

SIJŲ-SIENUČIŲ ĮTEMPIŲ-DEFORMACIJŲ BŪVIS NUO IŠANKSTINIO ĮTEMPIMO

Linas Vasiliauskas, Kazys Šleževičius, Jonas Roličius
 Šiaulių universitetas, Technologijos fakultetas

Įvadas

Statybinės konstrukcijos nuolat vystosi, didėja perdengiamų tarpinių matmenys, naudojamos šiuolaikinės medžiagos, tobulėja jų skaičiavimo metodai. Apkrova dažniausiai perduodama skerspjuviui per tam tikrą ribotų matmenų aikštelę. Tokie atvejai sutinkami kolonų antgaliuose, padėkluose, atraminėse dalyse, sijų-sienučių atramose ir nuo jų išankstinio įtempimo. Netolygiai perduodama apkrova sukelia įtempimų koncentracijos reiškinius (Варвак П. М., Варвак Л. П., 1987; Холмянский, 1997; Šleževičius, Roličius, Mikuckis, 2002).

Sijų-sienučių įtempimų būvis nagrinėtas nuo išankstinio įtempimo. Jų aukščio ir tarpsnio santykis keistas nuo 0,6 iki 2,0. Išankstinis armatūros įtempimas priimtas kaip sutelkta jėga sijos-sienutės apačioje.

Sijų-sienučių skaičiavimui pasirinktas tinklelio metodas. Skaičiavimai atlikti nuo išankstinio apkrovimo vienietinės jėgos. Pateikti įtempimų pasiskirstymo grafikai, lentelės.

Tyrimo tikslas – atlikti įtempimų palyginimai, esant įvairiems sijų-sienučių aukščio ir tarpsnio santykiams bei išankstinio įtempimo jėgos padėtimis.

Tyrimų metodika ir rezultatai

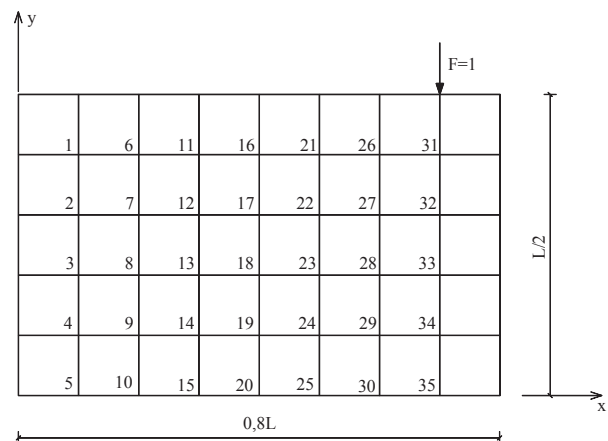
Tiriamas įtempimų būvis sijose-sienutėse, gniuždomose necentriškai išskirstytomis apkrovomis nuo išankstinio įtempimo.

Tampriai apkrautam elementui sprendėme plokštuminį tamprumo teorijos uždavinį (Niyogi, 1973; Žiliukas, 2006). Skaičiavimai atlikti tinklelio (baigtinių skirtumų) metodu. Sprendžiant kontūrinį rėmą, pakraštines sąlygas visam rėmui buvo ap-

1 lentelė. *Įtempiai vidiniuose sijos-sienutės taškuose, kai jos $H = 0,8 L$, apkrova $F = 1$, $e = 0,3 L$*

