

АНАЛИЗА ПРОБОЈА СТУБА КОД ИЗГРАДЊЕ ПОДЗЕМНИХ ЕТАЖА

Ковач Стрико Јосип¹
Чех Арпад²
Табаковић Драгана³

УДК: 625.748.28

DOI: 10.14415/konferencijaGFS2014.039

Резиме: Рад приказује нумеричко истраживање понашања АБ плоче подземне гараже. Испитује се пробој стуба кроз АБ плочу при сталном и корисном оптерећењу. Упоредјују се резултати добијени из модела у програмском пакету Tower са резултатима издвојеног дела плоче и стуба моделираног у програму Ansys. Резултати прорачуна и њихова упоредна анализа су дати у раду.

Кључне речи: Пробој стуба, моделирање, Eurocode.

1. УВОД

У градским срединама се због све већег броја становништва, а тако и броја аутомобила јавља већа потреба за обезбеђењем паркинг места.

Како су површине простора ограничене, посебно у централном делу града - градском језгру, једино адекватно решење је обезбеђење паркинг места у подземним деловима стамбених објеката или подземним наменским гаражама.

Ово решење се сматра економичним са становишта уштеде простора али се грађењу ових објеката мора приступити са посебном пажњом јер изградња ове врсте објеката може проузроковати проблеме стабилности објекта у изградњи па и суседних објеката.

При пројектовању ове врсте објеката поред осталог посебну пажњу треба посветити прорачуну пробоја стубова кроз плочу међуспратне конструкције.

Предмет разматрања у овом раду је објекат пројектован са две подземне етаже/нивоа.

Сви елементи објекта су монилитни и изводе се од армираног бетона. Конструкција објекта се састоји од темељне АБ плоче, међуспратне АБ плоче, кровне АБ плоче, АБ дијафрагми, АБ зидова, АБ стубова и АБ шипова.

¹ Ковач Стрико Јосип, дипл.инж. грађ., Универзитет у Новом Саду, Грађевински факултет Суботица, Козарачка 2а, Суботица, Србија, тел: 024 554 300, е – mail: kovacj@gf.uns.ac.rs

² Чех Арпад, дипл.инж. грађ., Универзитет у Новом Саду, Грађевински факултет Суботица, Козарачка 2а, Суботица, Србија, тел: 024 554 300, е – mail: ceh.arpad@gf.uns.ac.rs

³ Табаковић Драгана, дипл.инж. грађ., Универзитет у Новом Саду, Грађевински факултет Суботица, Козарачка 2а, Суботица, Србија, тел: 024 554 300, е – mail: tabakovic@gf.uns.ac.rs

При томе су сви наведени елементи пројектовани и димензионисани према постојећим техничким прописима и стандардима.

При прорачуну конструктивних елемената објекат је моделиран у два програмска пакета и урађена је контрола смичућих напона према важећем Правилнику за бетон и армирани бетон, као и контрола напона према европским стандардима односно према Eurocode-у. Дата је упоредна анализа добијених резултата.

2. ОПИС АНАЛИЗИРАНОГ ДЕЛА КОНСТРУКЦИЈЕ

Посматрана плоча је АБ међуспратна плоча подземне етаже. Она је пројектована као пуна плоча константне дебљине 30цм, од марке бетона С30/37.

АБ стубови гараже су кружног попречног пресека пречника 60цм, марке бетона С30/37. Изводе се у две фазе због технолошког поступка извођења међуспратних АБ плоча.

У првој фази стубови су формиран од челичних бешавних цеви попречног пресека $\phi 298.5/10$ мм, квалитета С235ЈО (СРПС ЕН 10025:2003), које се испуњавају бетоном марке С30/37, након постављања арматурног коша. У другој фази након ископа и извођења темељне АБ плоче врши се „прстенасто“ добетонирање стубова по обиму „прстеном“ дебљине 15цм, од бетона марке С30/37. Осовинско растојање стубова је 8.0м.

У програмском пакету Tower [1] је моделирана цела конструкција, на основу детаљне анализе оптерећења на модел је нането стално и корисно оптерећење као површинско, извршен је прорачун и димензионисање свих елемената конструкције па тако и АБ плоче. У

својена је арматура у плочи R ϕ 16/20 (B500A) у оба правца.

Контрола смичућих напона у програму Tower се спроводи према важећим прописима у републици Србији, односно према Правилнику за бетон и армирани бетон [2] и према европским стандардима.

При томе Правилник је дефинисао да се у вертикалним пресецима плоче, око стуба односно концентрисаног оптерећења, рачунају утицаји релевантни за сигурност плоче на пробијање и по потреби изврши осигурање попречном арматуром.

