Trumpa informacija apie Ipolito Židonio mokslinę veiklą.

Ipolito Židonio mokslinių interesų sritis – *Sijinių elementų deformacijų-įtempių būvio tyrimas, betarpiškai atsižvelgiant į tikrąsias medžiagų savybes.*

Autoriaus pateikiamoje metodikoje faktiškos, dažniausia kreivinės įtempių σ ir deformacijų ε tarpusavio priklausomybės, gaunamos iš medžiagų arba konstrukcinių elementų bandymo, gali būti betarpiškai panaudojamos skaičiavimuose, nesuscheminant jų, t.y. nepakeičiant jų labai supaprastintomis trikampėmis, stačiakampėmis arba kitokiomis diagramomis, dažnai tolimomis nuo realiųjų diagramų. Tai leidžia panaudoti tą pačią vieningą metodiką bet kuriam apkrovimo intervalui nuo apkrovimo pradžios iki elemento suirimo ir gauti realias skaičiuojamų parametrų reikšmes. Galima atsižvelgti net į „krintančią“ $\sigma-\varepsilon$ priklausomybės dalį. Orientuojamasi į tai, kad kuo dažniau ir daugiau konstrukcinių elementų bandymus galima būtų pakeisti medžiagų savybių bandymais, t.y. bandyti medžiagas, o konstrukcijas bandyti tik teorinių teiginių patikrinimui, bet ne įvairiems eksperimentiniams koeficientams, skirtiems paklaidoms dėl supaprastintų $\sigma-\varepsilon$ priklausomybių panaudojimo, kompensuoti. Vadinasi, formulių pagrindas yra teorinis, jų tikrinimas (kartais koregavimas) – eksperimentinis, bet ne atvirkščiai, kai formulės gaunamos iš konstrukcinių elementų bandymo duomenų.

Pagrindiniai Ipolito Židonio tyrimų rezultatai:

1) paruoštas matematinis modelis (formulės ir metodika) kreivinėms įtempių σ ir deformacijų ε tarpusavio priklausomybėms aprašyti lengvai integruojamais polinomais (daugialaipsniais daugianariais) – [1]:

a) kai reikia aprašyti $\sigma-\varepsilon$ priklausomybės kylančią ir krintančią dalis (galimi du variantai: priklausomybės aprašomos 4-to arba 5-to laipsnio lygtimis – pastaroji gana universali) [1]; 1 pav.,b ir 2 pav.,a. 2 pav. pateikiama STR duodamos gniuždomo betono stiprio apskaičiavimo formulės (grafinė išraiška parodyta 1 pav.,a) pakeitimo lengvai integruojamomis formulėmis pavyzdžių (1 pav., b ir c);

b) kai reikia aprašyti tik kylančią priklausomybės $\sigma-\varepsilon$ dalį – formulė gana paprasta [2]; 1 pav.,c ir 2 pav.,b;

c) kai reikia aprašyti tik krintančią priklausomybės $\sigma-\varepsilon$ dalį [3];

d) kai sunkiai integruojamą lygtį reikia pakeisti lengvai integruojamu daugianariu [1].

2) paruošti matematiniai modeliai ir formulės sijinių elementu be ir su plyšiais tempiamoje zonoje įtempių-deformacijų būvio parametrams statmenuose pjūviuose (ties plyšiu ir tarp plyšių) apskaičiuoti bet kurioje apkrovimo stadijoje:

a) gana universalus *iteracinis* (nuoseklaus artėjimo) metodas – tenka spręsti kvadratines arba kubines lygtis (tinka bet kokio skerspjūvio elementams, žr. 3 pav., a ir b) [4];

b) *tiesioginio* (be kartojimo ciklų) metodo du atvejai (tinka elementams su lentynomis gniuždomoje ir tempiamoje zonose arba be jų (inžinieriniuose skaičiavimuose sijinių elementų faktiškas skerspjūvis labai dažnai pakeičiamas ekvivalentišku stačiakampiu, tėjiniu arba dvitėju skerspjūviu), žr. 3 pav., b) [5]:

– kai medžiagų $\sigma-\varepsilon$ priklausomybės aprašomos 5-to laipsnio lygtimis – tenka spręsti 6-to ir (arba) 7-to laipsnio lygtis;

– kai medžiagų $\sigma-\varepsilon$ priklausomybės aprašomos 3-čio laipsnio lygtimis – tenka spręsti 4-to ir (arba) 5-to laipsnio lygtis.

