

Pretisci iz graditeljskog tiska

VIESTI
HRVATSKOGA DRUŽTVA INŽINIRA I ARHITEKTA
U ZAGREBU
(XXVIII, broj 1, 1907.)

Prof. dr. sc. **Dražen Aničić**, dipl. ing. građ., redoviti član Akademije tehničkih znanosti Hrvatske

USTANOVE ZA IZVEDENJE KONŠTRUKCIJA IZ ARMIRANOG BETONA U ZGRADARSTVU U PRUSKOJ (Milan Schwarz)

*Pisac u početku članka navodi da zbog sve većeg zanimanja za gradnju armiranim betonom postoji potreba da se utvrde odredbe - mjerodavne za izvođače i za **oblast** – kojima će se propisati način statičkog proračuna i izvođenje armiranobetonskih građevina. Austrija je tek pripremala takav propis, pa je u VIESTIMA donijet prijevod njemačkih (pruskih) propisa («ustanova»). Proračun se temelji na zanemarivanju vlačne čvrstoće betona, omjeru modula elastičnosti čelika i betona $n = 15$, dopuštenomu naprezanju armature od 1000 kg/cm^2 a betona $1/5$ tlačne čvrstoće pri savijanju i $1/10$ pri osnome tlaku. Opće odredbe ovog propisa utvrđuju kontrolu projekta **po građevnom redarstvu**, obvezu izrade statičkog proračuna i nacрте s **važnijim potankostima**. Svojstva gradiva moraju se **dokazati svjedočbom kojeg javnog pokusnog zavoda**. Propisuju se pravila izvedbe skele i oplate, način ugradbe i njege svježega betona i provjera položaja ugrađene armature. U statičkom se proračunu pretpostavlja linearna raspodjela deformacija po visini presjeka. Vitki se stupovi proračunavaju na izvijanje, a lokalno izvijanje armature sprječava se poprečnim sponama čiji razmak mora biti manji od 30 promjera uzdužne šipke. Dinamičko djelovanje na stropne konstrukcije uzima se u obzir povećanjem uporabnog opterećenja za 50-100%. aZa praktičnu primjenu propisa na osam numeričkih primjera ilustrirana je njihova primjena*

REGULATIONS ABOUT REALIZATION OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURES IN BUILDING CONSTRUCTION IN PRUSSIA (Milan Schwarz)

In the beginning of the article, the writer asserts that, due to an increasing interest in reinforced concrete structures, there is a pressing need to define regulations - applicable to the builders and the region - in which methods for structural analysis and construction of reinforced concrete structures will be specified. At that time, Austria was in the process of preparing such regulations, and a translation of German (Prussian) regulations was published in the JOURNAL. The analysis is based on the neglect of the tensile strength of concrete, on the steel and concrete elasticity modulus ratio of $n = 15$, on the allowable reinforcing steel load of 1000 kg/cm^2 , and on the allowable load of concrete equaling to $1/5$ of the compressive bending strength and $1/10$ of axial compressive strength. According to general provisions of these regulations, the projects are controlled by the construction control board, as well as through obligatory provision of structural analysis and drawings showing significant details. Properties of construction materials must be proven through certificate issued by a public testing establishment. The regulations specify rules for the assembly of scaffolds and formworks, the method for fresh concrete placing and curing, and the way in which position of the placed reinforcement must be checked. The structural analysis assumes linear distribution of deformations along the height of the cross section. Slender piers are checked through buckling analysis, and the local deformation of reinforcing bars is prevented by transverse ties the spacing of which must be smaller than 30 diameters of the corresponding longitudinal bars. The dynamic action on floor structures is taken into account by increasing the service load by 50 to 100 percent. The practical use of the regulations is illustrated by eight numerical examples.

VIESTI

HRVATSKOGA DRUŠTVA INŽINIRA I ARHITEKTA

U ZAGREBU.

U Zagrebu, dne 1. veljače 1907.

Ustanove za izvedenje konstrukcija iz armiranog betona u zgradarstvu u Pruskoj.

Propisje g. Milan Schwarz, graditelj kod poduzetništva Eisner i Ertlisch u Zagrebu.

Kako se u zadnje vrijeme opaža i kod nas veliko zanimanje za građevine iz armiranog betona, to nastaje i potreba općih ustanova za proračunavanje i izvođenje tih građevina.

Pošto kod izvođenja konstrukcija iz armiranog betona iz nepoznavanja naravi istoga, kao što i iz malih pogrešaka mogu nastati kobne posljedice, to treba da oblast, koja vrši nadzor nad gradnjama, ima u rukama direktivu, po kojoj će moći prosuditi koli projekte, toli i njihovu izvedbu.

Što se statističkog proračunavanja ovakvih građevina tiče, to se je ovo, pošto još nema opće priznate teorije armiranog betona, obavljalo po raznim približnim metodama, koje se međusobno razlikuju, a ova raznolikost morala je nepovoljno djelovati na razvitak tih građevina, pa je stoga bilo od skrajne potrebe, da se već jednom odluči za jednu od poprimljenih približnih metoda.

Usljed zamašnog razvoja ove najmodernije grane graditeljstva³ u poslednjim godinama u Njemačkoj, našla se je pruska vlada ponukanom, da izdade potrebite odredbe glede izvođenja i proračunavanja građevina iz armiranog betona. Time je poluzetniku pružen temelj, po kojem se inada kod projekata i izvedba ravnati, a građevno nadzorna oblast inada opet u rukama propise, kojima može toli odgovorni nadzor rukovoditi, dok je to prije bilo gotovo nemoguće.

Blagotvorno djelovanje ovih propisa dokazuje najbolje rapidni razvoj i svestrana upotreba armiranog betona i u širjim građevnim krugovima, na kakovu se prije postojanja tih propisa nije niti pomisliti moglo.

Ne će dakle biti zgorjegga, ako se i mi s ovimi ustanovama u interesu domaće struke upoznamo.

U slijedećem donosimo spomenute ustanove u prevodu sa tom preinakom, da smo u Njemačkoj dozvoljeno naprezanje željeza sa 1200 kg./cm² reducirali za naše prilike na 1000 kg. (Slične ustanove izdati će u najkraćem vremenu i austrijsko ministarstvo za unutarnje poslove. Opaska Ured.) Što se

tiče metode, po kojoj se inadu konstrukcije iz betona računati, to inada ista prednost⁴ pred drugima u tom, što je statički najjednostavnija, jer uzimlje, da je modul pruživosti za tlakove u betonu konstantan, a natezanje betona, pošto je nepouzđano, posvema se zanemaruje.