| Taškai | Ery funkcija | Normaliniai vienetiniai įtempiai | | Tangentiniai vienetiniai įtempiai | Svarbiausi įtempiai | | Ekvivalentiniai įtempiai | |
|--------|--------------|----------------------------------|------------|-----------------------------------|---------------------|------------|--------------------------|---------------|
| | | σ_x | σ_y | | σ_1 | σ_2 | σ_{E1} | σ_{E2} |
| 1 | 0,013 | 0,107 | 0,082 | 0,163 | 0,259 | -0,069 | 0,328 | 0,272 |
| 2 | 0,015 | 0,253 | 0,003 | -0,211 | 0,373 | -0,117 | 0,490 | 0,396 |
| 3 | 0,016 | 0,379 | -0,045 | -0,174 | 0,441 | -0,107 | 0,548 | 0,463 |
| 4 | 0,017 | 0,462 | -0,065 | -0,095 | 0,478 | -0,081 | 0,559 | 0,494 |
| 5 | 0,017 | 0,490 | -0,069 | 0,000 | 0,490 | -0,069 | 0,559 | 0,504 |
| 6 | 0,027 | 0,063 | 0,203 | -0,255 | 0,397 | -0,131 | 0,528 | 0,423 |
| 7 | 0,032 | 0,112 | -0,013 | -0,295 | 0,351 | -0,252 | 0,603 | 0,402 |
| 8 | 0,036 | 0,129 | -0,133 | -0,230 | 0,262 | -0,267 | 0,530 | 0,316 |
| 9 | 0,038 | 0,129 | -0,183 | -0,122 | 0,171 | -0,225 | 0,396 | 0,216 |

rašytos funkcijomis M_{xy} ir N_{xy} , skaičiavimai atlikti P. M. Varvako (Варвак и др., 1987) metodu. Tinklelio dydis buvo renkamas pagal sienutės matmenų (aukščio H ir pločio L) santykį b . Priimta vienietinė jėga $F = 1$ nuo išankstinio įtempimo. Mūsų nagrinėtos koncentracijos atvejais stengtasi sienutės matmenų santykį ($b = H/L$), apkrovimo aikštelių dydžius ir padėtis parinkti taip, kad tempimo įtempimų σ_x, σ_y zonos persidengtų. Persidengusių zonų įtempiai sumuojami ir gaunami padidinti, palyginus su įtempiais, kai sienutė aukšta ($b > 2$). Išankstinio įtempimo jėga skaičiavimuose priimta vertikalios krypties. Skaičiavimo modelis pateiktas 1 pav., įtempiai – 1 lentelėje. Iš lentelės duomenų matyti, kad horizontalūs normaliniai įtempiai σ_x , tempiantys tam tikrame gylyje po apkrovimo aikštelę. Tempiantys jie visame gylyje ties jėgos veikimo linija. Vertikalūs įtempiai σ_y – gniuždantys.



1 pav. Sijos-sienutės $H/L = 0,8$ skaičiuojamasis modelis nuo išankstinės vienietinės įtempimo jėgos