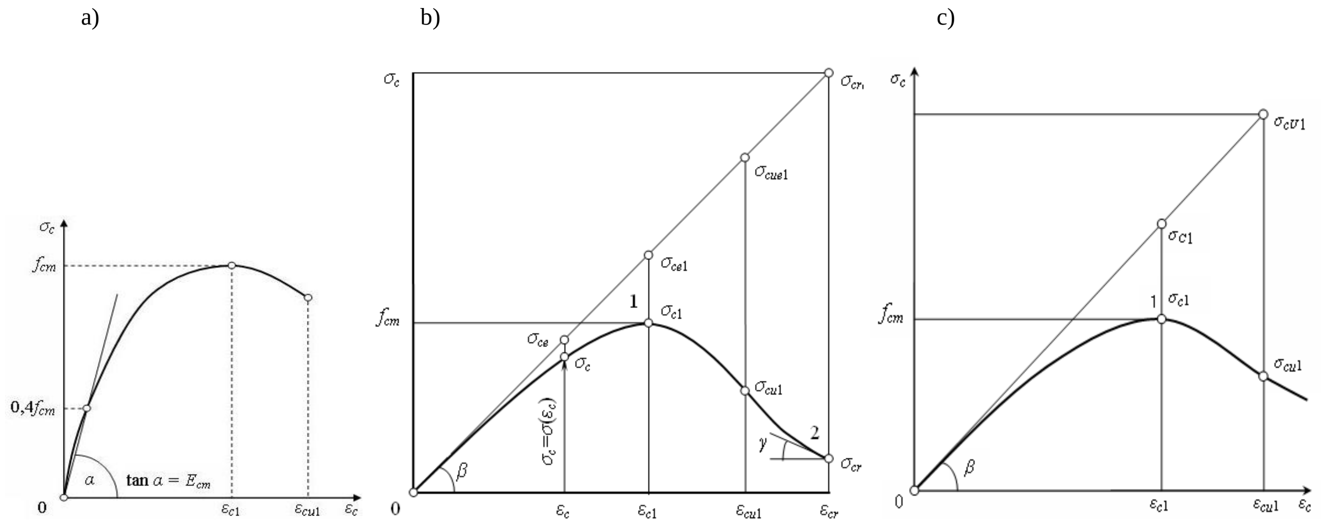
Pažymėtina, kad atliktas didelis tiesioginio skaičiavimo tyrimo darbas. Pateikiamos tik galutinių išvadų formulės.

3). Teoriškai sprendžiamas vienas iš labai svarbių sudėtingų gniuždomosios betono zonos storio (neutraliosios ašies padėties) apskaičiavimo klausimas. Šiuo metu skaičiuojama arba labai apytiksliai (panaudojama plokščiųjų pjūvių hipotezė), arba panaudojant empirinę formulę. Pastarosios empirinis gavimas ir tobulinimas – sudėtingas ir brangus. Ir tai skirta tik apskaičiavimui pastatų naudojimo stadijoje (taip vadinamoje ilgalaikėje situacijoje) [6].