Максимални рачунски смичући напон услед пробијања за пресек 1-1 (Слика 1.) се рачуна према следећем обрасцу:

$$\tau = \frac{T_{\max}}{O_{\text{кр}} \cdot h_s} \quad (1)$$

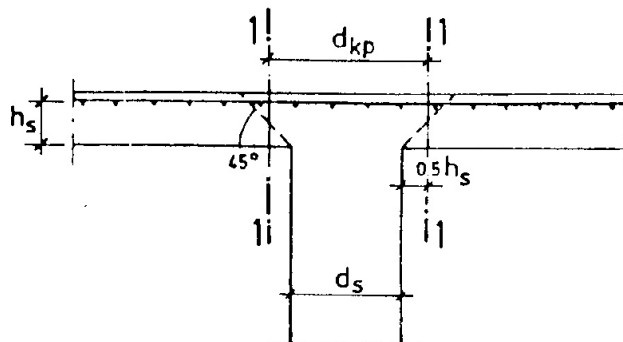
Где су:

T_{\max} - највећа трансверзална сила при експлоатационом оптерећењу

h_s - највећа статичка висина плоче за два усвојена правца арматуре

$O_{\text{кр}}$ - обим пресека око стуба или ојачања са пречником $d_{\text{кр}}$, $O_{\text{кр}} = d_{\text{кр}} \cdot \pi$

На слици 2 дати су резултати прорачуна по програму Tower где је извршена провера смичућих напона на 10, 20, 30 и 40 цм од ивице стуба према важећим прописима у републици Србији док су на слици 3 дати резултати прорачуна на основу истог програма према европским стандардима.



Слика 1. Критичан пресек 1-1
Figure 1. Critical cross-section 1-1

Прорачун на пробијање стубова (слика 1) урађен је у програму Ansys [3] где је посматран и анализиран део плоче око наведеног средишњег стуба.

Како се ради о симетричном попречном пресеку стуба моделирана је четвртина стуба са плочом димензија 2x2м односно четвртином распона између стубова. Модел у програму Ansys је рађен са две врсте елемената.

Плоча, стуб и челичне цеви су моделирани са елементима типа SOLID45, док је усвојена арматура моделирана са елементима типа LINK8. Вредности за модуле еластичности и Poisson-ове коефицијенте за челик и бетон су усвојене као у претходном примеру у програму Tower.

Искоришћена је иста анализа оптерећења с тим што је оптерећење у овом случају нането као концентрисано у чворним тачкама елемената.

Након прорачуна овог модела извршена је контрола смичућих напона.

3. РЕЗУЛТАТИ

У програму Tower димензионисање се врши на основу контроле усвојене арматуре кроз контролу пробоја стуба кроз плочу према важећим прописима и стандардима и према европским прописима. У програму Ansys се врши контрола смичућих напона и њихово поређење са резултатима у Tower-у.

На слици 2 и 3 дати су резултати програма Tower где се може уочити да су смичући напони у дозвољеним границама према важећим прописима, док према европским прописима усвојена арматура не задовољава, за сваки пресек је потребно 3-5цм² додатне арматуре за осигурање против пробоја.

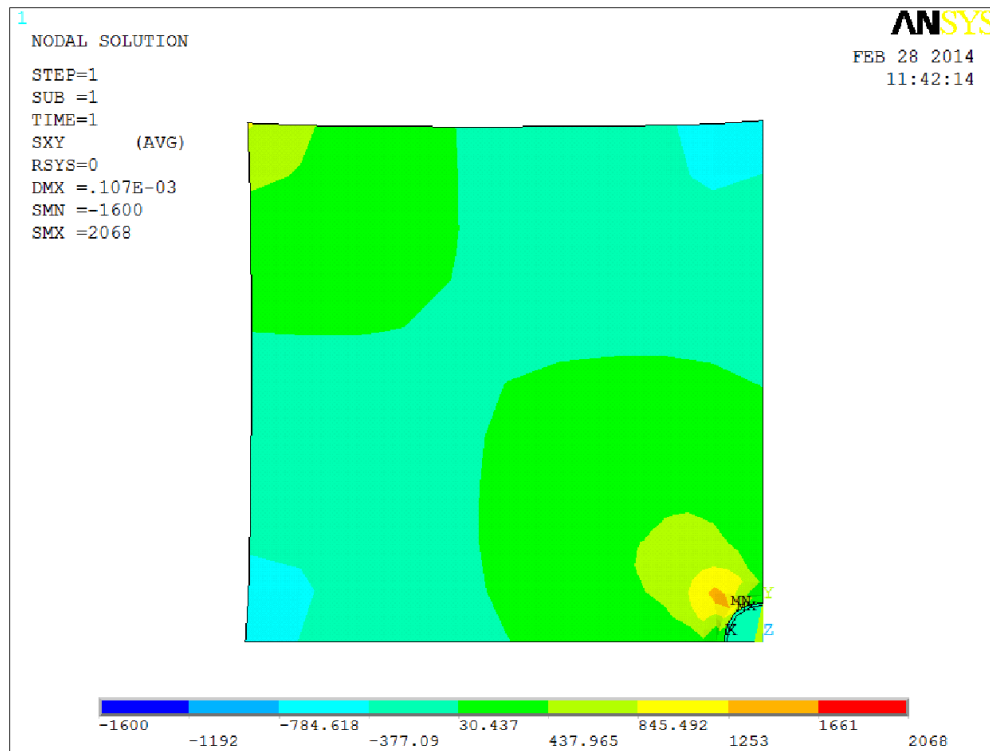
На слици 4 приказани су резултати програма Ansys где су графички приказани смичући напони.