Omjer koeficijenata pruživosti željeza, a naprama onome betona, uzet je sa 15. Isti uzimlje se u Italiji sa 10, u državi New-York sa 12, a u Švicarskoj sa 20. Ali i koji drugi omjer ne mijenja mnogo na rezultatu, pa smo ostali kod broja 15, koji leži baš u sredini.

Na koncu pripodujemo nekoliko primjera iz graditeljske prakse, no uporabljeni način računanja, kao što i odnosni propisi vrijede i za ostale grane tehnike.

Na proračunavanje spoma ili previnaka (Bügel) nije uzet nigdje obzir, pošto bi to predaleko vodilo, mora se je ali upozoriti na njihovu važnost u slučajevima, kad prekorači napetost u smicanju dozvoljenu granicu, jer je baš smicanje često uzrokom loma.

I. Opći propisi.

A. Ispitivanje.

§. 1.

1. Prije nego se odpočme sa izvođenjem građevina ili njihovih dijelova iz armiranog betona, inadu se dolićni projekti po građevnom redarstvu točno ispitati.

U tu svrhu treba kod zamolbe za građevnu dozvolu, koja se tiče građevine, izvedene posvema ili dijelom iz armiranog betona, doprinijeti nacрте, statičke račune i opise, iz kojih se može razabrati koli glavni raspored, toli i važnije potankosti.

Ako se vlasnik gradnje ili poduzetnik odluču za način konstrukciju istom tijekom radnje, to ima građevno-redarstvena oblast paziti, da se gore spomenute podloge za ispitivanje naknadno doprineseu.

2. U opisu inada se navesti porijeklo i kakvoća materijala, koji će se za beton upotrebiti, kao što i omjer betonske smjese.

3. Gore spomenute priloge imade vlastnik kuće i poduzetnik, koji će radnju izvesti, potpisati.

Poduzetnik smije neposredno vođenje izvedbe povjeriti samo osobama, koje ovaj način gradnje temeljito poznavaju. Na zahtjev kućegazde ili nadzorne oblasti dužan je poduzetnik dokazati, da su osobe, kojima je povjereno vođenje i nadzor, već uspjehno bile zaposlene kod izvedbe u armiranom betonu!

§. 2.

1. Svojstva raznoga materijala, koji će se upotrebiti, valja, ako ureba, dokazati svjedočkom kojeg javnog pokusnog zavoda.

Ove svjedočbe ne smiju biti starije od jedne godine dana.

2. Za beton smije se upotrebiti samo portland cement, koji odgovara propisima.

Svjedočba o kakvoći portland cementa mora sadržavati oznaku nepromjenivosti volumena, trajanje vezanja, kao i čvrstoću u tlaku i natezanju.

3. Za pravljenje betona smije se upotrebiti samo oštar pijesak, šljunak, ili drugi prikladan dodatak. Kise'a drozga smije se samo onda upotrebiti, ako se dokaže, da ne djeluje štetno na beton i na željezo.

4. U opisu (§. 1. broj 1) imade biti naznačena ona čvrstoća tlaka, koju će beton, miješan u određenom omjeru, imati za 28 dana.

§. 3.

1. Način statičkog računanja mora pružati najmanje onu sigurnost, koju pružaju računi, obavljani po ustanovama odsjeka II. ovih propisa.

2. Kod načina gradnje, koji još nije prokušao, pristoji građevnom redarstvu pravo zahtjevati, da se dozvola učini eventualno ovisnom o uspjehu pokusnog opterećenja.

I z v a d a n j a.

§. 4.

1. Građevno redarstvena oblast može za vrijeme izvadavanja dati istražiti svojstva materijala, koji se upotrebljuju, kao i gotov beton i to bud kroz koji javni zavod za pokuse ili kojim god drugim načinom, koji joj se čini prikladnim.

Istraživanje čvrstoće može se preduzeti i na samom gradilištu pomoću betonskog tiskala, no treba da je točnost tog tiskala zasvjedočena od kojeg javnog zavoda za pokuse.

2. Komadi od betona, na kojima se kani preduzeti pokuse, treba da imadu oblik kocke i to prema jedrini dodatka, sa dužinom stranica od 20 do 30 cm.

Na pokusnim kockama imade se označiti dan, kada su načinjene, pa ih valja pečatiti, te do posve-mašnog otvrdnuća spremiti po naputku građevno redarstvene oblasti. Cement mora biti dobavljen u originalnom omotu.

§. 5.

1. U pravilu imade se beton miješati po težini.

2. Odmjerivanje može se ali obaviti kod miješanja i kubičnim mjerama i to za svaki materijal posebnom mjerom. Svaka ova mjera mora imati, ako je do vrha napunjena, te ravno prigladena, težinu,

koja odgovara propisanom omjeru miješanja, što treba dokazati točnom težinom.

§. 6.

Beton se smije prirediti samo u onoj količini, koja se može odmah upotrebiti. Poslije miješanja imade se odmah ugraditi i jednolično nabijati i to, ako se radi smjesom, koja je samo vlažna, tako dugo, dok se ne okaže na površini voda. Za nabijanje imadu se upotrebiti nabijala prikladnog oblika i težine.

§. 7.

1. Osobitom poanjom imade se paziti, da se željeznim ulošcima dađe pravi položaj, te da ih se gusto obloži cementnim mortlom.

(Ako je željezo malo zahrđalo, to ne škodi, već se je naprotiv pokazalo, da to povoljno djeluje na povećanje adhezije između betona i željeza. Koricu pako od hrle, koja se već željezo samo slabo drži, treba ali svakako odstraniti. Isto tako valja paziti, da željezo ne bude masno. Opuška pišeti)

2. Beton imade se ugrađivati u slojevima do 15 cm debljine, koji se mora svaki za se dobro nabijati.

3. Dugi zidovi moraju se na čitavoj duljini na jedanput započeti i jednako podizati. Pri tom valja paziti na dobar vez sa poprečnim stijenama.

