

# SUPLEIŠĖJUSIŲ GELŽBETONINIŲ SIJŲ-SIENUČIŲ ĮTEMPIŲ BŪVIS

Linas Vasiliauskas, Kazys Šlezevičius, Jonas Roličius, Antanas Špokas  
Šiaulių universitetas, Technologijos fakultetas

## Įvadas

Gelžbetoninės sijos-sienutės atlieka atitvarinę ir laikantią funkcijas. Jos plačiai naudojamos hidrotechniniuose statiniuose, šiuolaikiniuose pastuose, rezervuaruose, bunkeriuose ir kitur. Sijų-sienučių, arba aukštų sijų, aukščio ir angos santykis didesnis kaip 0,25. Dažniausiai sijų-sienučių storis būna žymiai mažesnis už jų aukštį bei plotį. Supleišėjusių sijų-sienučių skaičiavimo metodika dar nėra visiškai išbaigta.

**Tyrimo tikslas** – išnagrinėti įtempimų būvį lenkiamose gelžbetoninėse sijose-sienutėse tamprioje stadijoje ir jų įtempimus plokštelėse su pirminiais plyšiais.

## Tyrimų metodika ir darbo rezultatai

Gelžbetoninės sijos-sienutės skaičiuojamos tamprumo teorijos metodais. Tempimo įtempimus čia turi perimti armatūra. Įtempiai pradinėje tyrimo stadijoje nustatyti baigtinių skirtumų metodu (Барвак, Барвак, 1987). Įtempimų funkcijų reikšmės ant plokštelės kontūro nustatytos pagal lenkimo momentų ir ašinių jėgų reikšmes statiškai sprendžiamam rėmui. Kiekvienam vidiniam tinklelio taškui užrašyta biharmoninė lygtis baigtinių skirtumų santykiais. Lygčių užrašoma tiek, kiek yra vidinių tinklelio taškų.

Normaliniai ir tangentiniai įtempiai, kai sienutės aukščio ir angos santykis lygus vienetui, pateikti 1 lentelėje. Nagrinėjamos sijos-sienutės apkrautos sutelktomis jėgomis trečdaliuose angos, o jų aukštis kinta nuo 0,5 iki 1,5 angos ilgio.

Veikiant horizontaliems normaliniams įtempiams, sienučių neutralinė ašis yra žemiau jų sunkio centro. Didėjant sienutės aukščiui, neutralinės ašies padėtis žemėja. Maksimalūs tangentiniai įtempiai pasislenka žemyn, palyginus juos su įtempiais, gautais pagal medžiagų atsparumą. Didesnę reikšmę turi vertikalūs normaliniai įtempiai, kurie didėja didėjant sienutės aukščiui. Tai pateikiama 1 paveiksle.

Jeigu gelžbetoninių sijų-sienučių armatūra parinkta pagal skaičiavimus tamprioje stadijoje, tai pirmieji vertikalūs plyšiai atsiranda viduriniame trečdalyje. Eksperimentiniai gelžbetoninių sijų-sienučių tyrimai rodo, kad plyšių skaičius ir jų aukštis didėja iki tam tikros apkrovos dydžio (2 pav.). Toliau didinant apkrovą, įtempiai sijoje-sienutėje persiskirsto.

Atsiranda įstriži plyšiai. Jie išsidėsto trečdalyje sienutės nuo atrėmimo link apkrovimo aikštelės. Jie didėja greičiau negu vertikalūs plyšiai. Sienelės dažniausiai suyra įstrižame pjūvyje arba nuo atramų suglemžimo.

Be tinklelio metodo įtempiams nustatyti panaudotas ir variacinis metodas. Eri funkcija išreiškiamą tokia eilute:

$$F = \varphi_0 + \sum_{i=1}^n a_i \varphi_i, \quad (1)$$

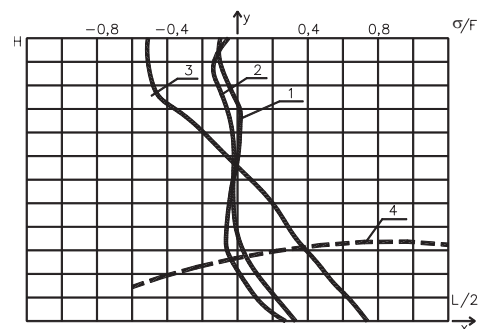
čia:  $\varphi_0$  tenkina uždavinio kraštines sąlygas, o  $\varphi_i$  suteikia nulines įtempimų reikšmes ant kontūro.

