

Анализа економичности пројектовања спрегнуте конструкције са лако-агрегатним бетоном за тржиште републике Србије

Analysis of the Cost-Effectiveness of Designing a Composite Structure with Lightweight Aggregate Concrete for the Market of the Republic of Serbia

Зоран Петковић, Ђорђе Јовановић, Факултет техничких наука, Нови Сад

Област-ГРАЂЕВИНАРСТВО

Кратак садржај – *Сврха овог рада је одговор на питање: да ли је економично пројектовати и градити спрегнуте конструкције са лако-агрегатним бетоном за тржиште републике Србије? Да би се добио одговор на ово питање, на конкретном примеру објекта пројектована је спрегнута конструкција (уз поштовање свих стандарда и прописа за пројектовање ових конструкција из Еврокода) са лако-агрегатним бетоном и са класичним бетоном. Приликом димензионисања сви параметри између две спрегнуте конструкције су задржани исти. Након завршеног димензионисања уследила је анализа утрошених материјала (бетон, арматура, конструкциони челик) и јединичних цена материјала за тржиште републике Србије.*

Кључне речи: *спрегнута конструкција, лако-агрегатни бетон, економска анализа конструкције*

Abstract – *The purpose of this paper is to answer the question of whether it is economically feasible to design and construct composite structures with lightweight aggregate concrete for the market of the Republic of Serbia. To provide an answer, a composite structure was designed (in accordance with all Eurocode standards and regulations for the design of such structures) using lightweight aggregate concrete and conventional concrete, based on a specific building example. During the design process, all parameters between the two composite structures were kept identical. After the design was completed, an analysis was conducted of the quantities of materials used (concrete, reinforcement, structural steel) as well as the unit prices of materials on the Serbian market.*

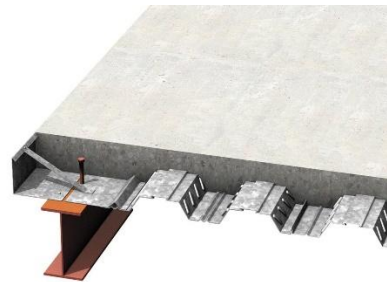
Keywords: *composite structure, lightweight aggregate concrete, economic analysis of the structure*

НАПОМЕНА: Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је био др Ђорђе Јовановић, доцент.

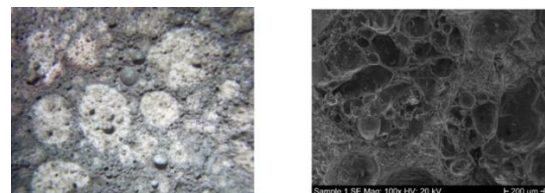
1. Увод

Да би добили одговор да ли је економично примењивати лако-агрегатни бетон за пројектовање и изградњу спрегнутих конструкција, прво ћемо

одговорити на питање шта је то „спрегнута конструкција“ [1] и „лако-агрегатни бетон“ [2]. Под појмом спрегнуте конструкције у нашој грађевинској терминологији се подразумева конструктивно спрезање челика и бетона у једну униформну целину. Разлог за овакво формулисање појма је да је ово најчешћи и најефикаснији начин спрезања два грађевинска материјала. Спрезањем челика и бетона у спрегнутим конструкцијама најбоље су искоришћене добре особине оба материјала. Што се тиче другог појма лако-агрегатни бетон, подразумева се бетон справљан са лаким агрегатима (као што су експандирана глина, природан вулкански камен, перлит, вермикулит, експандирани шкриљац, експандирани полистирен, стаклена влакна, пенасто стакло итд.). Ови бетони имају широку примену за конструктивне и неконструктивне потребе у грађевинарству. У овом раду ће акценат бити на конструктивне лако-агрегатне бетоне.