Zadnji sloj svakog sprata imade se točno vodovno izravnati.

4. Oplata za beton mora biti dovoljno čvrsta proti sagibanju, te se nesmije kod nabijanja tresti, nadalje imade ista tako sastavljena biti, da se može ako se i potrebite podpore ostave, bez pogibelji rastaviti i odstraniti.

5. Kod odstranjenja oplata i podpora treba paziti, da se ne prouzroči trešnja

§. 8.

1. Imade li se na još svježiji sloj betona nanesti novi sloj, dostatno je, ako se stara površina dobro vodom polije.

2. Ako se radnja nastavlja na otvrdnutom betonu, treba staru površinu ohrapaviti, čisto ju pomesti i dobro vodom politi.

§. 9.

Kada se inadu izvadati stijene ili pilovi u zgradama na više spratova, ne smije se u višjem spratu prije započeti, dok još nije s donjeg sprata skinuta oplata.

§. 10.

1. Za vrijeme mraza ne smije se raditi, ako nije izključeno njegovo škodljivo djelovanje.

2. Poslije dugih mrazova (vidi §. 12.), kada nastaju topliji dani može se posao opet nastaviti uz dozvolu građevno redarstvene oblasti.

§. 11.

1. Sve dok ne uslijedi dovoljno stvrdnuće betona, imadu se građevni dijelovi očuvati od djelovanja mraza, kao i ranog osušenja, zatim da se ne uzdrmaju i ne optereće.

2. Postrane oplate betonskih greda, kao i oplate stropnih ploča do 1.50 m. širine, ne smiju se skinuti prije 3 dana, dočim mora ostala oplata i poduporke ostati barem 14 dana, računajući od svršetka nabijanja. Kod većeg razmaka potrebno je 4—6 tjedana.

3. U slučaju, da je nabijanje dovršeno istom kratko vrijeme prije no što nastane mraz, to valja biti kod skidanja oplata i poduporka osobito na oprezu.

4. Nastane li mraz za vrijeme stvrdnuća, to valja produljiti rokove u stavci 2. za duljinu trajanja mraza.

§. 12.

O napredku radnja imade se voditi zapisnik, koji mora biti na gradilištu vazda na uvid pripravan. Dani, kada je bio mraz, imadu se točno zabilježiti uz naznaku stupnjeva zime kao i sata, kada se je toplina motrila.

C. Preuzimanje

§. 13.

1. Kod preuzimanja građevina moraju biti građevni dijelovi na mjestima, koja uređujući činovnik odredi, slobodni, tako da se vidi način njihove izvedbe. Isto se tako može osvjedočiti posebnimi pokusima, dali je izvedba besprikorna, zatim koja je tvrdoća i koja nosivost postignuta.

2. Da se konstatuje stupanj otvrdjenja, mogu se uzeti iz gotovog građevnog djela pokusni komadi za ispitivanje po propisima §. 4, br. 2.

3. Pokažu li se potrebitima pokusna opterećenja, to valja ista poduzeti po zahtjevima uređujućeg činovnika. U tu svrhu ima se obavjestiti pravodobno kućegazda i poduzetnik, kojima je slobodno prisustvovati ili ne.

4. Ima li se podvrći pokusnom opterećenju samo uska pruga izvadena iz stropnog polja, to neka ne prekorači jednolično opterećenje na čitavoj pruzi težinu stropa, više dvostruko slučajno opterećenje.

Ako se pako takova pruga za pokus obrereti, bez da se prekine sveza sa stropnim poljem, to valja teret za polovicu povisiti.

Ako dakle znači g vlastitu težinu, a p slučajno opterećenje, to je u prvom slučaju teret, koji se imade nanesti $g-2p$, u drugom slučaju $1.5g-3p$ *

II. Ustanove za statičko proračunavanje.

A. Vlastita težina.

1. Težina betona uključivo željeznih uložaka imade se računati sa 2400 kg, ako se ne dokaže druga koja težina.

2. Kod stropova treba uzeti u obzir, osim na težine nosećih konstrukcija, još i na težinu materijala, iz kojega se sastaji pod.

* Ako slučajno opterećenje prekoračuje 1000 kg/m², imade se pokusni teret razmjerno sniziti. Opterećeni građevni dijelovi smatraju se, da su dovoljno sigurni, ako pokusnim opterećenjem nije nastala stalna deformacija.

B. Proračunavanje vanjskih sila.

1. Kod konstruktivnih dijelova, koji su opterećeni na sagibanje, imadu se proračunati dotični momenti i reakcije poduporka po pravilima za slobodno ležeće, odnosno za neprekidne nosioce prema njihovom opterećenju, i načinu podupiranja.

2. Kao razmak uporišta imade se uzeti u račun kod slobodno ležećih nosnika, udaljenost poduporka, više debljina stropa, a kod neprekidnih ploča udaljenost sredina obiju poduporka.

3. Kod ploča, koje idu neprekidno preko više polja, može se, ako se ne dokažu računom ili pokusima faktični momenti sagibanja i reakcije uporaka, uzeti za sredinu polja u račun $\frac{1}{2}$ onoga momenta, koji bi postojao kod ploče ležeće slobodno samo na dvije uporke.

4. Isto pravilo vrijedi i za grede, ploče sa rebri (Plattenbalkon) i povlake, nu sa tom iznimkom, da se nesmije uzeti u račun nikakav moment sapetosti (Einspannungsmoment) na krajevima, ako nisu poduzete posebne konstruktivne mjere za sigurnu sapetost. Za razmak uporišta imade se uzeti u račun udaljenost upora, više jedna duljina uporišta.

5. Kod ploča sa rebrom ne smije se za širinu ploče uzeti u račun više od jedne trećine duljine grede.

6. Kod stupova mora se uzeti u obzir mogućnost jednostranog ekcentričnog opterećenja.

C. Proračunavanje unutarnjih sila.

1. Ako se drugo ne dokaže, imade se uzeti za koeficijent pruživosti željeza petnaestero struki koeficijent pruživosti betona.

2. Naponi u prosjeku tijela, koje je opterećeno na pregibanje, imadu se proračunavati uz pretpostavu, da su produljenja vlakna proporcionalna udaljenostima od neutralne osi, pa da željezni uložci uzmognu poprimiti sva natezanja.

