

НУМЕРИЧКА АНАЛИЗА ПОЖАРНЕ ОТПОРНОСТИ НЕКОЛИКО ТИПОВА МЕЂУСПРАТНИХ КОНСТРУКЦИЈА

Миливоје Милановић¹
Мери Цветковска²

УДК: 692.522:519.6

DOI: 10.14415/konferencijaGFS2014.021

Резиме: У овом раду је анализирана пожарна отпорност неколико типова међуспратних конструкција које су најзаступљеније у нашем грађевинарству. Типови међуспратних конструкција су изабрани тако да представљају репрезенте из области високоградње и градње индивидуалних стамбених објеката. Помоћу софтвера SAFIR (Универзитет у Лијеџу, Белгија) прорачуната је пожарна отпорност четири различита типа међуспратних конструкција : пуна (масивна) АБ међуспратна плоча , полумонтажне АБ плоче система ФЕРТ , УТОНГ и STIRODOM (са пуниоцима од стиродура). Анализа пожарне отпорности је извршена у односу на критеријум употребљивости третиране конструкције у пожарним условима ,према важећим стандардима из ове области. Усвојене карактеристике конструкције, материјала и оптерећења у сагласности су са важећим Еврокодима и нашим прописима.

Кључне ријечи: Међуспратна конструкција, пожарна отпорност, температура, пренос топлоте

1. UVOD

Међуспратне таванице , као horizontalni површински конструктивни елементи, имају врло битну улогу у обезбеђивању носивости, употребљивости и стабилности објекта у целини. Дејство, различитих, сталних и променљивих оптерећења на различите типове међуспратних конструкција, за усвојене различите статичке системе , чини комплексним пројектовање, прорачун и димензионисање конструкција. Када наведеним утицајима у пресеку таваница додамо и požарно оптерећење, проблем прорачуна и димензионисања истих постаје још сложенiji. Основна потреба је да се обезбеди одређено време požарне отпорности међуспратних таваница, како би се омогућило евакуисање људи и безбедно гашење požара. Строжији критеријум, у савременом пројектовању за дејства požара, је захтев да се оштећења конструкције од požара ограничи на оштећења локалног карактера. Конструкције треба пројектовати и заштитити тако да се, у току трајања požара, јаве оштећења која ће се касније лако санирати, без довођења у питање стабилност таваница и конструкције у целини. Због природе међуспратних конструкција да могу бити изведене са једним и више материјала са различитим карактеристикама (велики број савремених

¹ Assist. PhD, State University of Novi Pazar, Novi Pazar, Serbia , pbarhisnp@gmail.com

² Prof. PhD, Faculty of Civil Engineering, Ss. Cyril and Methodius University in Skopje, Macedonia, vetkovska@gf.ukim.edu.mk

polumontažnih i montažnih tavanica), načina izvođenja, statičkih sistema, pri dejstvu požara potrebno je izvršiti analizu istih sa više aspekata, kao što su [1]:

- različitih materijali u preseku tavanice : beton, armatura i drugi materijali,
- raspored pojedinih materijala u poprečnom preseku konstrukcije,
- krajnji linijski uslovi oslanjanja tavanica –slobodno oslonjene ivice, elastično uklještenje, ploče oslonjene na stubove, kombinacije i dr.,
- intenzitet, položaja i pravac prenošenja opterećenja,
- veličine procenta armiranja glavnom i konstruktivnom armaturom,
- različitih dimenzija poprečnog preseka (debljine) tavanice, za isti tip preseka,
- načina izvođenja tavanica : monolitno , polumontažno i montažno ,
- obrade površina tavanice, položaj požarnog opterećenja na istim i drugo.

