

ПРОЈЕКАТ ПЛОЧЕ ХАЛЕ КАО БЕТОНСКЕ И СПРЕГНУТЕ – УПОРЕДНА АНАЛИЗА**PROJECT OF CONCRETE AND COMPOSITE SLAB FOR THE HALL - COMPARATIVE ANALYSIS**

Данило Филиповић, Факултет техничких наука, Нови Сад

Област – ГРАЂЕВИНАРСТВО

Кратак садржај – У раду је у првом кораку спроведена анализа армирано бетонске подне плоче спортске хале са припадајућим гредама. Анализа оптерећења, прорачун, као и димензионисање елемената конструкције извршени су према правилима Еврокод – а. Наведени прорачун и димензионисање су одрађени у програмском пакету „Tower 8“. Након димензионисања армирано бетонске, следећи задатак је био димензионисање замењујуће спрегнуте конструкције. Прорачун спрегнуте плоче спроведен је у програмском пакету „SOFiSTiK 2023“. Посебна пажња је посвећена контроли вибрација плоче услед пешачког оптерећења. Разлог за посебан осврт на вибрације плоче лежи у врло битном предуслову квалитета модерних конструкција – самој удобности корисника животног, односно простора пословне намене.

Кључне речи: Армирано бетонска плоча, Спрегнута плоча, Вибрације плоче, SOFiSTiK 2023, Tower 8, Еврокод

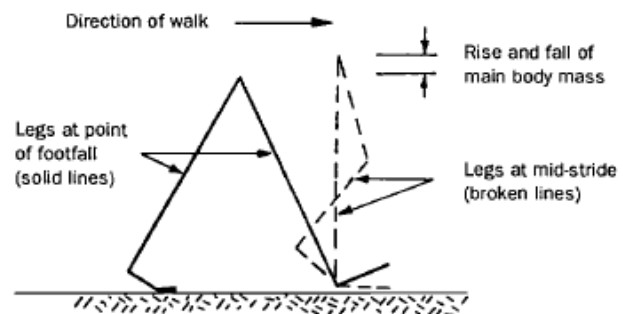
Abstract – In the first step of the Thesis, the analysis of the reinforced concrete floor slab of the sports hall with the associated beams was carried out. Load analysis, calculations, as well as dimensioning of structural elements were carried out according to the rules of Eurocode - a. The above calculation and dimensioning were done in the "Tower 8" software package. After dimensioning the reinforced concrete, the next task was the dimensioning of the replacement composite structure. The calculation of the composite slab was carried out in the program package "SOFiSTiK 2023". Special attention is paid to the control of plate vibrations after pedestrian loading. The reason for a special review of plate vibrations lies in the very important prerequisite of the quality of modern constructions - the very comfort of the users of living and business spaces.

Keywords: Reinforced concrete slab, Prestressed slab, Slab vibrations, SOFiSTiK 2023, Tower 8, Eurocode

1. УВОД

Савремене грађевинске конструкције карактерише убрзан темпо изградње, велики распони, лагане међусpratне конструкције и пространи отворени простори који могу лако променити своју намену. Ови трендови у грађевинарству резултирају смањењем сопствене фреквенције конструкције и фактора пригушења, што захтева посебан фокус на анализи динамичког одговора конструкције. Вибрације код челичних и спрегнутих конструкција могу довести до незадовољавајућег понашања. Ове вибрације спадају у категорију граничног стања употребљивости (SLS), што значи да морају да задовоље одређене критеријуме како би се осигурало задовољавајуће понашање конструкције.

Према [14,15]: Вертикална убрзања тела су нужно повезана са реакцијама на поду и биће блиско периодична, на фреквенцији корака. Флукуацију је могуће разложити на серију синусоидалних компонената (тј. Фуријеових серија), и утврђено је да се основна компонента релативно добро слаже са једноставном визуализацијом приказаном на слици 1, дајући амплитуду силе између 100 N и 300 N. Фреквенција корака при ходању може варирати између 1,4 Hz и 2,5 Hz, а амплитуда силе обично значајно расте са повећањем фреквенције. Међутим, кораци при ходању унутра су најчешће ближи доњем делу овог опсега, око 1,6 Hz.