KONTROLA PRESEKA 1. (Lh = 0.10m od ivice stuba)		KONTROLA PRESEKA 3. (Lh = 0.30m od ivice stuba)	
Sila u stubu	N = 761.32 kN	Sila u stubu	N = 781.32 kN
Merodavni smičući napon (tačka A)	$\tau = 1.176$ MPa	Merodavni smičući napon (tačka D)	$\tau = 0.785$ MPa
Maksimalna otpornost($\nu_2 \times t_D$)	$\tau_{max} = 1.835$ MPa	Maksimalna otpornost($\nu_2 \times t_D$)	$\tau_{max} = 1.835$ MPa
Uslov: $\tau \leq \tau_{max}$ (1.18 \leq 1.83)		Uslov: $\tau \leq \tau_{max}$ (0.79 \leq 1.83)	
Uslov je ispunjen.		Uslov je ispunjen.	
Otpornost na probijanje ploče bez dodatne armature za obezbeđenje (2/3 x $\nu_1 \times t_A$)	$\tau_{gr} = 1.359$ MPa	Otpornost na probijanje ploče bez dodatne armature za obezbeđenje (2/3 x $\nu_1 \times t_A$)	$\tau_{gr} = 1.359$ MPa
Uslov: $\tau \leq \tau_{gr}$ (1.18 \leq 1.36)		Uslov: $\tau \leq \tau_{gr}$ (0.79 \leq 1.36)	
Uslov je ispunjen, nije potrebna dodatna armatura za obezbeđenje od probijanja ploče.		Uslov je ispunjen, nije potrebna dodatna armatura za obezbeđenje od probijanja ploče.	
KONTROLA PRESEKA 2. (Lh = 0.20m od ivice stuba)		KONTROLA PRESEKA 4. (Lh = 0.40m od ivice stuba)	
Sila u stubu	N = 761.32 kN	Sila u stubu	N = 781.32 kN
Merodavni smičući napon (tačka C)	$\tau = 0.942$ MPa	Merodavni smičući napon (tačka E)	$\tau = 0.673$ MPa
Maksimalna otpornost($\nu_2 \times t_D$)	$\tau_{max} = 1.835$ MPa	Maksimalna otpornost($\nu_2 \times t_D$)	$\tau_{max} = 1.835$ MPa
Uslov: $\tau \leq \tau_{max}$ (0.94 \leq 1.83)		Uslov: $\tau \leq \tau_{max}$ (0.67 \leq 1.83)	
Uslov je ispunjen.		Uslov je ispunjen.	
Otpornost na probijanje ploče bez dodatne armature za obezbeđenje (2/3 x $\nu_1 \times t_A$)	$\tau_{gr} = 1.359$ MPa	Otpornost na probijanje ploče bez dodatne armature za obezbeđenje (2/3 x $\nu_1 \times t_A$)	$\tau_{gr} = 1.359$ MPa
Uslov: $\tau \leq \tau_{gr}$ (0.94 \leq 1.36)		Uslov: $\tau \leq \tau_{gr}$ (0.67 \leq 1.36)	
Uslov je ispunjen, nije potrebna dodatna armatura za obezbeđenje od probijanja ploče.		Uslov je ispunjen, nije potrebna dodatna armatura za obezbeđenje od probijanja ploče.	