Danas u našoj građevinskoj praksi postoji veći broj tipova međuspratnih tavanica, u odnosu na gore pobrojane kriterijume. U višespratnoj stambenoj gradnji su uglavnom zastupljene masivne (pune) armirano betonske ploče izvedene kao monolitne , polumontažne ili montažne , različitih debljina. Za individualnu stambenu gradnju su karakteristične brojne polumontažne tavanice od kojih su ovde izdvojena tri tipa: polumontažne tavanice tipa FERT ,STIRODOM i YTONG. Poslednja tri tipa tavanica prenose opterećenja u jednom pravcu, što je usvojeno i za punu armirano betonsku ploču, kako bi se ravnopravno uporedili rezultati požarne otpornosti. Kod međuspratnih konstrukcija u eksploataciji, pored zadovoljenja osnovnog uslova nosivosti ,veoma bitno je ispunjenje uslova upotrebljivosti (ograničenje deformacija). U požarnim uslovima, u velikom broju realnih požara ,eksperimenata i numeričkih analiza , utvrđeno je da je trenutak otkaza (loma) međuspratne konstrukcije praćen značajnim deformacijama iste. Ovakve deformacije znatno prekoračuju mogućnost upotrebe takve tavanice. Iz tog razloga je propisima i standardima ograničena deformacija (ugib) konstrukcije , u toku dejstva požara . Prema ISO standard ta vrednost je $L/30$. (L- noseći raspon tavanice).

Nosivost i deformacije međuspratne konstrukcije zavise od karakteristika primenjenih materijala ,veličine opterećenja i geometrije preseka tavanice. Za slučaj požarnih dejstava, pri projektovanju, treba uzeti u obzir i termičke karakteristike primenjenih materijala, posebno sve većeg broja savremenih materijala. Na osnovu analiza dati su zaključci i okvirne preporuke, o načinu korišćenja i eventualnoj potrebi zaštite međuspratnih konstrukcija od požarnog dejstva.

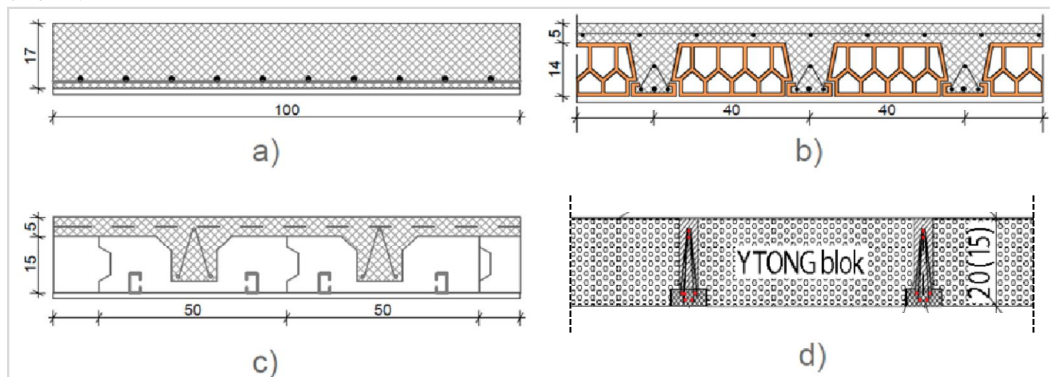
2. SAFIR– MODUL ZA PRORAČUN POŽARNE OTPORNOSTI

Numerička analiza ponašanja usvojenih tipova međuspratnih konstrukcija, sa modeliranjem istih od strane autora ovog rada ,izvršena je pomoću numeričkog modula SAFIR. SAFIR je namenski računski program za analizu konstrukcija i konstruktivnih elemenata u uslovima ambijentne temperature i povišenih temperatura za vreme dejstva požara [5]. Program je baziran na metodi konačnih elemenata (MKE). Razvijen je na Univerzitetu u Liježu, Belgija. Odnos napon-deformacija je uglavnom linearno-elasto-plastični za čelik i nelinearni za beton. Prvi korak analize je proračun raspodele temperature unutar preseka konstruktivnih elemenata – “termička analiza ”. Drugi korak

je “statička analiza“ čija svrha je određivanje odgovora konstrukcije usled statičkog i toplotnog opterećenja.