$$\varphi_i = \begin{cases} (x^2 - y^2)^2 (y^2 - b^2)^2 x^{i-2} y^{i-1} \\ (x^2 - a^2)^2 (y^2 - b^2)^2 x^{i-1} \end{cases}, \quad (2)$$

kur viršutinė lygties (2) dalis taikoma lyginiams  $i$ , apatinė – nelyginiams  $i$ .

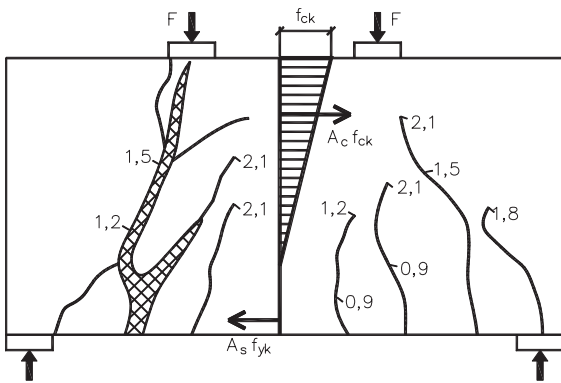
Koeficientai  $a_i$  nustatomi minimizuojant potencinę energiją. Lygtyje (2)  $a$  ir  $b$  – pusė plokštelės pločio ir aukščio.

Apskaičiavus įtempimus šiuo metodu, nustatyta, kad jie nežymiai skiriasi nuo įtempimų, apskaičiuotų tinklelio metodu. Todėl tolimesniuose tyrimuose šie duomenys nenaudoti.



**1 pav.** Normaliniai horizontalūs įtempiai sijose-sienutėse, kai  $H/L = 1,5$  (1),  $H/L = 1,0$  (2),  $H/L = 0,5$  (3) ir tempiamos bei gniuždomos zonos riba, kai  $H/L = 1,0$  (4).

Sąlyginai visų sienučių aukštis lygus 1



**2 pav.** Eksperimentinis plyšių vaizdas ir sienutės skaičiuojamoji schema, kai  $H/L = 0,5$ ; (padidinę skaičius šimtą kartų, gausime apkrovą kN)

Atsiradus pirmiesiems plyšiams, pasikeičia sijos-sienelės įtempiai. Šiuos įtempius galima apskaičiuoti tinklelio arba variaciniu metodais. Sienutės skaičiuojamoji schema tokia:

1. Horizontalūs normaliniai įtempiai betone gniuždomoje zonoje virš plyšio pasiskirsto pagal trikampį. Ties plyšio pabaiga trikampio viršūnės pradžia. Sienutės viršuje trikampio statinis, kurio aukštis vienetinis – tai betono stipris.
2. Tempinama armatūra vaizduojama kaip sutelkta jėga arba tolygiai išdėstyta per akutės aukštį. Įtempiai armatūroje padidinami tiek kartų, kiek skiriasi armatūros ir betono atsparumai. Tai nustatoma iš pusiausvyros sąlygos.
3. Lenkimo momentas pjūvyje yra lygus išorinių jėgų momentui.
4. Keičiantis plyšio aukščiui, keisis ir jėgų padėtis bei dydis.

Panašius tyrimus, veikiant elementus įtempių koncentratoriui, atlieka ir kiti autoriai (Холмянский, 1997; Šleževičius, Roličius, Mikuckis, 2002; Žiliukas, 200; Schwalbe, Newman, Shannon, 2005; Eftis, 2003).

Skaičiavimo modelis leidžia įvertinti plyšio aukščio didėjimą, plyšio padėties pasikeitimą vertikalio kryptimi. Galima skaičiuoti, kai sienutėje yra keli vertikalūs plyšiai. Plyšių aukščio ir vietos pasikeitimas leidžia nustatyti nepalankiausią įtempių išsidėstymo padėtį iki įstrižų plyšių atsiradimo.