3. Napetosti koje dolaze uslijed posmika treba posebno iskazati, izuzev slučajeve, gdje se iz konstrukcije same može njihova posvemašnja neškodljivost lako razabrati.

Ako već u samom načinu konstrukcije ne leži sredstvo, da primi napetosti prouzročene smicanjem, to treba u tu svrhu unetnuti posebne željezne uložke prikladnog oblika.

4. Željeznim uložcima treba dati po mogućnosti takav oblik, da već ovaj sam zapređuje smicanje istih u betonu. Ako to nije, to se mora računom ustanoviti veličina adhezije između željeza i betona.

5. Ako visina stupova nadmašuje osamnaestero struku najmanju dimenziju prosjeka, imadu se stupovi proračunavati radi izbočenja na prelom. Poprečni spojevi u svrhu, da željezne uložke međusobno svežu, imadu se namjestiti u udaljenosti, koja nije veća od trideseterostrukog promjera željeznih uložaka, a željezni uložci moraju iznašati barem 0.8% ukupnoga prosjeka.

6. Stupovi se imaju računati na prelom po Eulerovoj formuli.

D. Dozvoljene napetosti.

1. Kod konstruktivnih dijelova, koji su opterećeni na pregibanje, nesmije naprezanje betona na tlak prekoračiti jednu petinu njegove čvrstoće, a naprezanje željeza u tlaku i natezanju nesmije prekoračiti 1200 kg/cm².

Kao opterećenje valja uzeti slijedeće vrijednosti:

a) Kod konstruktivnih dijelova, koji su izvrgnuti samo slaboj trešnji n. pr. stropovi stanbenih zgrada ili dućanskih prostorija, doista postojeću vlastitu težinu i slučajno opterećenje.

b) Kod konstruktivnih dijelova, koji su izvrgnuti jačoj trešnji, ili gdje se opterećenje jako mijenja, n. pr. kod stropova u dvoranama za skupštine i plesove, u tvornicama, u skladištima: faktičnu vlastitu težinu i do 50% povećano slučajno opterećenje.

c) Kod opterećenja sa jakim udarcima, n. pr.

kod podrumskih stropova ispod veže i dvorišta: faktičnu vlastitu težinu i do 100% povećano slučajno opterećenje.

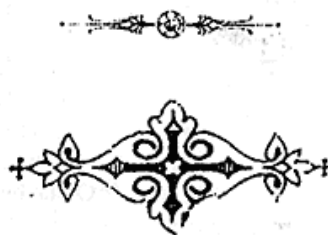
2. U stupovima ne smije se beton opteretiti sa više od desetine njegove čvrstoće. Kod proračunavanja željeznih uložaka na izbočenje valja iskazati peterostruku sigurnost.

3. Naprezanje u smicanju ne smije biti veće od 4-5 kg/cm². Dokaže li se veća čvrstoća u smicanju, to ne smije faktična napetost prekoračiti jednu petinu ove čvrstoće.

Ako naprezanje u smicanju u ploči ili gredi prekoračuje dozvoljenih 4-5 kg/cm², to treba obzirom na naponske u natezanju, u blizini podupora, jedan dio donjih željeznih uložaka kod uporaka koso prema gore savinuti, te u tlačnom pojasu usidriti. Broj željeza, koja treba savinuti, rezultira iz toga, što isto imaju poprimiti kose naponske tlaka, koji prekoračuje 4-5 kg/cm². Obzirom na bolje pronosanje posnika iz rebra u ploču, preporučuje se kod ploča sa rebrom prelaz zaobliti ili kosinom pojačati.

4. Napetost uslijed adhezije ne smije prekoračiti veličinu dozvoljene napetosti u smicanju.

(Svršit će se)



VIESTI

HRVATSKOGA DRUŠTVA INŽINIRA I ARHITEKTA

U ZAGREBU.

U Zagrebu, dne 1. travnja 1907.

Ustanove za izvedenje konstrukcija iz armiranog betona u zgradarstvu u Pruskoj.

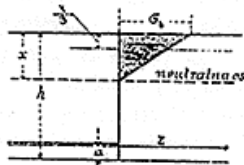
Priopćuje Milan Schwarz, graditelj kod poduzetništva Eisner i Ehrlich u Zagrebu.

(Svršetak)

III. Način proračunavanja i primjeri.

A) Prosto sagibanje.

Ako imamo na širinu ploče b jednostavne željezne uložke sa prosjekom f_c , te ako označimo sa n omjer koeficijenta pruživosti željeza prema onom betona, dobijemo udaljenost neutralne osi od gornjeg ruba iz jednačbe statičkih momenata plošnih elemenata na neutralnu os.



Slika 1.

$$1. \frac{b x^2}{2} = n f_c (h-a-x), \text{ a stoga}$$

$$2. x = \frac{n f_c}{b} \left[\sqrt{1 + \frac{2 h (h-a)}{n f_c}} - 1 \right]$$

Ako stavimo momente vanjskih sila jednake momentima unutarnjeg otpora slijedi

$$3. M = \sigma_u \frac{x}{2} b (h-a-\frac{x}{3}) = \sigma_c f_c (h-a-\frac{x}{3}),$$

gdje σ_u znači najveću napetost tlaka u betonu, a σ_c srednju napetost natega u željezu.

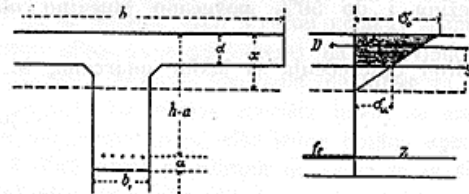
Iz toga slijedi:

$$4. \sigma_u = \frac{2 M}{b x (h-a-\frac{x}{3})}$$

$$5. \sigma_c = \frac{M}{f_c (h-a-\frac{x}{3})}$$

Kod prosjeka oblika T, naime ploča sa rebrom ne razlikuje se proračunavanje u ničem od prijašnjeg onda, ako neutralna os pada u ploču samu ili u donji rub ploče.

Ide li neutralna os kroz rebro, to se mogu male napetosti tlaka, koje nastaju u rebro zanemariti.



Slika 2.