3. POŽARNA OTPORNOST ČESTO PRIMENJIVANIH MEĐU-SPRATNIH KONSTRUKCIJA OBJEKATA KOD NAS

Analiza međuspratnih konstrukcija u u uslovima požarnog opterećenja je izvršena za četiri tipa konstrukcije : armirano betonska puna (masivna) ploča , polumontažna FERT , YTONG i STIRODOM konstrukcija . STIRODOM tavanica je analizirana sa gipsanom plafonskom oblogom i bez obloge(mrežica i tankoslojni malter).Elementi poprečnih preseka analiziranih međuspratnih konstrukcija i njihove dimenzije, usvojeni su prema našim važećim standardima (pravilnik BAB). Karakteristike materijala su usvojene prema evropskim i našim standardima (EC,JUS).Prikaz analiziranih konstrukcija je na slici 1.



Slika 1.: Tipovi analiziranih međuspratnih tavanica : a)–masivna AB ploča ; b)- FERT tavanica ; c)- STIRODOM tavanica sa i bez gipsanog plafona i d) – YTONG tavanica

Pri analizi požarne otpornosti u zavisnosti od tipa međuspratne konstrukcije usvojeni su sledeći parametri, karakteristike i uslovi:

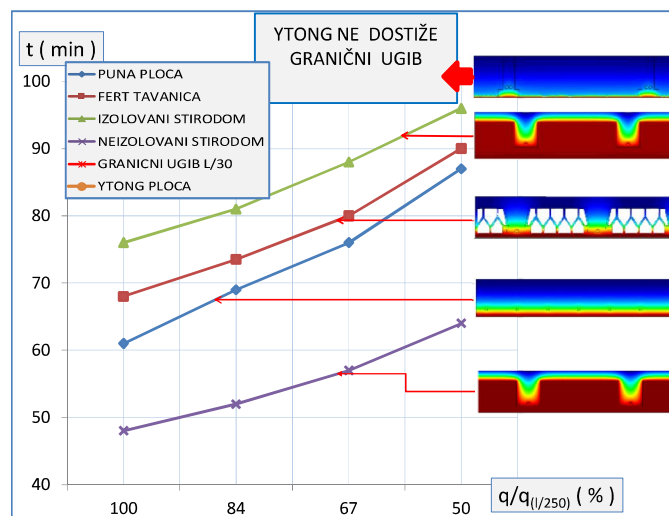
- Međuspratne konstrukcije su izlagane požarnom opterećenju sa donje strane,
- Analizirana je izdvojena traka širine $b = 1 \text{ m}$, $L=6\text{m}$,
- Oslanjanje tavanica na krajevima je slobodno (sistem proste grede),
- Sadržaj vlage u betonu je isti za sve tipove preseka - 3 % (30 lit / m³),
- Požarni scenario je isti za sve analizirane tavanice, ISO 834 - standardni požar,
- Fizičko-mehaničke karakteristike betona su usvojene prema EC2,
- Usvojena armatura je kvaliteta B 400/500, beton marke - C 30/37 (EC2,EC3),
- U desnom osloncu je omogućena dilatacija u pravcu ose konstrukcije kako bi ista mogla nesmetano da se izdužuje pri dejstvu temperature.
- Ostali materijali su usvojeni prema karakteristikama koje je dao proizvođač,
- Usvojeno je stalno i promenljivo opterećenje kako je dato u analizi.

Termičke i mehaničke karakteristike materijala za usvojene tipove međuspratnih konstrukcija su date u tabeli 1.Ostali materijali su ugrađeni u softver SAFIR prema EC.

TABELA 1. : Termičke karakteristike) usvojenih materijala u preseku tavanica.