### Išvados

1. Skaičiuojant gelžbetonines sijas-sienutes baigtinių skirtumų arba variaciniu metodu, galima nustatyti zonas, kuriose atsiranda pirmieji vertikalūs plyšiai apatinėje plokštelės dalyje.
2. Pateiktasis supleišėjusių sijų-sienutėlių skaičiavimo modelis leidžia nustatyti įtempių persiskirstymą iki įstrižų plyšių atsiradimo.
3. Skaičiavimai leidžia įvertinti įtempių pasikeitimą, keičiantis plyšio aukščiui ir plyšių skaičiui.

### Literatūra

1. Eftis, Jones D. I., 2003, Variation of fracture toughness with constraint. *Int. J. of Fract.* No. 124. P. 113–117.
2. Schwalbe K-H., Newman J. C., Shannon J. Jr., 2005, Fracture mechanics testing on specimens with low constraint – standartization activities with ISO and ASTM. *Eng. Fract. Mech.* No. 72. P. 557–576.
3. Šleževičius K., Roličius J., Mikuckis F., 2002, Glemžiamų elementų skaičiavimas pagal stiprumo teorijas. *Vandens ūkio inžinerija. Mokslo darbai.* Nr. 19 (41). P. 81–86. LŽŪU, Lietuvos vandens ūkio institutas.
4. Žiliukas A., 2006, *Stiprumo ir irimo kriterijai*. Kaunas: Technologija.
5. Варвак П. М., Варвак Л. П., 1987, *Метод сеток в задачах расчета строительных конструкций*. Москва: Стройиздат.
6. Холмянский М. М., 1997, *Бетон и железобетон (деформативность и прочность)*. Москва: Стройиздат.

1 lentelė. Sijos-sienutės normaliniai ir tangentiniai įtempiai, kai  $H/L = 1$

		$L/3 - 0,05L$						$L/6 - 0,05L$							
0	0,013	0,034	0,051	0,056	0,033	-0,084	-0,496	-0,707	-0,498	-0,088	0,030	-0,053	$\sigma_x$	-0,053	
0	0	0	0	0	0	-0,020	-0,680	-1,000	-0,680	-0,020	0	0	$\sigma_y$	0	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	$\tau_{xy}$	0	
0	0,006	-0,019	-0,033	-0,044	-0,045	-0,033	-0,013	-0,010	-0,037	-0,079	-0,110	-0,121	$\sigma_x$	-0,121	
0,021	-0,023	-0,056	-0,088	-0,128	-0,186	-0,262	-0,340	-0,376	-0,347	-0,280	-0,229	-0,229	$\sigma_y$	-0,229	
0	0,019	0,041	0,067	0,095	0,118	0,124	0,097	0,038	-0,020	-0,043	-0,031	0	$\tau_{xy}$	0	
0	-0,001	-0,002	-0,004	-0,005	-0,005	-0,005	-0,006	-0,009	-0,016	-0,023	-0,029	-0,032	$\sigma_x$	-0,032	
-0,114	-0,136	-0,155	-0,173	-0,190	-0,206	-0,221	-0,231	-0,236	-0,234	-0,228	-0,222	-0,222	$\sigma_y$	-0,222	
0	0,037	-0,066	0,087	0,100	0,105	0,101	0,089	0,071	0,050	0,031	0,014	0	$\tau_{xy}$	0	
0	-0,001	-0,004	-0,008	-0,012	-0,016	-0,019	-0,022	-0,023	-0,025	-0,026	-0,027	-0,027	$\sigma_x$	-0,027	
-0,286	-0,274	-0,259	-0,242	-0,224	-0,207	-0,191	-0,177	-0,165	-0,155	-0,148	-0,143	-0,143	$\sigma_y$	-0,143	
0	0,041	0,074	0,096	0,109	0,113	0,109	0,099	0,083	0,065	0,044	0,022	0	$\tau_{xy}$	0	
0	-0,004	-0,013	-0,022	-0,030	-0,034	-0,034	-0,031	-0,027	-0,022	-0,018	-0,015	-0,014	$\sigma_x$	-0,014	
-0,501	-0,449	-0,378	-0,311	-0,248	-0,194	-0,150	-0,116	-0,091	-0,073	-0,062	-0,055	-0,055	$\sigma_y$	-0,055	
0	0,058	0,098	0,122	0,130	0,127	0,116	0,099	0,080	0,060	0,040	0,020	0	$\tau_{xy}$	0	
0	-0,001	-0,009	-0,019	-0,019	-0,004	0,018	0,041	0,061	0,078	0,090	0,097	0,099	$\sigma_x$	0,099	
-0,849	-0,680	-0,508	-0,341	-0,209	-0,120	-0,065	-0,033	-0,015	-0,006	-0,001	0,001	0,001	$\sigma_y$	0,001	
0	0,087	0,139	0,153	0,135	0,105	0,075	0,051	0,034	0,021	0,013	0,006	0	$\tau_{xy}$	0	
0	0,031	0,053	0,037	0,064	0,107	0,144	0,170	0,188	0,198	0,205	0,208	0,209	$\sigma_x$	0,209	
-1,042	-0,333	-0,596	-0,294	-0,120	-0,043	-0,012	-0,001	0,003	0,004	0,005	0,005	0,005	$\sigma_y$	0,005	
0	0,070	0,148	0,155	0,096	0,047	0,018	0,004	-0,001	-0,003	-0,003	-0,002	0	$\tau_{xy}$	0	
0	0,066	0,021	0,380	0,466	0,451	0,419	0,391	0,368	0,352	0,341	0,335	0,333	$\sigma_x$	0,333	
-1,000	-1,000	-0,820	-0,080	0	0	0	0	0	0	0	0	0	$\sigma_y$	0	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	$\tau_{xy}$	0	