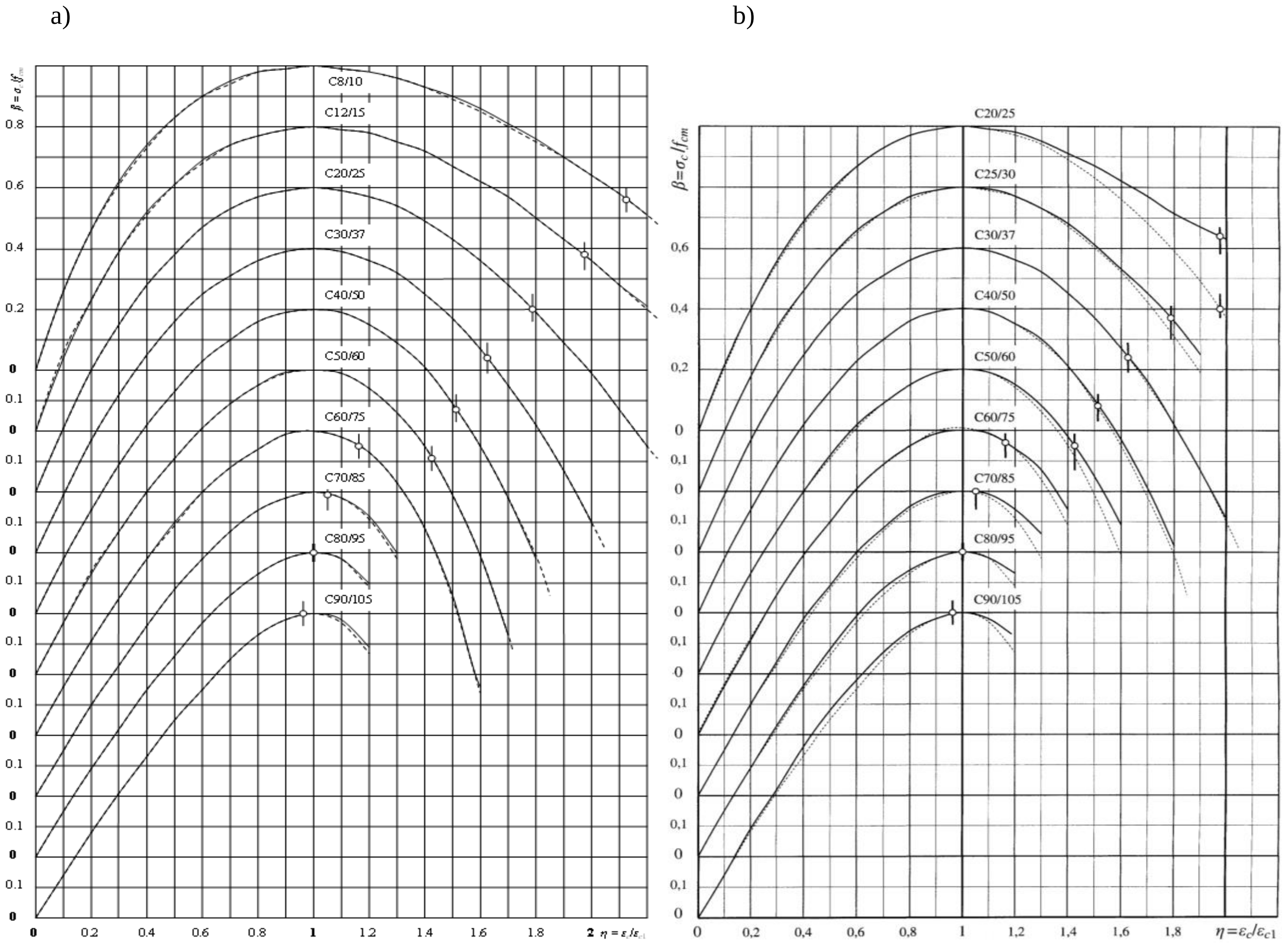
4). Sukurta bendra lenkiamų ir gniuždomų gelžbetoninių elementų skaičiavimo metodika ([7 ir 8] monografijų E priedas). Sijų ir kolonų stiprumui apskaičiuoti pagal kreivinę euronormų betono įtempių diagramą galima naudoti bendrą sijų ir kolonų stiprumo apskaičiavimo ZI metodą. Toks stiprumo apskaičiavimas ZI metodu, kai visas skerspjūvis yra gniuždomas, yra logiškesnis už skaičiavimą tradiciniais metodais, nes nevartojama ne visais atvejais logiška gniuždomosios zonos ribinės reikšmės sąvoka.

5). Patobulintas gausiai armuotų elementų skaičiavimas [9]. Nebereikia nustatinėti elemento gniuždomosios zonos ribinio stiprumo.

6) atlikta daug gelžbetoninių ir betoninių sijų eksperimentinių bandymų ir jų rezultatų teorinės analizės atvejų; jie patvirtina siūlomo metodo tinkamumą [10].