Слика 1. Поједностављена геометрија ходања [14,15]

[12]: Временски зависна хармонична компонента силе која одговара основној фреквенцији пода:

$$F = P\alpha_i \cos(2\pi f_s t) \quad (1)$$

НАПОМЕНА:

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

2. ТЕХНИЧКИ ОПИС КОНСТРУКЦИЈЕ

Анализирани објекат се налази у Новом Саду.

Армирано бетонска конструкција:

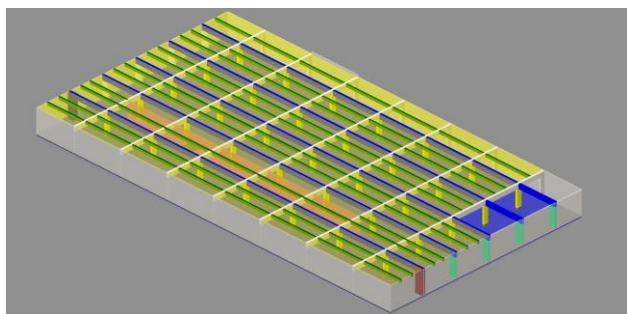
Конструктивни систем је у целости пројектован као ливен на лицу места, а формирају га армирано бетонски стубови и зидови на које се ослањају греде и међусpratна конструкција. Стубови су правоугаоног попречног пресека, димензија 40/90 cm и 40/130 cm. Међусpratна конструкција је предвиђена као АБ монолитна плоча са гредама. Дебљина таванице је 16 cm. Димензије греда су ширина од 30cm до 40cm и висина од 50cm до 90cm. Сви бетонски елементи су од бетона класе С30/37 док је арматурни челик В500В.

Спрегнута конструкција:

Носећу вертикалну конструкцију чине доминантно стубови од челичних профила НЕВ400. Међусpratна конструкција је предвиђена као спрегнута плоча са подним и главним носачима. Дебљина таванице је 16 cm. Бетонска плоча је ливена на профилисаном лиму CF 70x1mm.

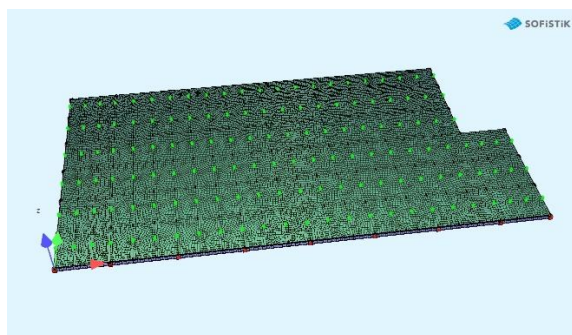
Подни носачи су пројектовани као IPE500, док су главни носачи предвиђени као IPE550 профили. Квалитет коришћеног челика је S235, док је бетон класе С30/37.

3. МОДЕЛИРАЊЕ КОНСТРУКЦИЈЕ



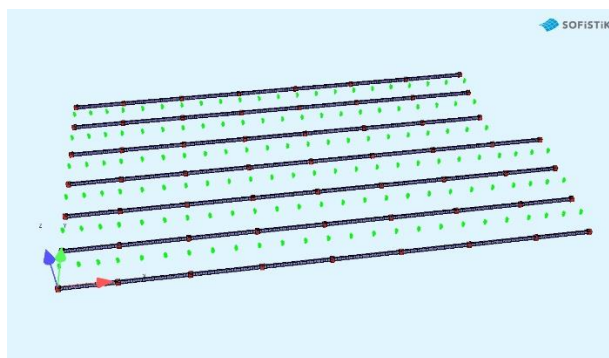
Слика 2. 3D модел конструкције („Tower 8“)

У програмском пакету „Tower 8“ моделирана је комплетна подрумска конструкција хале (слика 2). Плоча је моделирана као површински елемент, док су стубови и греде моделирани као линијски елементи. Спрегнута подна плоча хале пројектована је у програмском пакету „SOFiSTiK 2023“. Поред плоче, моделирни су и подни и главни носачи.