Onda imademo po slici 2

$$\sigma_u = \sigma_c \frac{x-d}{x}$$

$$\sigma_c = \sigma_u n \frac{h-a-x}{x}$$

$$\sigma_u + \frac{\sigma_u}{2} \cdot b d = \sigma_c f_c$$

ili ako umetnemo poznate vrijednosti za

$$\sigma_u \text{ i } \sigma_c$$

$$x = \frac{(h-a) n f_c + \frac{b d}{2}}{b d + n f_c}$$

Pošto je udaljenost težišta trapeza tlaka od gornjeg ruba

$$x-y = \frac{d}{3} \frac{\sigma_c + 2 \sigma_u}{\sigma_c + \sigma_u},$$

to je nakon što umetnemo gornju vrijednost za σ_u :

$$7. y = x - \frac{d}{2} + \frac{d^2}{\sigma_c (2x-d)},$$

$$8. \sigma_c = \frac{M}{f_c (h-a-x+y)},$$

$$9. \sigma_u = \frac{x}{n (h-a-x)}$$

B. Središnji tlak.

Znači li f prosjek tlačene površine betona, a f_c sveukupni prosjek željeznih uložaka, to vrijedi za dozvoljeno opterećenje.

10. $P = \sigma_b (f + n f_c)$, dakle

11. $\sigma_b = \frac{P}{f + n f_c}$ i

12. $\sigma_c = u \sigma_b = \frac{n P}{f + n f_c}$

C. Izvansredišnji tlak

Proračunavanje obavi se isto tako kao i za homogeni materijal, ako u izrazima za površine presjeka i za moment ustrajnosti presjeka betona proračunamo prosjek željeznih uložaka sa njegovom n — tero strukom vrijednošću.

Postojeće napetosti u raztezanju imaju se poprimiti željeznim uložcima.

D. Primjeri.

1. U stanbenoj zgradi inademno strop od 2.00 m razmaka, 10 cm debljine; na 1 m širine stropa otpada 5 cm² željeznih uložaka, koji su 1.5 cm. od donjeg ruba udaljeni. (Sl. 3)

Neka se proračunaju najveći naponi u betonu i željezu.

Vlastita težina stroja na 1 m² je 0.1 × 2400 = 240 kg.

K tomu nasipanje nabijenom drozgom u debljini od 10 cm . . 60 »
33 cm. jaki pod iz dasaka sa blazinicami . 20 »
1.2 cm. jaka žbuka 20 »
slučajno opterećenje 250 »

Ukupno 590 kg

Onda je $M = \frac{590 \cdot 2 \cdot 1^2 \cdot 100}{8} = 32500$,

$x = \frac{15 \cdot 5}{100} \left[\left[1 + \frac{2 \cdot 100 \cdot 8 \cdot 5}{15 \cdot 5} - 1 \right] \right] = 2.9$ cm.

$\sigma_b = \frac{2 \cdot 32500}{100 \cdot 2 \cdot 9 (8.5 - 0.97)} = 30$ kg/cm²

$\sigma_c = \frac{32500}{5 \cdot 7.53} = 865$ kg/cm²

Dozvoljeni napon tlaka u betona iznaša 30 kg/cm², ako imade beton čvrstoću od 5 × 30 = 150 kg/cm².

2. Stropna betonska ploča sa jednostavnim željeznim uložkom imade raspon 2.00 m slučajno opterećenje za tvorničku zgradu neka iznaša 1000 kg/m².

Imade se pronaći debljina te ploče i debljina željeznih uložaka uz pretpostavu da čvrstoća betona u tlaku iznaša 200 kg/cm².

Za proračunavanje vlastite težine uzeti ćemo za sada kao debljinu ploče 15 cm, čime dobijemo raspon 2.15 m.

Vlastita težina ploče na 1 m² 0.15 × 2400 = 360 kg. k tomu nasipanje sa nabijenom drozgom u

visini od 20 cm. 120 kg
2 cm cementnog naboja 40 »
ukupno 520 kg

Usljed toga je

$M = \frac{520 + 1.5 \cdot 1000}{8} \cdot 2 \cdot 15^2 \cdot 100 = 116700$.

pošto je $\sigma_b = \frac{200}{5} = 40$,

$\sigma_c = 1000$,

to je $\sigma_c : \sigma_b = n (h - a - x) : x$,

1000 : 40 = 15 (h - a - x) : x

$h - a = \frac{8}{3} x$

Sastav iz jednačaba 4) i 5) razmjer

$\sigma_b : \sigma_c = \frac{2 M}{b x (h - a - \frac{x}{3})} : \frac{M}{f_c (h - a - \frac{x}{3})}$,

dobijemo za $f_c = \frac{\sigma_b 50 x}{\sigma_c}$, u na šemslučaju $f_c = 2 x$, ako umetnemo ovu vrijednost u jednačbu 5),

1000 = $\frac{M}{2 x (\frac{8}{3} x - \frac{x}{3})}$,

$x^2 = \frac{3 M}{14 \cdot 000} = 25 \cdot 0071$

$x = 5 \cdot 00$ cm

$h - a = \frac{8}{3} \cdot 5 \cdot 00 = 13 \cdot 33$ cm.

$h = 14 \cdot 83$ cm

$f_c = 2 x = 2 \times 5 \cdot 00 = 10 \cdot 00$ cm²,

čemu odgovara 11 komada željeznih šipaka okruglog presjeka sa promjerom od 11 m/m i ukupnom površinom presjeka od 10.45 cm².

3. Stropna ploča sa dvostrukom armaturom (Sl. 4.) imade raspon 2 m. i debljinu 15 cm. dakle faktični raspon 2.15 m.



Slika 4.

Slučajno opterećenje iznaša $p = 1000$ kg/m²
vlastita težina $g = 0.15 \cdot 2400 = 360$ »
dakle ukupno opterećenje $q = 1360$ kg/m².

Koju debljinu moraju imati željezni uložci?

Moment tereta na 1 m. širine iznaša

$M = 15 \cdot 60 \cdot \frac{2 \cdot 15^2}{8} = 100 = 78.583$ kg/cm.

Na 1 m. širine uloženo je dole 9 željeznih šipaka 10 m/m promjera sa površinom $f_c = 7 \cdot 07$ cm², a gore 6 šipaka 10 m/m sa površinom $f_c' = 4 \cdot 71$ cm².