$\sigma_x/F;$   
 $\sigma_y/F;$   
 $\tau_{xy}/F;$

$H/L = 1, F = q \cdot 0,1L.$

$0,5L$

**STRESS STATE OF REINFORCED ALLIGATORED HIGHBEAMS***Linas Vasiliauskas, Kazys Šleževičius, Jonas Roličius, Antanas Špokas***Summary**

Calculation of various reinforced concrete highbeams at elastic stage by using the method of final differences has been carried out. Estimated zones of initial cracks have been compared to cracks in experimental highbeams. Assumptions for calculating alligatored highbeams are presented in this article. This method is to be applied at the initial stage of cracking before appearance of diagonal cracks. Using this method one is able to estimate the development of cracks, their location and investigate a particular crack. Calculation shows redistribution of the most unwanted tensioning. Assumptions can be made more precise by comparing the results of calculation with the experimental data.

**Keywords:** reinforced concrete, concentration of stresses, equivalent stresses.

**SUPLEIŠĖJUSIŲ GELŽBETONINIŲ SIJŲ-SIENUČIŲ ĮTEMPIŲ BŪVIS***Linas Vasiliauskas, Kazys Šleževičius, Jonas Roličius, Antanas Špokas***Santrauka**

Nagrinėjamas įtempimų būvis gelžbetoninėse sijose-sienutėse. Sienučių aukščio ir angos santykis keitėsi nuo 0,5 iki 1,5. Sienučių apkrautos sutelktomis jėgomis, išskirstytomis nedidelėmis aikštelėmis trečdalyje angos. Sijų-sienučių įtempimų būvis nustatomas tamprumo teorijos metodais, o tempimo jėgas jose turi perimti armatūra. Praktinę reikšmę turi sienučių įtempimų nustatymas tiek tamprioje stadijoje, tiek stadijoje su pirmaisiais plyšiais. Tai leidžia optimaliau išnaudoti medžiagų laikomąją galią ir pritaikyti praktikoje gautas priklausomybes. Tamprioje stadijoje įtempiai nustatyti baigtinių skirtumų ir variaciniu metodais. Išaiškintos pradinėjų plyšių galimos atsiradimų zonos. Pateikiamos prielaidos supleišėjusių sijų-sienučių skaičiavimui. Metodika taikytina pradinėje plyšių atsiradimo stadijoje iki įstrižų plyšių atsiradimo.

**Prasminiai žodžiai:** sijos-sienutės, gelžbetonis, įtempiai, plyšiai, įtempimų persiskirstymas.

Įteikta 2011-02-28