1 lentelės tęsinys

| | | | | | | | | |
|----|-------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|
| 10 | 0,039 | 0,127 | -0,196 | 0,000 | 0,127 | -0,196 | 0,323 | 0,166 |
| 11 | 0,042 | 0,013 | 0,309 | -0,268 | 0,468 | -0,145 | 0,613 | 0,497 |
| 12 | 0,050 | -0,058 | -0,063 | -0,268 | 0,208 | -0,329 | 0,537 | 0,274 |
| 13 | 0,057 | -0,160 | -0,238 | -0,189 | -0,006 | -0,392 | 0,386 | 0,073 |
| 14 | 0,061 | -0,239 | -0,304 | -0,095 | -0,171 | -0,371 | 0,201 | -0,097 |
| 15 | 0,063 | -0,267 | -0,319 | 0,000 | -0,267 | -0,319 | 0,052 | -0,203 |
| 16 | 0,057 | -0,098 | 0,333 | -0,163 | 0,388 | -0,153 | 0,541 | 0,419 |
| 17 | 0,067 | -0,362 | -0,144 | -0,099 | -0,106 | -0,400 | 0,294 | -0,026 |
| 18 | 0,076 | -0,604 | -0,320 | -0,045 | -0,313 | -0,611 | 0,298 | -0,190 |
| 19 | 0,082 | -0,756 | -0,374 | -0,017 | -0,373 | -0,757 | 0,384 | -0,222 |
| 20 | 0,084 | -0,807 | -0,385 | 0,000 | -0,385 | -0,807 | 0,422 | -0,223 |
| 21 | 0,071 | -0,462 | 0,192 | 0,179 | 0,238 | -0,508 | 0,746 | 0,339 |
| 22 | 0,081 | -1,009 | -0,204 | 0,249 | -0,133 | -1,080 | 0,947 | 0,083 |
| 23 | 0,090 | -1,349 | -0,311 | 0,181 | -0,280 | -1,380 | 1,099 | -0,004 |
| 24 | 0,095 | -1,521 | -0,342 | 0,089 | -0,336 | -1,527 | 1,192 | -0,030 |
| 25 | 0,096 | -1,572 | -0,349 | 0,000 | -0,349 | -1,572 | 1,224 | -0,034 |
| 26 | 0,080 | -1,751 | -0,034 | 1,021 | 0,441 | -2,226 | 2,668 | 0,886 |
| 27 | 0,085 | -2,358 | -0,058 | 0,660 | 0,118 | -2,534 | 2,653 | 0,625 |
| 28 | 0,089 | -2,508 | -0,134 | 0,357 | -0,082 | -2,560 | 2,479 | 0,430 |
| 29 | 0,092 | -2,548 | -0,192 | 0,158 | -0,181 | -2,559 | 2,378 | 0,331 |
| 30 | 0,093 | -2,559 | -0,209 | 0,000 | -0,209 | -2,559 | 2,349 | 0,303 |
| 31 | 0,072 | -6,383 | 0,884 | 0,252 | 0,893 | -6,392 | 7,285 | 2,171 |
| 32 | 0,065 | -4,568 | 0,546 | 0,230 | 0,557 | -4,579 | 5,135 | 1,472 |
| 33 | 0,064 | -3,904 | 0,152 | 0,182 | 0,160 | -3,912 | 4,072 | 0,942 |
| 34 | 0,065 | -3,677 | -0,010 | 0,100 | -0,008 | -3,680 | 3,672 | 0,728 |
| 35 | 0,065 | -3,621 | -0,049 | 0,000 | -0,049 | -3,621 | 3,572 | 0,675 |

Pastaba: Ekvivalentiniai įtempiai σ_{e1} ir σ_{e2} nustatyti pagal Kulono ir Moro stiprumo teorijas

Keletas įtempių būvio pasikeitimų priklausomai nuo santykio b , apkrovimo aikštelės dydžio ir padėties, atvaizduota įtempių pasiskirstymo grafikai (2, 3 pav.). Dėl simetrijos parodyta tik pusė sienutės. Simetrijos ašis sutampa su x ašimi.

Įtempiai σ_x ir σ_y charakteringuose sienutės pjūviuose pavaizduoti 2 pav. Sienutė apkrauta vienetine jėga $F = 1$, apkrovimo aikštelės ilgis $0,3L$ ir ekscentricitetas $e = L/6$. Sienutės matmenų santykis $b = 0,6; 1; 2$.

2a pav. matyti, kad vertikalūs gniuždymo įtempiai σ_y pjūvyje $x = 0$, mažėjant santykiui b ir esant kitoms pastovioms sąlygoms, keičiasi nedaug. Tuo tarpu horizontaliems tempimo įtempiams σ_x santykio b mažėjimas intervale $0,6 < b < 2,0$ turi didelės įtakos. Šis pasikeitimas sukelia tempimo įtempių epiūros pasikeitimą, o taip pat ir jos ordinačių dvigubą padidėjimą, kai $b = 0,6$, palyginus su ordinatėmis, kai $b = 2,0$. Maksimalūs horizontalūs tempimo įtempiai, kai santykis $b = 2,0$ pasireiškia pjūvyje $y = \pm 2H/3$. Kai santykis $b = 0,6$ ir $b = 1$, tuomet šie įtempimai pasireiškia pjūvyje $y = 0$. Skirtingai išsidėsto horizontalūs tempimo įtempiai ir pjūviuose $y = const$ (sienutėse gniuždymo įtempiai yra teigiami). Šie įtempiai sudaro pirmą tempimo įtempimų zoną (2b pav.).

Briaunoje $y = \pm H/2$ už apkrovimo aikštelės įtempiai σ_x pereina į tempiamus (2c pav.). Po apkrovimo aikštele šie įtempiai gniuždantys. Mažėjant y koordinatei, šie įtempiai mažėja. Pjūvyje $y = 2H/3$ šie įtempiai jau gniuždantys.