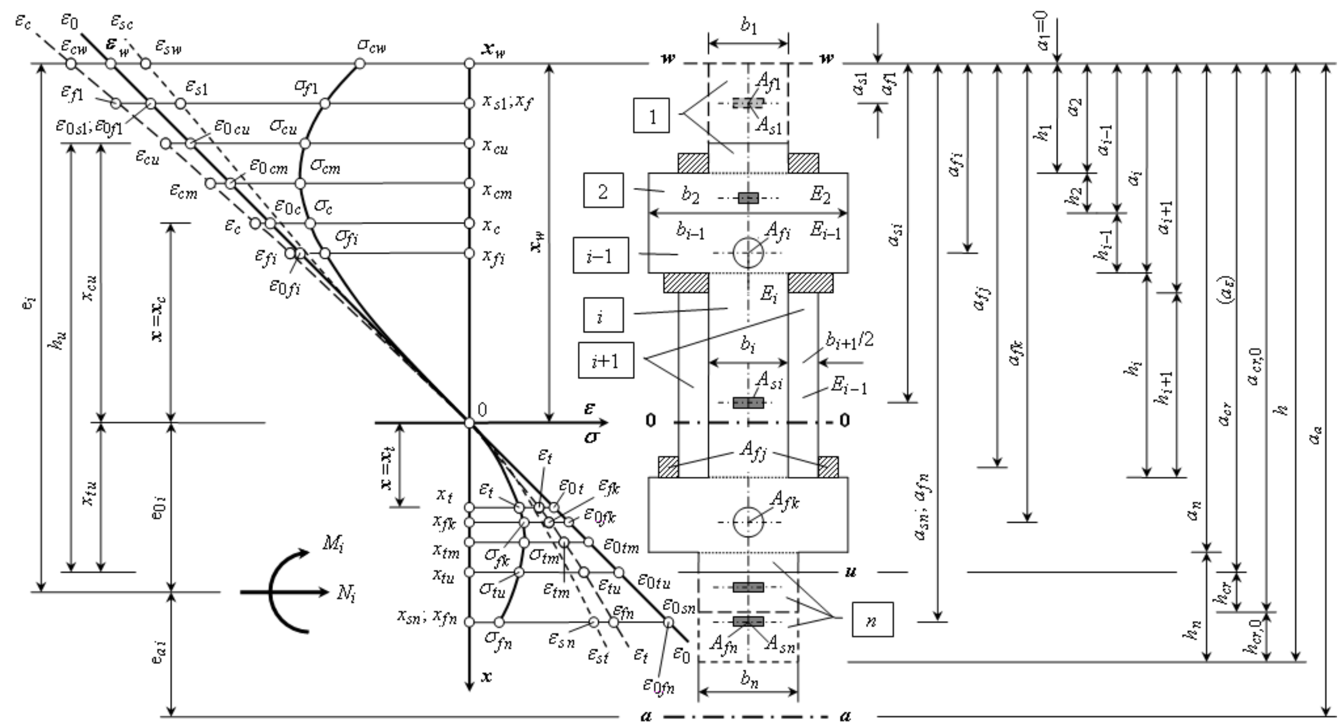
1 pav. Betono deformacijų-įtempių tarpusavio priklausomybės grafikų kokybinė išraiška:
a– pagal STR formulę, b ir c – atitinkamai pagal Ip. Židonio siūlomus 5-to ir 3-čio laipsnio daugianarius



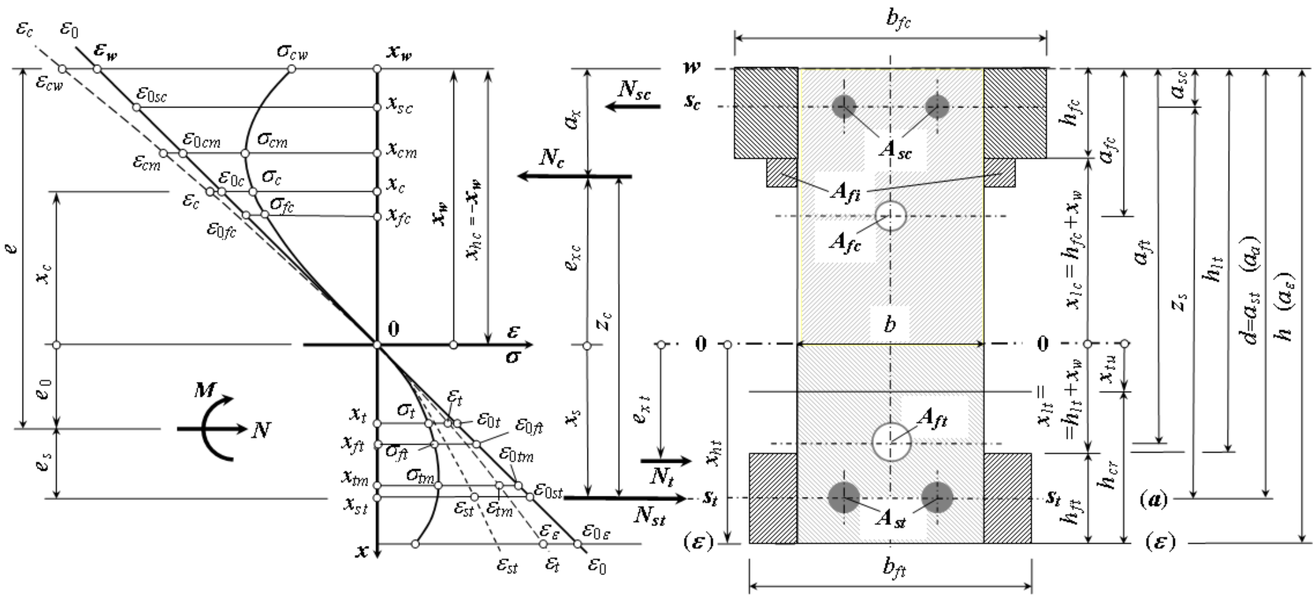
2 pav. Įtempių σ_c santykinių reikšmių $\beta=\sigma_c / f_{cm}$ grafikai:

------ $\beta_{STR}=\sigma_c / f_{cm}$, kai σ_c apskaičiuoti iš STR formulės;

—— $\beta_{ZI}=\sigma_c / f_{cm}$, kai σ_c apskaičiuoti atitinkamai iš 5-to (kairėje, a) ir 3-čio laipsnio (dešinėje, b) formulių a)



b)



3 pav. Sijinio elemento skerspjūvis ir skaičiavimuose imamos įtempių-deformacijų diagramos:
a – skaičiavimą galima atlikti tik iteracijų metodu, b – skaičiavimą galima atlikti ne tik iteracijų, bet ir tiesioginiu metodu

Metodo įtempių-deformacijų būvio parametrams apskaičiuoti lenkiamų elementų statmenuose pjūviuose charakteristika

Pateikiami ne tyrimo rezultatai, bet *priemonė* (įrankis, matematinis modelis) *tyrimams atlikti*.