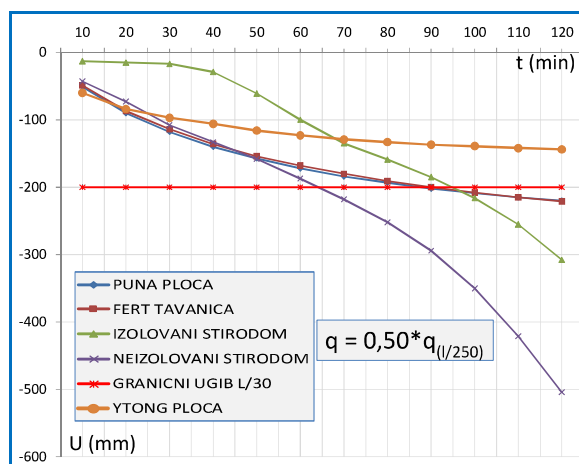
KARAKTERISTIKE / MATERIJAL		FERT PUNIOC	GIPS TABLA	EKSPAND. STIRODUR	YTONG PUNIOC
ZAPREMINSKA TEŽINA	kg/m ³	1800	1000	30	600
VLAŽNOST	kg/m ³	1,5	1,0	-	8
TERMIČKA PROVODLJIVOST	W/m*K	0,75	0,21	0,035	0,14
SPECIFIČNA TOPLOTA	J/kg*K	900	1090	1450	1000
RELATIVNA EMISIJA	-	0,93	0,85	0,90	0,90
KOEFICIJENT KONVEKC. TOPLO	W/m ² *K	25	25	25	25
KOEFICIJENT KONVEKC. HLADNO	W/m ² *K	7	7	7	7

U požarnoj analizi usvojeno je maksimalno opterećenje koje izaziva graničnu deformaciju u ambijentalnim uslovima. Granična deformacija je L/250 [4][7].



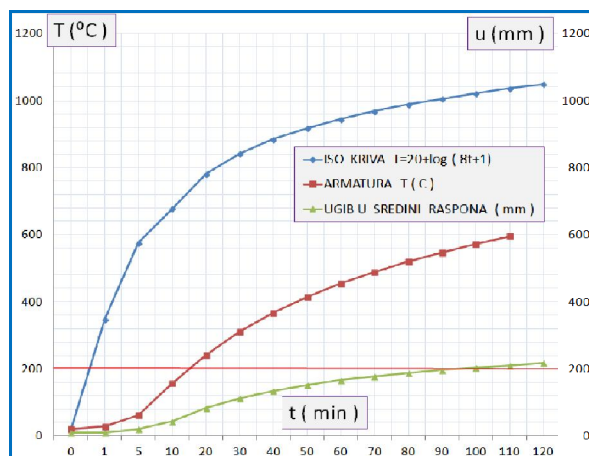
Slika 2. Prikaz vremena požarne otpornosti analiziranih međuspratnih konstrukcija

Na Slici 2 prikazan je dijagram vremena požarne otpornosti usvojenih tipova međuspratnih konstrukcija. Reperna vrednost je opterećenje graničnog ugiba u ambijentalnim uslovima, usvojena kao 100% vrednost. Ostale vrednosti opterećenja su date na apcisi dijagrama (84% , 67 % i 50%). YTONG tavanica ne dostiže graničnu deformaciju za sve vrednosti opterećenja. Neizolovana STIRODOM tavanica ima najmanju požarnu otpornost. Razlog je veoma mala otpornost stirodura na visoke temperature. Gipsana izolacija kod izolovane STIRODOM tavanice i opekarski punioc kod FERT konstrukcije doprinose većoj požarnoj otpornosti ovih tavanica. Deformacije od savijanja analiziranih tavanica, u toku izloženosti požarnom dejstvu, prikazane su na slici 3. Najmanje deformacije ima YTONG tavanica. Zahvaljujući izuzetnim izolacionim svojstvama gipsane obloge (30mm), na zagrejanosti strani, tavanica STIRODOM se takođe dobro ponaša. Kod STIRODOM tavanica bez izolacije, zbog brzog sagorevanja stirodura, već iznad $t=60$ min se dostiže granična vrednost ugiba-L/30.