Ako označimo udaljenost armature od gornjega ruba sa h' , to dobijemo udaljenost neutralne osi od gornjeg ruba iz kvadratične jednačbe:

$$x^2 + 2xn \frac{f_e + f'_e}{b} = 2 \frac{n}{b} (h f_e + h' f'_e)$$

$$\text{ili } x^2 + 2x \cdot 15 \frac{7.07 + 4.71}{100} =$$

$$= 2 \frac{15}{100} (13.5 \cdot 7.07 + 1.5 \cdot 4.71),$$

dakle $x^2 + 3.534x = 30.75$, a
 $x = 4.05$ cm.

Usljed toga je napon tlaka u betonu

$$\sigma_b = \frac{M}{b x^2 (3h - x) + 6 f'_e n (x - h') (h - h')}$$

$$= \frac{100.405^2 (3 \cdot 13.5 - 4.05) + 6 \cdot 171.15 (4.05 - 1.5) (13.5 - 1.5)}{6 \cdot 78583 \cdot 4.05} = 26.25 \text{ kg/cm}^2,$$

a napon natega u donjim željeznim uložcima

$$\sigma_e = \frac{\sigma_b (h - x) n}{x} = \frac{26.25 (13.5 - 4.05) \cdot 15}{4.05} = 918 \text{ kg/cm}^2,$$

dočim je napon tlaka u gornjim željeznim uložcima

$$\sigma'_e = \frac{\sigma_b (x - h') n}{x} = \frac{26.25 (4.05 - 1.5) \cdot 15}{4.05} = 248 \text{ kg/cm}^2$$

Udaljenosi središta tlaka od središta natega iznaša ovdje

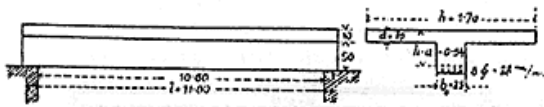
$$f_e \sigma_e = \frac{M}{78.583} = \frac{78.583}{7.07 \cdot 918} = 12.1 \text{ cm};$$

po tome je napon u posniku

$$\sigma_o = \frac{V}{100 \cdot 12.1} = \frac{1360}{100 \cdot 12.1} = 1.13 \text{ kg/cm}^2,$$

a napetost adhezije na donjim željeznim uložcima kod poduporaka

$$t = \frac{b l_a}{\text{obseg uložaka}} = \frac{100 \cdot 1.13}{9.1 \cdot 0.3 \cdot 14} = 4.0 \text{ kg/cm}^2$$



Slika 5.

4. Udaljenost upora iznaša 10.60 m, dakle razpon $l = 11.00$ m, a slučajno opterećenje 400 kg/m^2 .

Opterećenje na tekući metar nosnika iznaša i to:
slučajno opterećenje $400 \cdot 1.7 = 680 \text{ kg}$.
asfaltni polog $30 \cdot 1.7 = 51 \text{ "}$

Vlastita težina iznaša

$$2400 (0.25 \cdot 0.50 + 1.7 \cdot 0.10) = 708 \text{ "}$$

Ukupno jednoliko opterećenje okruglo $q = 1440 \text{ kg/m}$

$$M = q \frac{l^2}{8} = 1440 \cdot \frac{11^2}{8} \cdot 100 = 2,178.000 \text{ kg/cm}$$

Uloženo je 8 željeza sa 28 m/m. promjera sa

$$f_e = 49.26 \text{ cm}^2.$$

Udaljenost neutralne osi od gornjeg ruba ploče

$$\text{dobijemo po formuli } x = \frac{(h-a) n f_e + \frac{b d^2}{2}}{b d + n f_e} =$$

$$= \frac{54 \cdot 15 \cdot 49.26 + \frac{170 \cdot 10^2}{2}}{170 \cdot 10 + 15 \cdot 49.26} = 19.84 \text{ cm, a}$$

$$y = x - \frac{d}{2} = \frac{10^2}{6(2x-d)} =$$

$$= 19.84 - \frac{10}{2} = \frac{10^2}{6(2 \cdot 19.84 - 10)} = 15.40 \text{ cm}.$$

Iz toga proizlazi konačno

$$\sigma_e = \frac{M}{f_e (h - a - x + y)} = \frac{2178000}{49.26 (54.0 - 19.84 + 15.40)} = 892 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma'_e = \frac{x}{n (h - a - x)} = \frac{892 \cdot 19.84}{15 (54 - 19.84)} = 345 \text{ kg/cm}^2$$

Popriječna je sila najveća nad poduporom, te iznaša $V = 1440 \cdot \frac{106}{2} = 7632 \text{ kg}$; po tome je napon posnika u betonu

$$t_a = \frac{V}{b a (h - a - x + y)} = \frac{7632}{25 (54 - 19.84 + 15.40)} = 6.2 \text{ kg/cm}^2$$

a napetost adhezije nad poduporom u donjim željeznim uložcima 28 mm promjera

$$t_a = \frac{25 \cdot 6.2}{4 \cdot 3 \cdot 14 \cdot 2.8} = 4.4 \text{ kg/cm}^2$$

Napetost posnika imade najveću dozvoljenu napetost od 4.5 kg/cm^2 tamo gdje je

$$V = \frac{7632 \cdot 4.5}{6.2} = 5540 \text{ kg},$$

$$\text{to jest u udaljenosti } X = \frac{7632 - 5540}{1440} = 1.45 \text{ m},$$

a čitav kosi nateg Z_1 , što će ga savinuta željeza poprimiti biti će (vidi sliku 6):

$$Z_1 = \frac{14.5}{V} (6.2 - 4.5) \frac{1}{2} \cdot 25 = 2180 \text{ kg/cm}^2$$

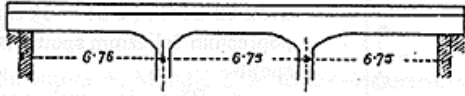
Ako dakle unutar pruge od 1.55 m 4 gornja željeza od 28 mm promjera savinemo, to dolazi na svako željezo samo napon od

$$\sigma_e = \frac{2180}{4 \cdot 6.16} = 89 \text{ kg/cm}^2$$

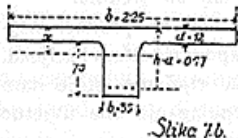


Slika 6.

5. Neprekidna ploča sa rebrom.



Slika 7a.



Slika 7b.