Metode nagrinėjamas atvejis, kai visos įrąžos (lenkimo momentas M ir ašinė jėga N) veikia sijinių elementų skerspjūvio simetrijos plokštumoje.

Panaudojamos dvi iš trijų techninių disciplinų studentams gerai žinomų statinės pusiausvyros lygčių: jėgų ir lenkimo momentų. Metodas yra lyg ir tamprių medžiagų disciplinos kurse dėstomos metodikos tęsinys, kai medžiagos yra ne tamprios, bet tamprios plastiškos. Todėl metodą nesunkiai gali suprasti ir panaudoti net studentai.

Lenkimo momentų statinės pusiausvyros lygtis yra parašyta apie bet kurią laisvai pasirinktą $a-a$ ašį, lygiagrečią neutraliajai ašiai. Tai išplečia ir supaprastina lygties ir skaičiavimo formulių panaudojimo galimybę. Galimybė pasirinkti ε_ε deformaciją bet kurio vieno sijos medžiagos sluoksnio (atstumas a_ε nuo $w-w$ ašies iki $\varepsilon-\varepsilon$ ašies – bet koks) leidžia konkrečiam skaičiavimo atvejui turėti supaprastintas skaičiavimo formules.

Galima apskaičiuoti įtempimų-deformacijų būvio parametrus sijinių elementų be plyšių ir su plyšiais (ties plyšiu ir tarp plyšių) statmenuose pjūviuose bet kurioje apkrovimo stadijoje. Galima apkaičioti išorinių poveikių (lenkimo momento M arba ašinės N jėgos) dydį, realias (tikrąsias, ne sąlygines) gniuždomosios ir tempiamosios zonų storio, plyšio aukščio (gylio) reikšmes, bet kurių sluoksnių realias deformacijų ir įtempių reikšmes.

Galima įvertinti nukrypimą nuo plokščiųjų pjūvių hipotezės (Bernoulli's principle), t.y. laikyti, kad deformuojant elementą pjūvis nelieka plokščias.

Reikia turėti (trumpalaikių arba ilgalaikių procesų) įtempimų-deformacijų priklausomybę, išreikštą daugialaipsniu polinomu $\sigma = \nu E\varepsilon = E\varepsilon(1+c_1\eta+c_2\eta^2+c_3\eta^3+c_4\eta^4+\ldots)$; čia $\eta=\varepsilon/\varepsilon_m$, o deformacija $\varepsilon_m = const$ – ji atitinka didžiausią $\sigma=\sigma_m$ reikšmę. Galima panaudoti analitiškai aprašytus tikruosius (nesuschemintus) armatūros $\sigma-\varepsilon$ grafikus, t.y. grafikus, kuriuose gali būti proporcingumo, takumo ir stiprėjimo zonos.

Skerspjūvis – simetriškas vertikalios plokštumos atžvilgiu, skaidomas (sudarytas) iš stačiakampės formos elementų.

Gelžbetoniniuose elementuose armatūra gali būti neįtempta ir (arba) iš anksto įtempta bet kurioje elemento vietoje (bet kuriame aukštyje). Įtempti elementai gali būti ne tik gelžbetoniniuose elementuose.

Elementai gali turėti A_{fi} ploto sustiprinimų ir (arba) susilpninimų; juose veikianti įtempių atstojamoji jėga N_{fi} lygi įtempių σ_{fi} laisvai pasirenkamoje vietoje (dažniausia ploto centre) sandaugai su plotu, t.y. $N_{fi}=\sigma_{fi}A_{fi}$. Yra galimybė įvertinti ir tokius A_{si} plotelius , kuriuose $\sigma = E\varepsilon$, kai $E=const$, t.y. $\sigma-\varepsilon$ priklausomybė yra tiesinė (tamprumo koeficientas $\nu=1$). Kai nereikia įvertinti kreivinio įtempių pasiskirstymo plotelių aukštyje, į plotelius galima skirstyti lentynas arba net visą skerspjūvį. Šiuo atveju plotelių forma gali būti bet kokia. Plotelių aukštis neturėtų būti didelis, kitaip sumažės skaičiavimo tikslumas. Viso skerspjūvio skirstymas į daug plotelių supaprastina skaičiavimo formules, bet apsunkina užduoties skaičiavimui paruošimą.