Slika 3. Prikaz deformacije (ugiba) od savijanja, pri zagrevanju usvojenih tavanica

Iako FERT konstrukcija ima bolju otpornost (ne velika razlika) od masivne betonske ploče (slika 2), ipak, zbog veće krutosti pune ploče, deformacije u toku zagrevanja ovih tavanica, skoro da su identične. Poslednja slika 4, prikazuje temperaturu u armaturnoj šipki, pune armiranobetonske ploče debljine $d=17\text{cm}$, u odnosu na temperaturu ambijenta pri standardnom požarnom testu. Takođe je prikazana deformacija savijanja tavanice pri razvoju temperature u armaturi iste.



Slika 4: Dijagram razvoja ugiba pune AB ploče u sredini raspona, u odnosu na porast temperature armatur. šipki i temperature u ambijentu ISO-834 požara za vreme od 2 h;

4. ZAKLJUČAK

Puna armiranobetonska međuspratna tavanica, koja je nezamenljiva kod izgradnje objekata visokogradnje, vrlo dobro se ponaša u uslovima požarnog dejstva. Za

individualne stambene objekte najbolje rezultate, u požarnoj otpornosti, daju YTONG tavanica i STIRODOM tavanica sa izolovanom donjom stranom ploče. FERT tavanica, vrlo popularna u našoj individualnoj stambenoj izgradnji, ima manju požarnu otpornost od YTONG I STIRODOM tavanice. Međutim, ako se se uzmu u obzir ekonomski parametri, FERT tavanica može dobro zameniti pomenute tavanice u smislu požarne otpornosti. Evidentno je da za, individualne stambene objekte, zbog svoje male težine i dobre požarne otpornosti, nove tavanice (YTONG, STIRODOM i sl.), sve više istiskuju klasične armirano betonske međuspratne konstrukcije.

LITERATURA

- [1] Atesti za polumontažne konstrukcije i tehnički prospekti proizvođača.
- [2] Cvetkovska, M., *Nonlinear Stress Strain Behaviour of RC Elements and Plane Frame Structures Exposed to Fire*, Doctoral dissertation, "Ss Cyril and Methodius" University, Macedonia, 2002.
- [3] Đuranović N., Perišić V., Ispitivanje polumontažne tavanice od Fert gredica, Zbornik radova sa II simpozijuma "Ocena stanja, održavanje i sanacija objekata u građevinarstvu", Društvo građevinskih inženjera i tehničara Jugoslavije, Mataruška Banja, 17 - 20 april 2001.
- [4] EN 1992-1-1 2004, Design of concrete structures - Part 1-1: General rules and rules for buildings
- [5] EN 1992-1-2 2004, Design of concrete structures - Part 1-2: General rules. Structural fire design
- [6] JUS U.N8.030 - Prefabrikovane grede od glinenih elemenata za izradu međuspratnih odnosno tavaničnih konstrukcija, 1997 godine.
- [7] Pravilnik o tehničkim normativima za beton i armirani beton, 1987.
- [8] SAFIR-Computer program, University of Liege, Belgium
- [9] The integrity of Compartmentation in Buildings During a Fire, Building Research Establishment Ltd 2005

NUMERICAL ANALYSIS OF FIRE RESISTANCE OF SOME TYPES OF FLOOR STRUCTURES

Summary: *This paper presents the numerically achieved results for the fire resistance of several types of floor structures which are mostly used in our buildings. Types of floor structures are selected as representatives in construction of individual houses. Using the software SAFIR (University of Liege, Belgium) the fire resistance of four different types of floor structures is calculated, as: solid RC floor slabs, semi-prefabricated reinforced concrete slab systems FERT, YTONG and STIRODOM (with ceiling styrodur). The fire resistance is defined with respect to the criteria of usability of the structures in fire conditions, according to the applicable standards in this area. Material properties and applied loads are taken in accordance with the Eurocodes and our relevant regulations.*

Keywords: *Floor structure, fire resistance, temperature, heat transfer*