Na tekućem metru nosnika leži stalni teret $g = 2000$ kg, i slučajni teret $p = 3600$ kg

Momenti vanjskog tereta jesu onda
a) Kod 0.4 l prvog otvora

$$\begin{aligned} M_g &= +0.080 \cdot 2000 \cdot 6.75^2 \cdot 100 = + 728960 \text{ kg cm} \\ -M_p &= -0.020 \cdot 3600 \cdot 6.75^2 \cdot 100 = - 328032 > \\ +M_p &= +0.100 \cdot 3600 \cdot 6.75^2 \cdot 100 = + 1640160 > \\ \text{dakle } M_{max} &= + 2369120 > \end{aligned}$$

b) Nad srednjom poduporom

$$\begin{aligned} M_g &= -0.100 \cdot 2000 \cdot 6.75^2 \cdot 100 = - 911200 \text{ kg cm} \\ -M_p &= -0.11667 \cdot 3600 \cdot 6.75^2 \cdot 100 = - 1913575 > \\ +M_p &= +0.1667 \cdot 3600 \cdot 6.75^2 \cdot 100 = + 273415 > \\ \text{dakle } M_{max} &= - 2824775 \text{ kg cm} \end{aligned}$$

c) U srednjem otvoru

$$\begin{aligned} M_g &= +0.025 \cdot 2000 \cdot 6.75^2 \cdot 100 = + 227800 \text{ kg cm} \\ -M_p &= -0.050 \cdot 3600 \cdot 6.75^2 \cdot 100 = - 820080 > \\ +M_p &= -0.075 \cdot 3600 \cdot 6.75^2 \cdot 100 = + 1230120 > \\ \text{dakle } \begin{cases} M_{max} = + 1457920 > \\ -M_{max} = - 592280 > \end{cases} \end{aligned}$$

Ovi momenti prouzrokuju slijedeće napetosti:

a) Kod 0.4 l prvog otvora.

Glavni nosnici udaljeni su međusobno 4.5 m, korisna širina ploče iznaša $b = \frac{1}{3} \cdot \frac{6.75}{3} = 2.25$ m.

Površina $fe = 4$ željeza okruglog presjeka sa promjerom od 32 mm = 32.17 cm²;

$h - a = 77$ cm, $d = 12$ cm, $b = 225$ cm (vidi sliku 7 b); udaljenost neutralne osi od gornjeg ruba ploče iznaša po formuli

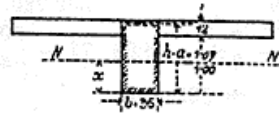
$$x = \frac{(h-a) n f_c + \frac{b \cdot d^2}{2}}{bd + n f_c} = \frac{77 \cdot 15 \cdot 32.17 + 225 \cdot 12^2}{225 \cdot 12 + 15 \cdot 32.17} = 16.8 \text{ cm.}$$

$$y = x - \frac{d}{2} + \frac{d^2}{6(2x-a)} = 16.8 - \frac{12}{2} + \frac{12^2}{6(2 \cdot 16.8 - 12)} = 11.9 \text{ cm.}$$

Onda su napetosti

$$\sigma_c = \frac{M}{f_c(h-a-x+y)} = \frac{2369120}{32.17(77-16.8+11.9)} = 1020 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_o = \sigma_c \frac{x}{n(h-a-x)} = \frac{1020 \cdot 16.8}{15(77-16.8)} = 19.0 \text{ kg/cm}^2$$



Slika 8.

Napetost željeza 1020 kg/cm² možemo lako sniziti izpod 1000 kg/cm. ako jedno željezo sa promjerom 32 mm zamijenimo sa željezom 34 mm. promjera.

b) Nad srednjom poduporom.

Budući, da se čvrstoća betona u natezanju zane-maruje, to se za negativni moment nad poduporom ne uzimlje obzir na ploču, nego postoji za račun samo četverokutni presjek (slika br. 8.) sa širinom $b = 35$ cm. Poradi toga je

$$f_c = \frac{4 \cdot 3 \cdot 2^2 \pi}{4} + \frac{2 \cdot 3 \cdot 4^2 \pi}{4} = 50.33 \text{ cm}$$

$$b_1 = 35 \text{ cm, } h-a = 107 \text{ cm, } n = 15$$

$$x = \frac{n f_c}{b} \left[\sqrt{1 + \frac{2 b (h-a)}{n f_c}} - 1 \right] = 49.5 \text{ cm}$$

$$\sigma_b = \frac{2 M}{b_1 x (h-a \frac{x}{3})} = \frac{2824775}{50.33(107 - \frac{49.5}{3})} = 621 \text{ kg/cm}^2$$

c) U sredini srednjeg otvora.

Moment $+ M_{max} = + 1457920$ kg/cm,

$$f_c = \frac{3 \cdot 3 \cdot 2^2 \pi}{4} = 24.13 \text{ cm}^2, b = 225 \text{ cm, } h-a = 77 \text{ cm}$$

$d = 12$ cm, inače kao pod a)

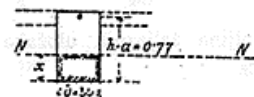
$$x = 14 \text{ cm, } y = 9.8 \text{ cm, } \sigma_c = 833 \text{ kg/cm}^2,$$

$$\sigma_b = 12.8 \text{ kg/cm}^2$$

Moment $- M_{max} = 592280$ kg/cm.

$$h-a = 77 \text{ cm, } f_c = \frac{1 \cdot 3 \cdot 4^2 \pi}{4} = 9.08 \text{ cm}^2, b = 35 \text{ cm.}$$

$$x = \frac{n f_c}{b} \left[\sqrt{1 + \frac{2 b (h-a)}{n f_c}} \right] = \frac{15 \cdot 9.08}{35} = \left[\sqrt{1 + \frac{1 \cdot 35 \cdot 77}{15 \cdot 9.08}} - 1 \right] = 20.9 \text{ cm}$$



Slika 9.

$$\sigma_b = \frac{2 M}{b x (h - a - \frac{x}{3})} = \frac{2 \cdot 592 \cdot 280}{35 \cdot 209 (77 - \frac{20 \cdot 9}{3})} = 23 \cdot 2 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_c = \frac{M}{f_c (h - a - \frac{x}{3})} = \frac{532 \cdot 280}{9 \cdot 08 (77 - \frac{20 \cdot 9}{3})} = 932 \text{ kg/cm}^2$$

Proračunavanje posmika obavi se slično kao kod primjera 3.