Metodika ir formulės paruoštos trims skaičiavimo atvejams:

1) *iteracinis metodas*: $\sigma-\varepsilon$ priklausomybės laipsnis bet koks; skerspjūvis gali būti sudarytas iš bet kokio skaičiaus stačiakampės formos elementų, gali būti bet kiek A_{fi} ir A_{si} plotelių. Tenka spręsti 2-tro arba (ir) 3-čio laipsnio statinės pusiausvyros lygtis. Visas skerspjūvis gali būti skirstomas į plotelius.

2) *tiesioginio* (be nuoseklaus artėjimo) skaičiavimo metodas, kai $\sigma-\varepsilon$ priklausomybė 3-čio laipsnio; elementai stačiakampio, tėjinio arba dvitėjo skerspjūvio, t.y. su lentynomis arba be jų gniuždomoje ir (arba) tempiamoje zonoje. 3-čio laipsnio $\sigma-\varepsilon$ priklausomybė gsna tiksliai aprašo „kylančią“ priklausomybės dalį. Tenka spręsti 4-to arba (ir) 5-to laipsnio statinės pusiausvyros lygtis. Neutralioji ašis briaunoje. Į plotelius negalima skirstyti tos skerspjūvio dalies prie neutraliosios ašies, kurioje iš anksto nežinomas deformacijų ženklas (plotelis yra gniuždomas ar tempiamas).

3) *tas pats*, kaip antruoju atveju, tik $\sigma-\varepsilon$ lygtis 5-to laipsnio. Šia priklausomybe galima aprašyti ne tik „kylančią“, bet ir „krintančią“ funkcijos dalį. Tenka spręsti 6-to arba (ir) 7-to laipsnio statinės pusiausvyros lygtis.

Elemento arba atskirų jo dalių ***medžiaga gali būti bet kokia*****: gelžbetonis, betonas, metalas, medis, plastmasė** ir t.t.

Siūlomo metodo formulės *teorinės*. Jų pagrindą sudaro $\sigma-\varepsilon$ funkcija, gaunama *bandant medžiagų savybes*, tuo tarpu kai *eksperimentinėms* formulėms gauti *bandomos konstrukcijos*. Pastaruoju atveju formulių pagrindą sudaro labai sąlyginės įtempių diagramos, dažniausia trikampės arba stačiakampės. Todėl apskaičiuojamos labai sąlyginės parametrų reikšmės – jų koregavimui reikia koeficientų, kurių formulės dažnai būna sudėtingos ir vėl gi gaunamos atliekant sudėtingus *konstrukcijų* bandymus. Tuo tarpu teoriniame metode reikia tik patikrinti arba nustatyti koeficientų reikšmes nedaugelyje viso apkrovimo intervalo (nuo nulio iki elemento suirimo) vietų. Be to, kadangi apskaičiuojamos *realios* įtempių-deformacijų būvio parametrų reikšmės, tai jos gali būti imamos atvirkštiniam uždaviniui spręsti, pavyzdžiui, kuriant metodą, skirtą nustatyti statinių konstrukcijos būklę pagal išmatuotus statmenųjų plyšių parametrus.

Pateikiamos labai bendros, gana universalios formulės. Sprendžiant konkretų uždavinį, pasirenkamos parankiausios a_a ir a_ε dydžių reikšmės. Kai nereikia vertinti kai kurių faktorių, atitinkami formulių nariai prilyginami nuliui (kartais vienetui). Pavyzdžiui, gali būti $N=0$ arba $M=0$, ir (arba) įtempimo jėga $P=0$, ir (arba) $A_{fi}=0$, ir (arba) $A_{si}=0$, ir (arba) nuo Bernoulli hipotezės nukrypimą įvertinantis koeficientai $k=0$ arba $k=1$, lentynas įvertinantys koeficientai $\alpha=0$ arba $\alpha=1$ it t.t. ir panašiai. Tuomet formulės labai supaprastėja. Pavyzdžiui, jeigu skaičiuojami įtempių-deformacijų būklės parametrai vienpusiškai armuoto stačiakampio skerspjūvio lenkiamo gelžbetoninio elemento statmename pjūvyje ties plyšiu tempiamoje zonoje (o jeigu dar ir nevertinami tempiamos zonos įtempiai), formulės dar labiau supaprastėja, yra visai nesudėtingos.