Trečią tempimo įtempių zoną sukelia vertikalūs normaliniai įtempiai. Jos dydis priklauso nuo sienutės matmenų santykio ir jėgos ekscentriciteto. Jėgos ekscentricitetui didėjant, minėta zona didėja išilgai mažiau apkrauto krašto. Esant $b > 1,5$, minėta zona sudaro gaunamą pagal medžiagų atsparumą tempimo sritį necentriškai gniuždomame elemente (2b pav.).

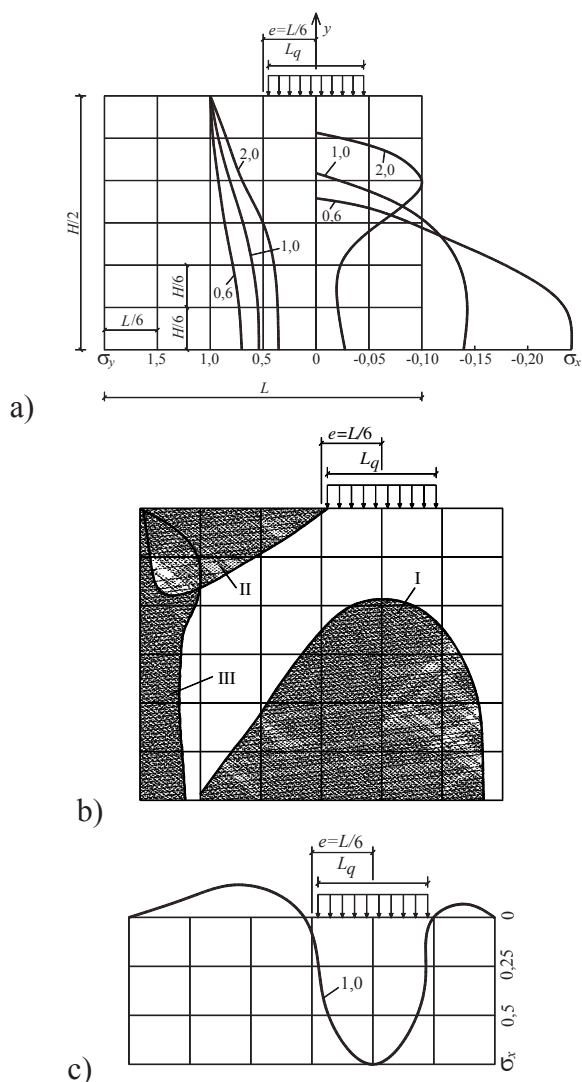
Tokiu būdu susidaro kelios horizontalių tempimo įtempių zonos, kurios kinta, priklausomai nuo santykio b , aikštelės dydžio ir padėties apkrovimo aikštelės atžvilgiu.

Kai apkrovimo aikštelės dydis $L_q = 0,3L$ yra pastovus, o jėgos necentriškumas $e = L/3$, maksimalūs horizontalūs tempimo įtempiai zonoje tarp priešpriešiais išsidėsčiusių apkrovų pasidaro beveik pastovūs (3a pav.). Vertikalūs normaliniai įtempiai σ_y šiuo atveju irgi kinta nežymiai. Epiūrų σ_x išsidėstymas pjūvyje $x = 0$ panašus į ankstesnį, kai $e = L/6$. Mažėjant b , tempimo įtempiai pasislenka žemyn ašies $x = 0$ kryptimi. Tačiau esminis skirtumas yra

