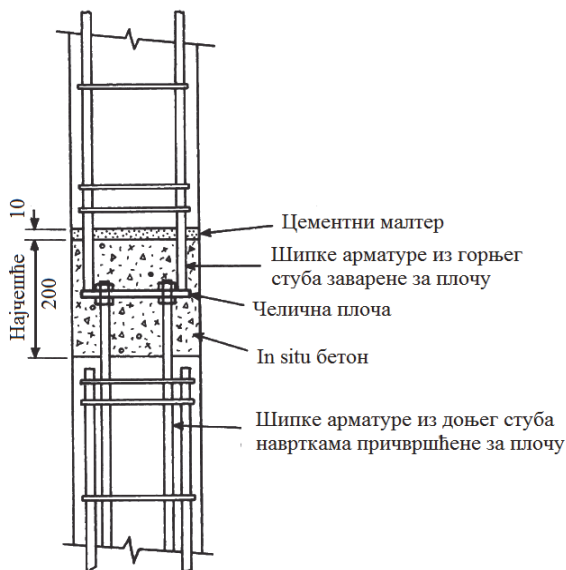


Слика 11. Стуб са челичним папучама

2.5 Веза помоћу заварене плоче

Веза помоћу заварене плоче (слика 12) се изводи тако што се арматура испуштена из доњег стуба наврткама фиксира за плочу претходно заварену за испуштenu арматуру горњег стуба, а спој се затим залива бетоном.

Носивост везе на притисак зависи од чврстоће бетона испуне и од носивости арматуре. Притисна врстоћа бетона испуне треба да је једнака чврстоћи бетона стуба, али не већа од 40 N/mm^2 , осим у случају да су испитивања показала да се може користити бетон већих чврстоћа.



Слика 12. Веза стуб – стуб помоћу заварене плоче [3]

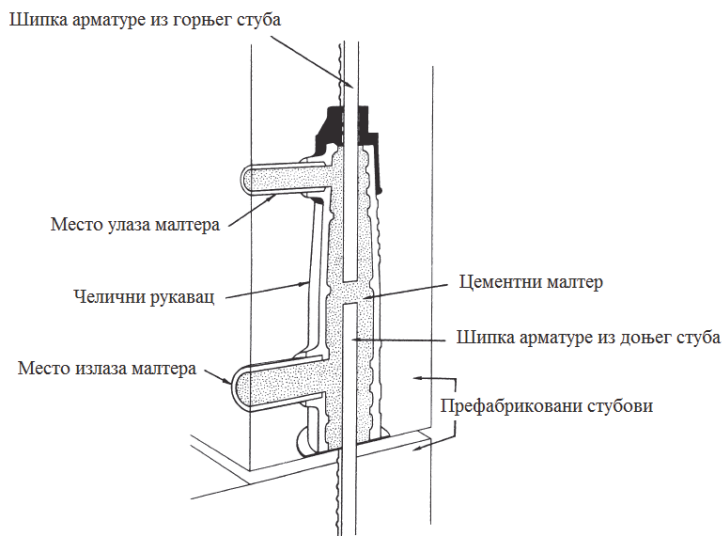
Арматура из горњег стуба се поставља у отворе на плочи, који су већег пречника од пречника арматуре за $8 - 10 \text{ mm}$, како би се омогућио угаони вар. Сучеона веза арматуре и плоче, са угаоним варовима изведеним директно на плочи, није дозвољена. Носивост вара треба да је већа од границе развлачења арматуре.

Када се ова веза изводи у зони међуспратне плоче, тада димензије челичне плоче могу бити исте као и димензије попречног пресека стуба, а дебљина заштитног слоја бетона до шипки у споју иста као и у стубовима. Међутим, када се спој изводи изнад међуспратне плоче, и сама челична плоча мора бити заштићена слојем бетона, дебљине најчешће 35 до 40 mm . Због тога дебљина заштитног слоја бетона до арматуре у споју износи око 70 mm , што за последицу има редукуију крака унутрашњих сила и смањење момента носивости везе [3].

2.6 Веза наставком арматуре у рукавцу

Веза се обезбеђује наставком арматуре унутар рукавца формираног у горњем делу стуба (слика 13), који се затим под притиском испуњава цементним малтером. Рукавац је патентиран од стране А. А. Уее из САД-а [3]. Ова веза може да буде у

горизонталном или вертикалном положају и у стању је да пренесе и притисак и затезање.



Слика 13. Веза стуб – стуб помоћу рукавца [3]

Малтер за испуну често садржи челична влакна и адитиве за побољшање његових карактеристика. Дужина сидрења арматуре може се смањити на 8 пречника арматуре, захваљујући утегнутости убризганог малтера зидовима челичних цеви [2], [3].