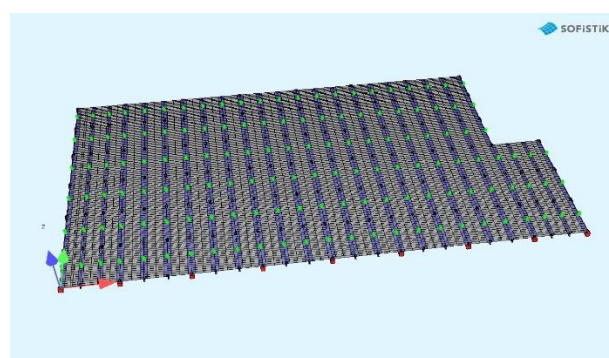


Слика 3. 3D модел конструкције („SOFiSTiK 2023“)

Спрегнута конструкција је моделирана по фазама градње. На сликама 4 и 5 су приказани главни и подни носачи са привременим ослонцима пре постављања профилисаног лима и изливања плоче на истом.



Слика 4. Диспозиција главних носача („SOFiSTiK 2023“)



Слика 5. Диспозиција подних носача („SOFiSTiK 2023“)

4. КОНТРОЛА ВИБРАЦИЈА

Програмским пакетом „Tower 8“ израчуната је вредност фреквенције првог тона бетонске конструкције и она износи 8.3029 Hz. Публикација [1] предлаже минималне вредности фреквенција основног тона, које су дате у табели 1.

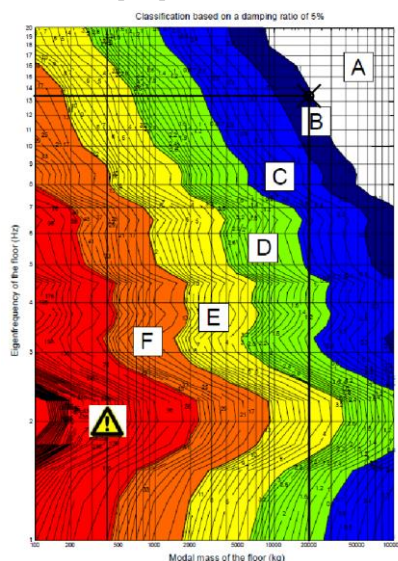
| Ритмичка активност | Челична / бетонска међусpratна конструкција | Лаке међусpratне конструкције |
|-------------------------|---|-------------------------------|
| Плесне сале и ресторани | 5 | 10 |
| Аеробик сале | 9 | 13 |

Табела 1. Минималне вредности основне фреквенције међусpratних конструкција (Hz) [1]

Из табеле 1 види се да је препоручена минимална вредност фреквенције основног тона за ову врсту конструкције у распону између 5 и 9 Hz. Како је фреквенција основног тона конструкције у наведеним границама, закључујемо да конструкција задовољава критеријуме вибрација и није потребно радити прецизнију методу провере истих.

Вредност фреквенције основног тона добијена коришћењем програмског пакета „SOFiSTiK 2023“ износи 13.34 Hz. Маса спрегнуте плоче износи 21373.52 kg. На слици 6 приказане су вредности OS-

RMS₉₀ за различите класе објеката при вредности пригушења од 5 % [7,8].



Слика 6. OS-RMS₉₀ за пригушење од 5 %

За предметну врсту објекта, а како би се осигурала контрола вибрација, спортска хала мора потпадати у класе које се налазе изнад класе Е [7,8]. С обзиром да је према слици 6 спрегнута плоча класе Б, констатује се да иста задовољава критеријуме вибрација и није потребно радити прецизнију методу контроле.