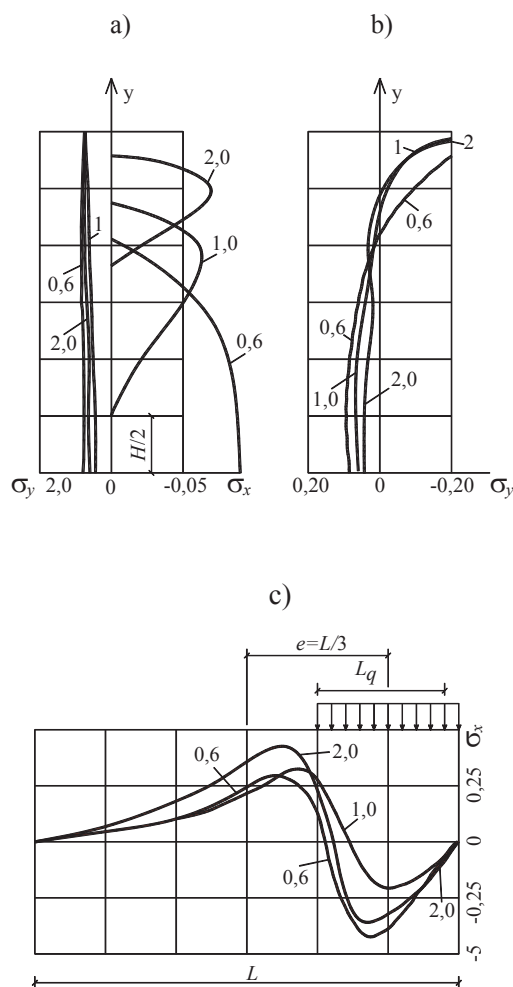
tas, kad jų maksimumai mažai tepriklauso nuo santykio b pasikeitimo. Pasireiškia ir vertikalūs normaliniai tempimo įtempiai mažiau apkrautoje sienutės briaunoje (3b pav.). Įtempiai pavaizduoti horizontaliuose pjūviuose per taškus, kuriuose veikia maksimalūs normaliniai įtempiai.

Tempimo įtempių skirtumai labiau pasireiškia nuo santykio b pjūviuose $y = const$ per maksimalius horizontalius tempimo įtempius (3c pav.). Iš įtempių pasiskirstymo matyti, kad jų dydžiai skiriasi daugiau, priklausomai nuo santykio b , palyginus su jų pasiskirstymu, kai apkrovos ekscentricitetas $e = L/6$.

Kita tempimo horizontalių įtempių zona išsivysto išilgai viršutinės ir apatinės sienutės briaunų, šalia apkrovimo aikštelių. Didėjant ekscentricitetui, didėja ir horizontalių tempimo įtempių dydis ir jų išsivystymo zona.



2 pav. Įtempiai sienutėse, kai $e = L/6$, $F = 1$ ir apkrovimo aikštelė $L_q = 0,3L$. Skaičiai ties kreivėmis reiškia sienutės aukščio ir pločio santykį ($b = H/L$); a – įtempiai σ_x ir σ_y pjūvyje $x = 0$; b – normalinių tempimo įtempių pasiskirstymo zonos, kai $b = 1$; c – įtempiai σ_x , kai $y = \pm H/2$ ir $b = 1$



3 pav. Įtempiai sienutėse, kai $e = L/3$, $F = 1$ ir apkrovimo aikštelė $L_q = 0,3L$
 a – įtempiai σ_x ir σ_y , kai $x = 0$; b – maksimalūs σ_x , kai santykis $b = 1$ ir $b = 2$, tai $x = -7/12L$, kai $b = 0,6$, tai $x = -11/16L$; c – normaliniai įtempiai σ_x pjūviuose $y = \pm H/2$

Išvados

1. Teoriniai vietinio gniuždymo įtempių tyrimai paprastai atliekami esant plokštuminiam įtempių būviui ir dideliame aukščiui. Baigtinėms sienutėms (aukščio ir pločio santykio b įtakos nustatymui) atlikta nedaug tyrimų.
2. Veikiant išankstinio įtempimo apkrovomis, susidaro sudėtingas įtempių būvis. Koncentracijų zonų intensyvumas, jų matmenys ir formos priklauso nuo apkrovimo aikštelės dydžio ir padėties, taip pat ir nuo elemento matmenų santykių.
3. Kai elementai apkrauti su ekscentricitetu $e = L/6$, o apkrovimo aikštelės dydis $L_q = 0,3L$, išsivysto pavojingi horizontalūs tempimo įtempiai σ_x plote, sudarytame priešpriešiais nukreiptų apkrovimo aikštelių. Kai ekscentricitetas $e = L/3$, tai didesni tempimo įtempiai išsivysto šoninėje tempiamos briaunos pusėje.