2.7 Пример прорачуна везе стуб – стуб остварене помоћу испуштене арматуре и челичних цеви

Изречунати потребну површину арматуре за остваривање везе стуб – стуб, напегнуте нормалном силом и моментом савијања ($N_{Ed} = 1440 \text{ kN}$, $M_{Ed} = 210 \text{ kNm}$). Веза се остварује преко арматуре испуштене из доњег, и челичних цеви уграђених у горњи стуб. Одредити потребну дужину анкеровања ове арматуре. Попречни пресек стуба је квадратног облика, димензија $400 \times 400 \text{ mm}$. Прорачун радити према Еврокоду 2 [5]. Класа чврстоће бетона који се уграђује у спој је С30/37, а карактеристична граница развлачења челика $f_{yk} = 500 \text{ N/mm}^2$.

$$N_{Ed} = 1440 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 210 \text{ kNm}$$

Претпоставимо да је пречник подужне арматуре $\phi 25$, а заштитни слиј бетона до оребрене цеви дебљине 40 mm . Минимална статичка висина се добија када шипка подужне арматуре додирује унутрашњу ивицу цеви:

$$d = 400 - 40 - 50 + 12.5 = 322.5 \text{ mm}$$

$$d_2 = h - d = 400 - 322.5 = 77.5 \text{ mm}$$

$$\frac{d_2}{h} = \frac{77.5}{400} = 0.19 \approx 0.20$$

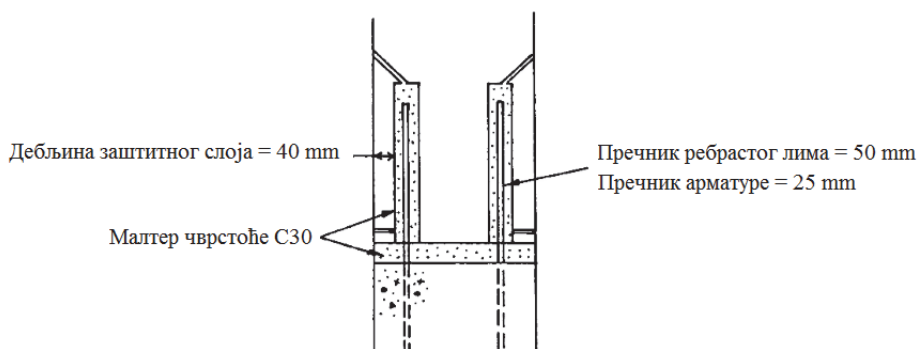
Потребна површина арматуре се одређује на основу интеракционог дијаграма (слика 15), који је добијен према Еврокоду 2 [5].

$$\frac{N_{Ed}}{f_{ck}bh} = \frac{1440 \cdot 10^3}{30 \cdot 400 \cdot 400} = 0.30$$

$$\frac{M_{Ed}}{f_{ck}bh^2} = \frac{210 \cdot 10^3 \cdot 10^3}{30 \cdot 400 \cdot 400^2} = 0.11$$

$$\frac{A_s f_{yk}}{f_{ck}bh} = 0.20 \Rightarrow A_s = 0.20 \cdot \frac{f_{ck}}{f_{yk}} bh = 0.20 \cdot \frac{30}{500} \cdot 40 \cdot 40 = 19.20 \text{ cm}^2$$

Усваја се: 4Ø25 ($A_s = 19.63 \text{ cm}^2$)



Слика 14. Детаљи везани за пример

Прорачун дужине анекровоња, под претпоставком лоших услова приањања:

$$f_{bd} = 2.25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd} \quad (\text{EN 1992 - 1 - 1, члан 8.4.2, израз (8.2)})$$

$$\eta_1 = 0.7$$

$$\eta_2 = 1$$

$$f_{ctd} = \alpha_{ct} \cdot f_{ctk,0.05} / \gamma_c = \alpha_{ct} \cdot 0.7 \cdot f_{ctm} / \gamma_c = \alpha_{ct} \cdot 0.7 \cdot 0.3 \cdot (f_{ck})^{2/3} / \gamma_c$$

$$f_{ctd} = 1 \cdot 0.7 \cdot 0.3 \cdot (30)^{2/3} / 1.5 = 1.35 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{bd} = 2.25 \cdot 0.7 \cdot 1 \cdot 1.35 = 2.13 \text{ N/mm}^2$$

$$l_{bd,rqd} = \frac{\phi \cdot \sigma_{sd}}{4 \cdot f_{bd}} \quad (\text{EN 1992 - 1 - 1, члан 8.4.3, израз (8.3)})$$

$$l_{bd,rqd} = \frac{25 \cdot 435}{4 \cdot 2.13} = 1276 \text{ mm}$$

$$l_{bd} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot l_{bd,rqd} \quad (\text{EN 1992 - 1 - 1, члан 8.4.4, израз (8.4)})$$

$$\alpha_1 = \alpha_3 = \alpha_4 = \alpha_5 = 1.0$$

$$\alpha_2 = 1 - 0.15 \cdot (65 - 25) / 25 = 0.76$$

$$l_{bd} = 1 \cdot 0.76 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1276 = 970 \text{ mm}$$

Минимална дужина анекровоња:

- За анекровоње затегнуте арматуре (EN 1992-1-1, члан 8.4.4, израз (8.6))

$$l_{b,min} > \max \left\{ \begin{array}{l} 0.3 \cdot l_{bd,rqd} = 0.3 \cdot 1276 = 382.8 \text{ mm} \\ 10\phi = 10 \cdot 25 = 250 \text{ mm} \\ 100 \text{ mm} \end{array} \right.$$

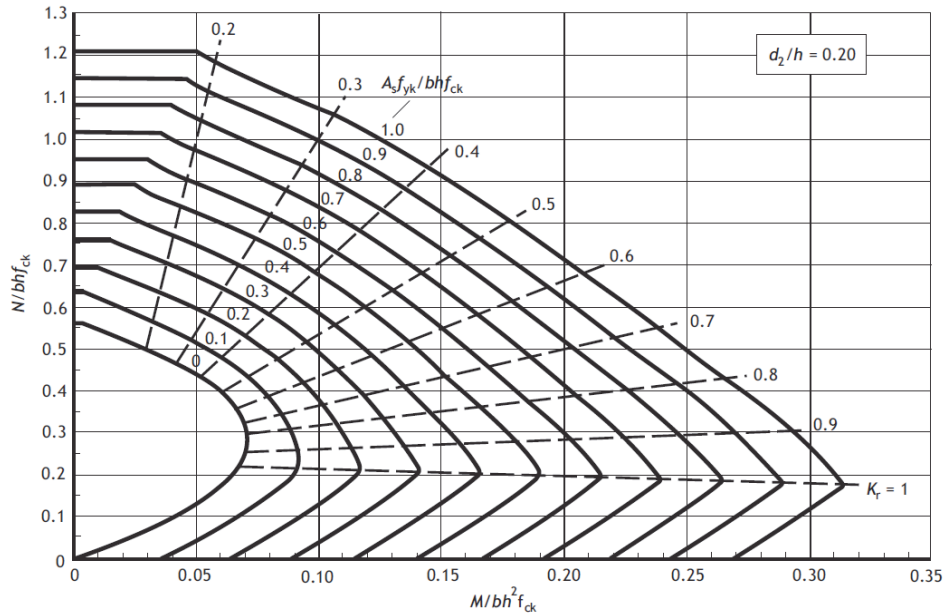
$$l_{b,min} = 385 \text{ mm}$$

- За анкерованье притиснуте арматуре (EN 1992-1-1, члан 8.4.4, израз (8.7))

$$l_{b,min} > \max \begin{cases} 0.6 \cdot l_{bd,rqd} = 0.6 \cdot 1276 = 765.6 \text{ mm} \\ 10\phi = 10 \cdot 25 = 250 \text{ mm} \\ 100 \text{ mm} \end{cases}$$

$$l_{b,min} = 770 \text{ mm}$$

$$l_{bd} > l_{b,min}$$



Слика 15. Интеракциони дијаграми добијени према Еврокоду 2 [6]

3. ЗАКЉУЧАК

У раду су разматрани начини остваривања везе стуб – стуб оптерећене аксијалним силама и моментима савијања. Сваки од приказаних типова везе има своје предности и недостатке. Избор адекватног типа везе у конкретном случају зависи од врсте и нивоа оптерећења, доступности потребних елемената везе, могућности и искуства погона за префабрикацију и извођача радова на градилишту, цене извођења, те других посебних захтева.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Михаиловић, Ђ.: *Везе напрегнуте моментима савијања*, Семинарски рад из предмета Монтажне бетонске конструкције, Грађевински факултет Суботица, 2015.

- [2] *Structural connections for precast concrete buildings*, fib Bulletin No. 43, **2008.**, page 310 – 314.
- [3] Elliot, K.S., Jolly, C.K.: *Multi-storey Precast Concrete Framed Structures*, 2nd Edition, Wiley-Blackwell, **2013.**, page 503 – 517.
- [4] Петровић, М.: Монтажне армиранобетонске конструкције, *Часопис Изградња - специјално издање*, Београд, **1981.**
- [5] *EN 1992-1-1 Eurocode 2: Design of concrete structures - Part 1-1: General rules and rules for buildings*, CEN European Committee for Standardization, **2004.**
- [6] Bond, A.J. et al.: *How to Design Concrete Structures using Eurocode 2*, The Concrete Centre, **2006.**

SOME EXAMPLES OF COLUMN–TO–COLUMN CONNECTION IN PRECAST CONCRETE STRUCTURES

Summary: *Connections between elements in precast concrete structures are of exceptional importance in all phases of construction and exploitation. With proper selection of connections, not only the desired way of transferring load is ensured, but also the simplicity of construction, accessibility for control and maintenance, fire resistance, durability, price etc. This paper is concerned with the principles of the design and construction of column-to-column connections, which can receive and transfer axial load and bending moment. Several types of these connections are shown, with indications on their advantages and disadvantages. Moreover, there is an explanation where the certain connections can be used, and where they should be avoided.*

Keywords: *Precast concrete structures, column-to-colum connections*