5. ЗАКЉУЧАК

Упоредном анализом трошкова изградње бетонске и спрегнуте конструкције, закључујемо да у овом случају примена спрегнуте конструкције не доноси значајну уштеду. Разлика у трошковима износи занемарљивих 65 238.2 РСД, што чини свега 0.04 % укупне вредности израде бетонске конструкције.

Насупрот томе, замена бетонске плоче спрегнутом доноси значајне уштеде. У табели 2 су приказане вредности трошкова израде бетонске и спрегнуте плоче.

| | Бетонска плоча | Спрегнута плоча |
|------------|----------------|-----------------|
| Цена (РСД) | 22 183 464.00 | 12 637 394.02 |

Табела 2. Упоредна анализа цена бетонске и спрегнуте плоче

Уштеђена вредност износи 9 546 069.98 РСД. Наведени износ представља уштеду од чак 43.03 % вредности трошкова израде бетонске плоче.

6. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Allen D.E, Pernica G. (1998). Control of Floor vibration, NRC Publication
- [2] BS 6472:1992 (1992). Guide to evaluation of human exposure to vibration in buildings (1 Hz to 80 Hz), British Standards Institution
- [3] BS 7385-2:1993 (1993). Evaluation and measurement for vibration in buildings, British Standards Institution
- [4] EN 1991-1-1:2002 (2009). Dejstva na konstrukciju, Deo 1-1: Zapreminske težine, sopstvena težina, korisna opterećenja za zgrade

- [5] EN 1992-1-1:2004 (2006). Proračun betonskih konstrukcija, Deo 1-1: Opšta pravila i pravila za zgrade
- [6] EN 1993-1-1:2005 (2006). Proračun čeličnih konstrukcija, Deo 1-1: Opšta pravila i pravila za zgrade
- [7] European Commission (2006). Generalisation of criteria for floor vibrations for industrial, office, residential and public building and gymnastic halls, RFCS Report EUR 21972 EN, Luxembourg
- [8] European Commission (2008a). "Vibration Design of Floors – Background Document, RFS2-CT-2007-00033." Human induced Vibrations of Steel Structures Luxembourg
- [9] European Commission (2008b). "Vibration Design of Floors - Guideline, RFS2- CT-2007-00033." Human induced Vibrations of Steel Structures Luxembourg
- [10] ISO 2631-2 (1989). Evaluation of human exposure to whole-body vibration – Part 2: Continuous and shock-induced vibrations in buildings (1 to 80 Hz), International Organisation for Standardization
- [11] ISO 10137 (2007). Bases for design of structures - Serviceability of buildings and walkways against vibrations, International Organisation for Standardization
- [12] М. Спремић (2021). Прорачун спрегнутих конструкција од челика и бетона – Збирка задатака, Академска мисао, Београд
- [13] Murray, T. M., Allen, D. E., and Ungar, E. E. (2003). Design Guide 11, Floor Vibrations Due to Human Activities, American Institute of Steel Construction AISC, Canadian Institute of Steel Construction CISC
- [14] SCI P076 (1989). Design Guide on the Vibration of Floors, The Steel Construction Institute, Berkshire, England
- [15] SCI P331 (2004). Design Guide on the Vibration of Floors in Hospitals, The Steel Construction Institute, Berkshire, England
- [16] Sétra (2006). Footbridges - Assessment of vibrational behaviour of footbridges under pedestrian loading – Practical Guidelines, Paris, France
- [17] Willford, M., and Young, P. (2006). A Design Guide for Footfall Induced Vibration of Structures, The Concrete Society Publication CCIP-016, Trowbridge, UK
- [18] З. Марковић (2014). Гранична стања Челичних конструкција према Еврокоду, Академска мисао, Београд

Кратка биографија:



Данило Филиповић рођен је у Котору 1991. године. Мастер рад на Факултету техничких наука из области Грађевинарство – Конструкције одбранио је 2023. године.

Контакт:
danilofilipovic18@gmail.com