Kaip vienas iš daugelio praktiško metodikos panaudojimo variantų yra galimas metodikos panaudojimas vietoje dabar naudojamos metodikos lenkiamų gelžbetoninių elementų stiprumui skaičiuoti, kai reglamente rekomenduojama kreivinė įtempių diagrama pakeičiama sąlygine (dažnai stačiakampe) diagrama. Tuomet nereikėtų naudoti gniuždomo betono stiprio mažinimo koeficiento, priimamo dėl kreivinės diagramos pakeitimo stačiakampe. Metodas gali būti naudingas daugeliu atvejų, kai analizuojama įtempių realių diagramų pakeitimo paprastesnėmis sąlyginėmis diagramomis įtaka gaunamų skaičiavimo rezultatų tikslumui ir daugelyje kitų atvejų.

Formulės nesunkiai programuojamos skaičiuoti su elektroninėmis skaičiavimo mašinomis.

Panaudotų statinės pusiausvyros formulių sandara

Bendriausia jėgų projekcijų lygtis

$$\Sigma k_i \alpha_{ei} b_i \left(\omega_{i2} - \omega_{i1}\right) x_w^2 + \left[2\Sigma k_i \alpha_{ei} b_i \left(\omega_{i2} d_{iu} - \omega_{i1} a_{iu}\right) + \Sigma k_{fi} \alpha_{efi} A_{fi} \nu_{fi} + \Sigma k_{si} \alpha_{esi} A_{si} \nu_{Si} + \frac{\Sigma\left(P_i \nu_{Si} / \nu_{pi}\right) + \Sigma N_i}{E\varepsilon_\varepsilon / k_\varepsilon} \right] x_w +$$
$$+ \Sigma k_i \alpha_{ei} b_i \left(\omega_{i2} d_{iu}^2 - \omega_{i1} a_{iu}^2\right) + \Sigma k_{fi} \alpha_{efi} A_{fi} \nu_{fi} a_{fiu} + \Sigma k_{si} \alpha_{esi} A_{si} \nu_{Si} a_{siu} + \frac{\Sigma\left(P_i \nu_{Si} / \nu_{pi}\right) + \Sigma N_i}{E\varepsilon_\varepsilon / k_\varepsilon} a_\varepsilon = 0 \qquad (1)$$

Bendriausia momentų lygtis apie bet kurią pasirinktą $a - a$ ašį, lygiagrečią neutraliajai ašiai

$$\Sigma k_i \alpha_{ei} b_i \left[\left(\omega_{i2} - \omega_{i1}\right) - \left(\varpi_{i2} - \varpi_{i1}\right)\right] x_w^3 + \Sigma k_i \alpha_{ei} b_i \left[\left(\omega_{i2} - \omega_{i1}\right) a_a + 2\left(\omega_{i2} d_{iu} - \omega_{i1} a_{iu}\right) - 3\left(\varpi_{i2} d_{iu} - \varpi_{i1} a_{iu}\right)\right] x_w^2 +$$
$$+ \left\{ \begin{array}{l} \Sigma k_i \alpha_{ei} b_i \left[2\left(\omega_{i2} d_{iu} - \omega_{i1} a_{iu}\right) a_a + \left(\omega_{i2} d_{iu}^2 - \omega_{i1} a_{iu}^2\right) - 3\left(\varpi_{i2} d_{iu}^2 - \varpi_{i1} a_{iu}^2\right)\right] + \\ + \Sigma k_{fi} \alpha_{efi} A_{fi} \nu_{fi} \left(a_a - a_{fiu}\right) + \Sigma k_{si} \alpha_{esi} A_{si} \nu_{Si} \left(a_a - a_{siu}\right) + \dfrac{\Sigma\left(P_i \nu_{Si} / \nu_{pi}\right)\left(a_a - a_{siu}\right) + \Sigma N_i \left(a_a - e_i\right) + \Sigma M_i}{E\varepsilon_\varepsilon / k_\varepsilon} \end{array} \right\} x_w +$$
$$+ \Sigma k_i \alpha_{ei} b_i \left[\left(\omega_{i2} d_{iu}^2 - \omega_{i1} a_{iu}^2\right) a_a - \left(\varpi_{i2} d_{iu}^3 - \varpi_{i1} a_{iu}^3\right)\right] + \Sigma k_{fi} \alpha_{efi} A_{fi} \nu_{fi} a_{fiu} \left(a_a - a_{fiu}\right) +$$
$$+ \Sigma k_{si} \alpha_{esi} A_{si} \nu_{Si} a_{siu} \left(a_a - a_{siu}\right) + \frac{\Sigma\left(P_i \nu_{Si} / \nu_{pi}\right)\left(a_a - a_{siu}\right) + \Sigma N_i \left(a_a - e_i\right) + \Sigma M_i}{E\varepsilon_\varepsilon / k_\varepsilon} a_\varepsilon = 0 \qquad (2)$$

Pusiausvyros lygtyse yra *keturios* parametrų grupės.