Слика 2. Резултати добијени програмом Tower (ПБАБ)
Figure 2. Results obtained by program Tower (PBAB)

KONTROLA PRESEKA 1. (Lh = 0.10m od ivice stuba)		KONTROLA PRESEKA 3. (Lh = 0.30m od ivice stuba)	
Merodavni smičući napon (tačka B)	$\nu_{ed} = 0.636$ MPa	Merodavni smičući napon (tačka D)	$\nu_{ed} = 0.703$ MPa
Maksimalna otpornost	$\nu_{Rd,max} = 4.224$ MPa	Koeficijent	$\gamma_c = 1.500$
Uslov: $\nu_{ed} \leq \nu_{Rd,max}$ (0.64 \leq 4.22)		Uslov: $\nu_{ed} \leq \nu_{Rd,max}$ (0.70 \leq 4.22)	
Uslov je ispunjen.		Uslov je ispunjen.	
Otpornost na probijanje ploče bez dodatne armature za obezbeđenje	$\nu_{Rd,c} = 0.503$ MPa	Otpornost na probijanje ploče bez dodatne armature za obezbeđenje	$\nu_{Rd,c} = 0.503$ MPa
Uslov: $\nu_{ed} \leq \nu_{Rd,c}$ (0.64 \leq 0.50)		Uslov: $\nu_{ed} \leq \nu_{Rd,c}$ (0.70 \leq 0.50)	
Potrebna je dodatna armatura za obezbeđenje od probijanja ploče. Potrebna površina armature		Potrebna je dodatna armatura za obezbeđenje od probijanja ploče. Potrebna površina armature	
Asw = 2.737 cm ²		Asw = 5.158 cm ²	
KONTROLA PRESEKA 2. (Lh = 0.20m od ivice stuba)		KONTROLA PRESEKA 4. (Lh = 0.40m od ivice stuba)	
Merodavni smičući napon (tačka C)	$\nu_{ed} = 0.795$ MPa	Merodavni smičući napon (tačka E)	$\nu_{ed} = 0.667$ MPa
Maksimalna otpornost	$\nu_{Rd,max} = 4.224$ MPa	Koeficijent	$\gamma_c = 1.500$
Uslov: $\nu_{ed} \leq \nu_{Rd,max}$ (0.80 \leq 4.22)		Uslov: $\nu_{ed} \leq \nu_{Rd,max}$ (0.67 \leq 4.22)	
Uslov je ispunjen.		Uslov je ispunjen.	
Otpornost na probijanje ploče bez dodatne armature za obezbeđenje	$\nu_{Rd,c} = 0.503$ MPa	Otpornost na probijanje ploče bez dodatne armature za obezbeđenje	$\nu_{Rd,c} = 0.503$ MPa
Uslov: $\nu_{ed} \leq \nu_{Rd,c}$ (0.80 \leq 0.50)		Uslov: $\nu_{ed} \leq \nu_{Rd,c}$ (0.67 \leq 0.50)	
Potrebna je dodatna armatura za obezbeđenje od probijanja ploče. Potrebna površina armature		Potrebna je dodatna armatura za obezbeđenje od probijanja ploče. Potrebna površina armature	
Asw = 5.519 cm ²		Asw = 5.364 cm ²	

Слика 3. Резултати добијени програмом Tower (Eurocode)
Figure 3. Results obtained by program Tower (Eurocode)



Слика 4. Резултати добијени програмом Ansys
Figure 4. Results obtained by program Ansys

Табела 1. Упоредна анализа смичућих напона
Table 1. Comparative analysis of shear stresses

растојање од стуба [m]	Tower ПБАБ [MPa]	Tower Eurocode [MPa]	Ansys [MPa]
0.1	1.18	0.64	1.24
0.2	0.94	0.80	0.90
0.3	0.79	0.70	0.74
0.4	0.67	0.67	0.71

4. ЗАКЉУЧАК

Поређењем резултата из програма Tower (по Правилнику и Еурокоду) може се закључити да се вредности напона за прорачун према важећим стандардима добро поклапају са резултатима добијеним програмом Ansys.

Поред тога циљ овог рада је провера рада Tower-а и његових резултата, а разлог за то је што се програм Tower користи на овим просторима за моделирање и димензионисање разних врста објеката.

Такође, се сматра да се анализи пробоја стуба кроз плочу мора посветити посебна пажња јер занемарење смичућих напона у плочи врло лако може довести до слома целе конструкције без обзира на остале елементе.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Radimpex Beograd: Програмски пакет Tower
- [2] Правилник за бетон и Армирани бетон
- [3] Ansys, Inc., 275 Technology Dr Canonsburg, PA 15317, US

ANALYSIS PUNCHING SHEAR STRENGTH OF COLUMN OF BUILDING UNDERGROUND FLOORS

Summary This paper presents a numerical study of the behavior of reinforced concrete slab of the underground garage. Punching shear strength of column through reinforced concrete slab was examined. Results obtained from the model modeled by computer program Tower were compared with the results of separate part of column and slab modeled by the computer program Ansys. Results and their comparative analysis are presented in the paper.

Keywords: Punching shear strength, modeling, Eurocode.