4. Veikiant išankstinio armatūros apspaudimo jėgai apatinėje sijos-sienutės dalyje išsivysto gniuždantys horizontalūs normaliniai įtempiai. Parenkant tinkamą išorinės apkrovos ir išankstinio armatūros įtempimo jėgų santykį, galima žymiai padidinti gelžbetoninių sijų-sienučių supleišėjimo apkrovas.
2. Šleževičius K., Roličius J., Mikuckis F., 2002, Glemžiamų elementų skaičiavimas pagal stiprumo teorijas. *Vandens ūkio inžinerija*. LŽŪU, Lietuvos vandens ūkio institutas. Nr. 19 (41). P. 81–86.
3. Žiliukas, 2006, *Stiprumo ir irimo kriterijai*. Kaunas: Technologija.
4. Варвак П. М., Варвак Л. П., 1987, *Метод сеток в задачах расчета строительных конструкций*. Москва: Стройиздат.
5. Холмянский М. М., 1997, *Бетон и железобетон (деформативность и прочность)*. Москва: Стройиздат.

Literatūra

1. Niyogi S., 1973, Bearing strength of concrete – geometric variations. *Proc. ASCE Journal of Structural Division*. Vol. 99. № ST7.

THE STATE OF STRESS-STRAIN OFF VERTICAL WEB MEMBERS FROM PRE-STRESS

Linus Vasiliauskas, Kazys Šleževičius, Jonas Roličius

Summary

In order to design the structures rationally, one needs to know the distribution of tension in them. In practice load is transferred to cross-section through a certain area having limited dimensions. This applies to caps of columns, pads, supporting parts of structures, in supports for beams, etc. Uneven distribution of stress causes concentration of tension. The state of tension-deformation in concrete blocks compressed by loads coming from opposite directions is theoretically and experimentally analysed in this article. A complicated state of tension occurs in the blocks. We prove that intensity, size and shape of concentration zones depend on the width and location of the area under load as well as on the ratio of dimensions of a certain part of structure. Theoretical calculations of tensions under local compression frequently are carried out when the state of tension concentrates on a plane. The state of tension in plates was calculated using the net method. The calculations worked out are compared with experimental deformations on the sides of plates. When the elements are loaded centrally or with eccentricity the load covering 1/6 of the width of the plate and the size of the area under load reaches one third of the width of the plate, horizontal tensions were analysed in the area exposed to loads coming from opposite directions. When the eccentricity amounts to one third of the width of the plate, we analysed the tension in the lateral zone of the edge more distant from the impact of load. Proper evaluation of concentration of tensioning allowed us to calculate the bearing capacity of plates more precisely, to detect zones exposed to heavier or lighter loads and in case of necessity to strengthen or weaken them.

Key words: concrete, compression, stress state, deformation.

SIJŲ-SIENUČIŲ ĮTEMPIŲ-DEFORMACIJŲ BŪVIS NUO IŠANKSTINIO ĮTEMPIMO

Linus Vasiliauskas, Kazys Šleževičius, Jonas Roličius

Santrauka

Sijos-sienutės atlieka atitvarinę ir laikančią funkcijas. Jos gali būti naudojamos hidrotechninės statyboje vandens pralaidų šonams. Įtempiai tokiose sienutėse pasiskirsto sudėtingomis priklausomybėmis. Sijos-sienutės skaičiuojamos tamprumo teorijos metodais. Tiklelio metodu atlikti sijų-sienučių skaičiavimai nuo išankstinio apkrovimo vienietinės jėgos, pateikti įtempimų pasiskirstymo grafikai, atlikti įtempimų palyginimai, esant įvairiems sijų sienučių aukščio ir tarpsnio santykiams bei išankstinio įtempimo jėgos padėtimis.

Prasminiai žodžiai: sijos-sienutės, gelžbetonis, išankstinis įtempimas, įtempiai, įtempimų pasiskirstymas.

Įteikta 2012-11-10