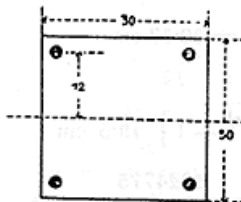
6. Pilov iz armiranog betona 30/30 cm prosjeka sa 4 željezna umetka sa ukupnim prosjekom od 16 cm² opterećen je centrično sa 30 000 kg. Imadu se pronaći najveće napetosti u betonu i željezu.

Iz jednačbe 30.000 = $\sigma_b (30 \times 30 + 15 \cdot 16)$ slijedi

$$\sigma_b = \frac{30000}{1140} = 26 \cdot 3 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_c = 15 \cdot 26 \cdot 3 = 395 \text{ kg/cm}^2$$

7. Isti pilov imade se istražiti pogledom na izbočenje, ako mu je visina 4 00 m.



Slika 10.

U Eulerova formulu

$$P = \frac{\pi^2 E J}{s l^2}$$

valja za beton umetnuti modul elasticiteta

$$E = 140 \ 000$$

i sigurnost $s = 10$.

Moment ustrajnosti iznaša

$$J = \frac{30^4}{12} + 15 \cdot 4 \cdot 4 \cdot 00 \cdot 12^2 = 102060;$$

$$\text{dakle } P = \frac{10 \cdot 140000 \cdot 102060}{10 \cdot 160000} = 89303 \text{ kg}$$

Budući da je P po prijašnjem slučaju samo 30.000 kg, to ne postoji obzirom na beton nikakova opasnost pogledom na prelom uslijed izbočenja.

Da ne nastane ni kod željeza izbočenje mora biti:

$$\frac{\pi^2 E J}{5 l^2} = F \cdot K.$$

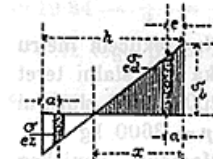
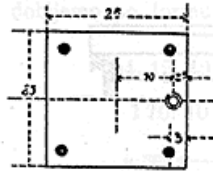
Za napetost u željezu pronašli smo gore 395 kg/cm.

Pošto je kod željeza okruglog prosjeka

$$F = \frac{\pi d^2}{4}, \text{ a } J = \frac{\pi d^4}{64}, \text{ to je } \frac{J}{F} = \frac{d^2}{16},$$

a dozvoljena duljina željeznih uložaka obzirom na izbočenje biti će

$$l = d \sqrt{\frac{10 \cdot 2100 \cdot 000}{80 \cdot 395}} = 25 \cdot 8 \text{ d}$$



Slika 11.

Da zapriječimo izbočenje željeznih uložaka, treba ih dakle međusobno u udaljenosti od $25 \cdot 8 \times 2 \cdot 26 = 58 \text{ cm}$ poprečnim željeznim sponama spojiti.

8. Pilov iz armiranog betona 25/25 cm u prosjeku, sa četiri željezna uložka od 2 cm promjera opterećen je excentrično sa 5000 kg, i to sa 10 cm od sredine.

Imadu se pronaći najveći naponi u betonu i željezu.

Za rješenje stoje nam na raspolaganje obe uvjetne jednačbe

1. Suma vanjskih i unutarnjih sila mora biti jednaka

$$\sum V = 0.$$

2. Suma statičkih momenata sila koje na presjek djeluju, mora biti jednaka ničiti: $\sum M_{stat} = 0$

Pošto dolazi u obzir uvjet, da se napetosti odnose kao udaljenosti od neutralne osi umnožene sa koeficijentom pruživosti, uime:

$$\sigma_b : \sigma_{ed} = x : n(x - a),$$

$$\sigma_b : \sigma_{cz} = x : n(h - a - x)$$

Iz uvjeta 1. dobijemo onda:

$$a) P = \frac{x}{2} \sigma_b + n f_c \sigma_b \left(\frac{x - a}{x} - \frac{h - a - x}{x} \right) = \sigma_b \left[\frac{b x}{2} + \frac{n f_c}{x} (2 x - h) \right]$$

$$b) I (x - c) = \sigma_b \frac{x \cdot 2 b}{3} + n f_c \sigma_b \left[\frac{(x - a)^2}{x} + \frac{(h - a - x)^2}{x} \right] = \sigma_b \left[\frac{b x^2}{3} + \frac{n f_c}{x} (2 x^2 - 2 h x + 2 a^2 - 2 a h) \right]$$

Prispodobimo li međusobno vrijednosti za σ_b , što smo ih iz obih jednačba dobili, to dobijemo dalje

$$\frac{b}{6 n f_c} x^3 - \frac{b a}{2 n f_c} x^2 (2 c - h) = 2 a^2 + h^2 - (2 + c) h$$

ili ako se uvrsti za vrijednosti

$$b = 25; n = 15; f_c = 6 \cdot 28; c = 2 \cdot 5; h = 25; a = 3$$

$$\frac{25}{6 \cdot 15 \cdot 6 \cdot 28} x^3 - \frac{25 \cdot 2 \cdot 5}{2 \cdot 15 \cdot 6 \cdot 28} x^2 + 20 x = 2 \cdot 3^2 + 25^2 - 8 \cdot 5 \cdot 2 \cdot 5, x^3 - 7 \cdot 5 x^2 + 45 \cdot 2 \cdot 16 x = 9734.$$

Najjednostavnije ćemo to riješiti pokusno, pri čem dobijemo dosta točno $x = 16 \cdot 3 \text{ cm}$.

Onda slijedi iz jednačbe a):

$$5000 = \sigma_b \left(\frac{25 \cdot 16 \cdot 3}{2} + \frac{15 \cdot 6 \cdot 28}{16 \cdot 3} \cdot 7 \cdot 6 \right)$$

$$\sigma_b = 20 \cdot 2 \text{ kg/cm}^2, \text{ a konačno}$$

$$\sigma_{ed} = \frac{15 \cdot 13 \cdot 3 \cdot 20 \cdot 2}{16 \cdot 3} = 249 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{cz} = 249 \frac{5 \cdot 7}{13 \cdot 3} = 107 \text{ kg/cm}^2$$