Слика 1. Спрегнута конструкција на примеру међуспратне плоче [1]



Слика 2. Лако-агрегатни бетон [2]

2. Економичност спрегнутих конструкција

Сада када су нам јасни појмови „спрегнута конструкција“ и „лако-агрегатни бетон“ покушаћемо објаснити предности и мане спрегнутих конструкција

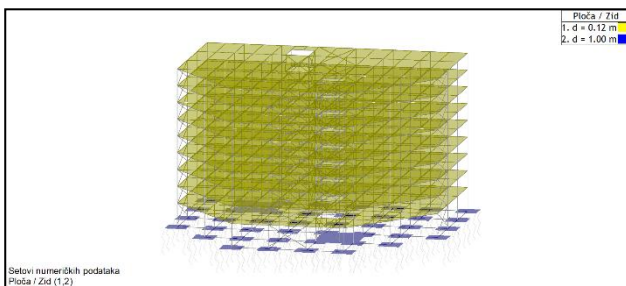
са аспекта економичности у ширем смислу, након тога ћемо на конкретном примеру објекта извршити економску анализу и добити одговор на постављено питање са почетка.

Економичност спрегнутих конструкција се огледа у више аспеката. Комбиновањем челика и бетона користи се мања количина материјала јер су предности оба материјала искоришћени тако да добијемо веома рационалне конструкције. Такође велика предност спрегнутих конструкција из угла економичности је брзина градње. Са бржим завршетком конструкције смањују се трошкови градње, а самим тим објекат се може пре пустити у експлоатацију. Спрегнуте конструкције због своје мање тежине, у односу на армирано-бетонске конструкције, су мање захтевне за фундарање и тиме смањују трошкове фундарања. Спрезањем челика и бетона потреба за против пожарне заштите и антикорозивне заштите се смањује што додатно доприноси смањењу трошкова градње. Као и све конструкције спрегнуте конструкције имају и своје мане које негативно утичу на коштање изградње ових конструкција. Једна од тих мана је потреба за специјализованом опремом, машинама и људством које повећавају цену ових објеката.

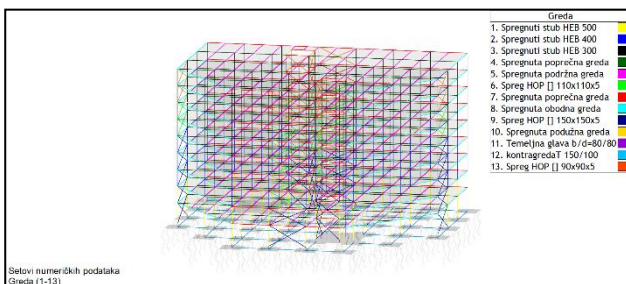
3. Димензионисање

На примеру објекта Пр+8 пројектована је спрегнута конструкција са класичним бетоном и лако-агрегатним бетоном. Основа објекта је шестоугао добијен засецањем два ћошка са једне дужице стране објекта. Објекат има и два лифтовско/степенишна окна за вертикалну комуникацију. Носива конструкција објекта се састоји од спрегнуте плоче, подужних греда, попречних греда, спрегнутих стубова и спрегова.

Моделирање спрегнуте конструкције, као и прорачун утицаја на конструкцију је рађен у софтверском пакету Tower 8, који је заснован на принципу методе коначних елемената МКЕ.



Слика 3. Модел међусpratних плоча и темеља спрегнуте конструкције



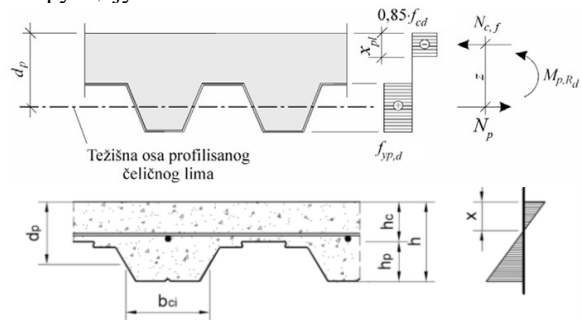
Слика 4. Модел линијских елемената спрегнуте конструкције

Након анализе оптерећења и улазних података за прорачун уследило је димензионисање свих елемената за спрегнуту конструкцију са класичним и лако-агрегатним бетоном. Усвојени елементи конструкције:

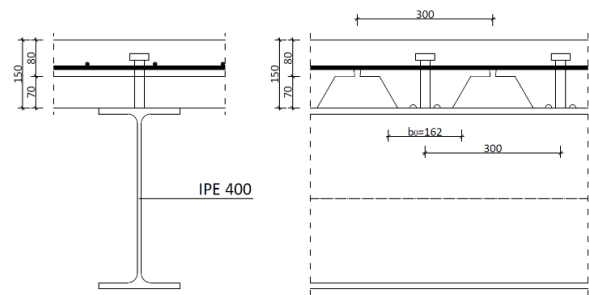
		Класични бетон	Лако-агрегатни бетон
Спрегнута плоча		Комфлор 70 профилисани лим са бетоном и арматуром	Комфлор 70 профилисани лим са бетоном и арматуром
Подни носач		IPE 400	IPE 360
Подвлака		IPE 550	IPE 500
Спрегнути стуб	од 5. до 8. спрата	Спрегнути стуб HEB 300	Спрегнути стуб HEB 260
	од 2. до 4. спрата	Спрегнути стуб HEB 400	Спрегнути стуб HEB 360
	приземље и 1. спрат	Спрегнути стуб HEB 500	Спрегнути стуб HEB 450
Вертикални спрегови	Горњи	HOP [] 90x90x5	HOP [] 90x90x5
	Средњи	HOP [] 110x110x5	HOP [] 110x110x5
	Доњи	HOP [] 150x150x5	HOP [] 150x150x5

Слика 6. Табеларни приказ усвојених профила и пресека

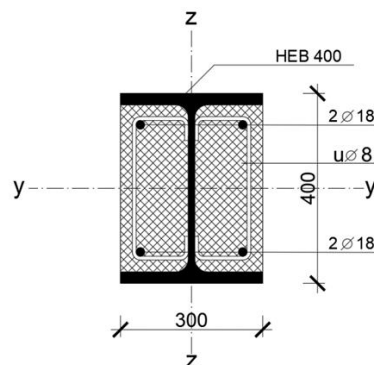
Димензионисање свих елемената извршено је у складу са свим прописима и нормативима из Еврокода. Спрегнута плоча [3] је димензионисана као спрегнута где у попречном пресеку профилисани лим преузима напоне затезања услед савијања, док бетонски део пресека преузима притисак. Подни носач [4] и подвлака заједно са спрегнутом плочом преко можданика преносе оптерећење на спрегнуте стубове [5] који даље оптерећење преносе на темељну конструкцију.



Слика 5. и 6. спрегнута међусpratна плоча [3]



Слика 7. спрегнути подни носач [4]



Слика 8. спрегнути стуб (од 2. до 4. спрата) [5]

4. Предмер спрегнуте конструкције

Након завршеног димензисања спрегнуте конструкције од класичног и лако-агрегатног бетона потребно је урадити предрачун конструкције да би добили количине утрошеног материјала у оба случаја.

4.1. Спрегута конструкције са класичним бетоном

Рекапитулација количине материјала					
Материјал	γ [kN/m ³]	O [m ²]	P [m ²]	V [m ³]	m [T]
Челик	78.500	18348		131,99	1056,6
C 30/37	25.000	5046,2	997.00	1831,5	4669,1
C 30/37 gr	0.000	40481	21780	2655,27	0.000
Укупно:		62791	22777	4618,76	5725,7

Слика 9. количине материјала спрегнуте конструкције са класичним бетоном добијене из програма

Бетон из таблице са ознаком C 30/37 gr је у таблицу са запреминском тежином 0, јер је његова тежина урачуната у сопствено оптерећење. Утрошена арматура за конструкцију је посебно израчуна и износи:

	Арматура
Спрегнута плоча	197700,3kg
Спрегнути стубови	23566,7 kg
Укупно	221267 kg

Слика 10. количина арматуре

4.2. Спрегнута конструкција са лако-агрегатним бетоном

Рекапитулација количине материјала					
Материјал	γ [kN/m ³]	O [m ²]	P [m ²]	V [m ³]	m [T]
Челик	78.500	17155		115.07	921.12
C 30/37	25.000	4380.7	997.00	1739.1	4433.4
C 30/37 gr	0.000	41255	21780	2655,27	0.000
Укупно:		62791	22777	4509,44	5354,5

Слика 11. количине материјала спрегнуте конструкције са лако-агрегатним бетоном добијене из програма

Лако-агрегатни бетон, као и у случају са класичним бетоном, из таблице са ознаком C 30/37 gr је у таблицу са запреминском тежином 0, јер је његова тежина урачуната у сопствено оптерећење. Утрошена арматура за конструкцију је посебно израчуна и износи:

	Арматура
Спрегнута плоча	197700,3kg
Спрегнути стубови	21684,6 kg
Укупно	219385 kg

Слика 12. количина арматуре

5. Анализа утрошеног материјала и цена спрегнуте конструкције

Сада када је завршен предрачун спрегнуте конструкције можемо приступити анализи утрошеног материјала и самој цени спрегнуте конструкције са класичним и лако-агрегатним бетоном. Количина челика употребљена за израду спрегнуте конструкције са класичним бетоном је **1056,6t**, док је количина челика употребљена за израду спрегнуте конструкције са лако-агрегатним бетоном је **921,12t**. Коришћењем лако-агрегатног бетона за пројектовање конструкције

смањила се потреба за употребом пројектног челика за **135,48t** или **12,9%**. Количина употребљеног бетона за плоче (међуспратне и кровну плочу) за обе конструкције је **2655,27m³**, док је количина бетона употребљена за темељну конструкцију **1831,5 m³** и **1739,01 m³**. Коришћењем података из анализе утрошеног материјала спрегнуте конструкције са класичним и лако-агрегатним бетоном можемо приступити економској анализи и упоредби обе спрегнуте конструкције:

	Класични бетон		
	Количина	Јединична цена	Коначна цена
Бетон у плочама	2655,27	215 €	570.883 €
Бетон у темељима и стубовима	1831,5	215 €	393.773 €
Челик	1056,6	2.500 €	2.641.500 €
Арматура	221267	1,75 €	387.217 €
Укупно=			3.993.373 €

	Лако-агрегатни бетон		
	Количина	Јединична цена	Коначна цена
Лако-агрегатни бетон у плочама	2655,27	235 €	623.988 €
Бетон у темељима и стубовима	1739,01	215 €	373.887 €
Челик	921,12	2.500 €	2.302.800 €
Арматура	219385	1,75 €	383.924 €
Укупно=			3.684.599 €

Уштеда	308.773 €
--------	-----------

Слика 13. Економска анализа спрегнуте конструкције са класичним и лако-агрегатним бетоном

Као што се да приметити спрегнута конструкција са лако-агрегатним бетоном изискује мање трошкове набавке и уградње у односу на спрегнуту конструкцију са класичним бетоном. Највећи удео у укупној цени конструкције је конструкциони челик (подни носачи, подвлаке, стубови и спреглови). Упркос већој цени лако-агрегатног бетона јавила се велика уштеда због смањене количине челика.



Слика 14. и 15. приказ удела свих материјала у укупној цени спрегнуте конструкције са класичним бетоном [6]



Слика 16. и 17. приказ удела свих материјала у укупној цени спрегнуте конструкције са лако-агрегатним бетоном [7]

6. Закључак

На почетку постављено питање је било: да ли је економично примењивати лако-агрегатни бетон за пројектовање и изградњу спрегнутих конструкција? На основу резултата димензионисања, предмера, анализе утрошеног материјала и цене спрегнуте конструкције, закључак је да јесте економично пројектовати спрегнути објекат са лако-агрегатним бетоном. Упркос већој цени лако-агрегатног бетона у односу на класични бетон, оправдава се употреба истог јер се количина конструкционог челика значајно смањила, што се одразило и на укупну цену, што се може приметити у дијаграмима [6][7].

7. ЛИТЕРАТУРА

- [1] European Committee for Standardization. (2005). *EN 1994-1-1: Eurocode 4 – Design of composite steel and concrete structures – Part 1-1: General rules and rules for buildings*. CEN.
- [2] European Committee for Standardization. (2004). *EN 1992-1-1: Eurocode 2 – Design of concrete structures – Part 1-1: General rules and rules for buildings*. CEN.
- [3] Spremić, M. (2021). *Proračun spregnutih konstrukcija od čelika i betona: Zbirka zadataka*. Beograd: Akademska misao.

Кратка биографија:



Зоран Петковић рођен је 23.09.1997. у Новом Саду. Студент је мастер академских студија грађевинарства. Тренутно запослен у грађевинској фирми ROYAL ANTIKOR ДОО.
Контакт:
zpetkovic97@gmail.com