Pirmųjų trijų grupių parametrų reikšmės priklauso nuo neutraliosios ašies padėties (nuo x_w kitimo), *ketvirtosios* – nepriklauso.

Pirmoji įvertina *kreivinį* įtempių kitimą sijinio elemento skerspjūvio sluoksnių aukštyje. Kitimas aprašomas $\sigma_i = \nu_i E_i \varepsilon_i = E_i \varepsilon_i (1 + c_{1i}\eta_i + c_{2i}\eta_{2i}^2 + c_{3i}\eta_{3i}^3 + c_{4i}\eta_{4i}^4 + \ldots)$ tipo daugialaipsniu daugianariu [4, 1]. Tamprumo koeficiento $\nu_i = 1 + c_{1i}\eta_i + c_{2i}\eta_{2i}^2 + c_{3i}\eta_{3i}^3 + c_{4i}\eta_{4i}^4 + \ldots$ kitimas elemento sluoksnių aukščio ribose yra kreivinis.

Antroji panašiai įvertina *kreivinį* σ_{fi} įtempių kitimą $N_{fi} = \sigma_{fi} A_{fi}$ jėgos veikimo A_{fi} plotelio taške. Tamprumo koeficiento $\nu_{fi} = 1 + c_{1fi}\eta_{1fi} + c_{2fi}\eta_{2fi}^2 + c_{3fi}\eta_{3fi}^3 + c_{4fi}\eta_{4fi}^4 + \ldots$ kitimas pasirinktuose elemento sluoksnių taškuose yra kreivinis.

Trečioji panašiai įvertina *tiesinį* σ_{si} įtempių kitimą pasirinktame $N_{si} = \sigma_{si} A_{si}$ jėgos veikimo A_{si} plotelio taške. Kitimas aprašomas $\sigma_{si} = \nu_{si} E_{si} \varepsilon_{si}$ tipo vienanariu. Tamprumo koeficientas $\nu_{si} = const$.

Ketvirtoji grupė – tai nepriklausančių nuo neutraliosios ašies padėties (nuo x_w kitimo) parametrų grupė: ašinė jėga N, lenkimo momentas M, įtempimo jėga P.

Literatūra

1. Židonis, I. 2007. Asimple-to-integrate formula of stress as a function of strain in concrete and its description procedure. *Mechanika,* 4 (66): 23-30.

2. Židonis, I.; Venckevičius, V. (2007). Simplified variant of easily integratable stress-strain relationship for concrete. *Journal of Applied Research. Official journal of Lithuanian Applied Sciences Academy (LTMA mokslo darbai),* 4. Klaipėda: KU leidykla, p. 71-77.

3. Жидонис И.Ю. 1980 Математическое описание диаграмм ”напряжения-деформации“ материалов типа бетона (Betono tipo medžiagų įtempių-deformacijų diagramų matematinis aprašymas).-*Материалы конференции ”Автоматизация и механизация производственных процессов и управления“. Сопротивление материалов (Gamybos procesų ir valdymo automatizavimo ir mechanizavimo konferencijos medžiaga. Medžiagų atsparumas)*.- Vilnius, p.38-39 (rusų k.).

4. Židonis, I. 2007. Alternative method for the calculation of stress-strain state parameters in normal sections of structural members. *Mechanika,* 5(67): 24-32.

5. Židonis, I. 2010. Alternative method for the direct calculation of stress-strain state parameters in cross-sections of beam type members. *Modern Building Materials, Structures and Techniques, v.*II. Vilnius: Technika, 826-835.

6. Židonis I. 2014. The third equilibrium equation for forces of flexural member cross-section (Trečioji lenkiamų elementų skerspjūvio jėgų pusiausvyros lygtis), Mechanika 2014, 20(2): 127-134.

7. Židonis I. 2018. ZI metodas ir jo panaudojimas konstrukcinių elementų įtempių-deformacijų būvio parametrams apskaičiuoti (The ZI Method and its Use for the Calculation of Stress-strain Parameters of Structural Members). Monografija, ISBN 978-609-481-010-7. Klaipėdos universitetas: Klaipėdos universiteto leidykla, 557 p.

8. Židonis I. 2018. The ZI Method and its Application for Calculating of Stress-Strain Parameters of Structural Members. Monograph. ISBN 978-3-11-062778-7. Klaipėda university. Sciendo, 564 p.

9. Židonis I. 2019. Curvilinear Stress-Strain Relationship for Concrete of EN-2 Regulation in the ZI Method and the Calculation of Beam Strength. ISSN 1392-1207. Mechanika. Volume 25(5): 341-349.

10. **zidonis.su.lt**.