KRISTAPS ŠTERNS
RTU BŪVNIECĪBAS FAKULTĀTES BŪVKONSTRUKCIJU KATEDRAS STUDIJU PROGRAMMAS « CIVILĀ BŪVNIECĪBA» 4. KURSA STUDENTS

Pēcsaspriegtā stiegrbetona aprēķina īpatnības

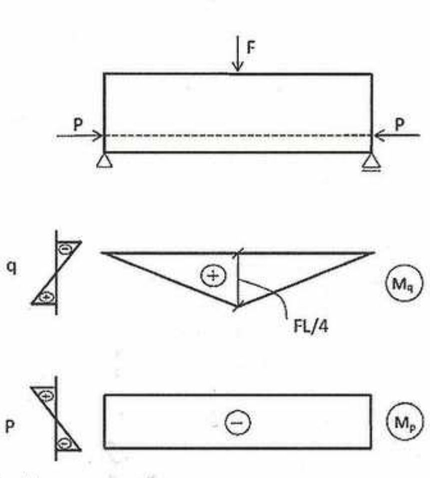
Šajā rakstā izvērtēšu vienu pēcsaspriegtā dzelzsbetona aprēķina posmu – saspriegumа spēku stiegrojumā – un salīdzināšu to ar dažu citu autoru skatījumu. Tāpat ar dažiem piemēriem parādīšu, kāda atšķirība $\Delta = \frac{P(MI)-P(CA)}{P(MI)}$ rodas starp manu metodiku (saspriegumа spēks apzīmēts ar P(MI)) un citu autoru metodiku (P(CA)). Mans aprēķins ir teorētisks, tam pamatā nav eksperimentāli testētu paraugu bāze. Mērķis – radīt matemātiski precīzāku aprēķina modeli.

Par saspriegto dzelzsbetonu

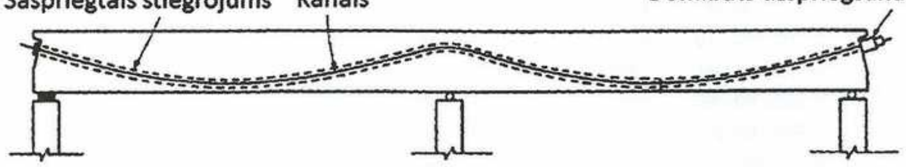
Liela laiduma konstrukcijās ekonomiski izdevīgi ir izmantot saspriegto dzelzsbetonu. Saspriegumа spēks rada pretēju lieces momentu lietderīgās un pašsvara slodzes radītajam lieces momentam (skatīt 1. attēlu, kur Mq ir pozitīvs lieces moments no ārējās slodzes F, bet Mp ir atslogojošais lieces moments no saspriegumа spēka P saspriegtajā stiegrojuma).

Dažkārt konstruktīvi izdevīgāk ir veidot saspriegto stiegrojumu kanālu ar parabolveida formu (skat. 2. att.).

Ar domkratu nostiepjot saspriedzamo stiegrojumu, tajā rodas saspriegumа spēks P. Tas nav vienmērīgs visā stiegrojuma garumā, jo rodas sprieguma zudumi – no berzes (gar kanāla malām) un no nelielas stiegrojuma deformācijas (nevienmērīgs šķiedru sagulums).



1. att.



2. att.

Citu autoru aprēķina metodika

No funkcijas, kas apraksta stiegrojuma liekto formu, var izdalīt elementāro laukumiņu (skat. 3. att.). Apskatot vairākus literatūras avotus (1.–8.), secināju, ka aprēķina metodika tajos interpretēta vienāda (tās izklāstu skatiet tālāk).

3. attēlā redzams, ka uz elementāro garumu dx darbojas spēks stiegrojumā P un P-dP. Attiecīgi darbojas arī balsta reakcija N, ko var iegūt no spēku trīsstūra ar elementārām ģeometriskām sakarībām. Balsta reakcija ir N=2*P*sin(dα/2). Tā kā α ir mazs, tad sin(dα)=dα un N=P*dα. Berzes spēks ir daļa no balsta reakcijas μ*N=μ*P*dα, kur μ – berzes koeficients.

No nevienmērīga šķiedru saguluma rodas zudumi, ko var izteikt uz elementāro laukumiņu K*P*dx, kur K – nevienmērīga šķiedru saguluma koeficients.

Šajā aprēķina metodikā kopējie berzes zudumi uz elementāro laukumiņu ir dP= μ*P*dα+ K*P*dx.

Lai iegūtu spēka P(x) funkciju, vienādojumu var integrēt (formulas–1).

$$\int_{P(x)}^{P_A} \frac{1}{P}\,dP = \int_0^{\alpha} 1\,d\alpha + K\cdot\int_0^{x} 1\,dx$$

$$\ln|P_A| - \ln|P(x)| = \mu\cdot\alpha + K\cdot x$$

$$\ln\left|\frac{P_A}{P(x)}\right| = \mu\cdot\alpha + K\cdot x$$

$$P(x) = P_A\cdot e^{-(\mu\cdot\alpha + K\cdot x)}$$

, kur P(x) – spēks citā vietā laidumā attālumā x no sākumpunkta A; P_A – spēks sākumpunktā. Šai aprēķina metodikai es nepiekrītu, jo, manuprāt, nepareizi tiek lietots bezgalīgi mazs lielums dx.

Aprēķina metodika manā versijā

Pamatoti būtu dx vietā izmantot līnijas loku ds. Teoriju par līnijas loku ds var atrast matemātikas teorijā pie sadaļas «Diferenciālģeometrijas elementi», piemēram, 9. literatūras avota 11. paragrāfā. Tādējādi pamatoti var pārveidot iepriekš iegūtā elementārspēka zudumus dP= μ*P*dα+ K*P*ds. Attiecīgi var veikt pārveidojumus un iegūt spēka P(z) funkciju (skatīt formulas–2).

$$ds = \sqrt{1 + \left(\frac{d}{dx}f(x)\right)^2}\cdot dx$$

Ievietojot dP izteiksmē

$$dP = \mu\cdot P\cdot d\alpha + K\cdot P\cdot\sqrt{1 + \left(\frac{d}{dx}f(x)\right)^2}\cdot dx$$

Integrējot

$$\int_{P(z)}^{P_A} \frac{1}{P}\,dP = \mu\cdot\int_{\alpha_0}^{\alpha(z)} 1\,d\alpha + K\cdot\int_{z_0}^{z}\sqrt{1 + \left(\frac{d}{dx}f(x)\right)^2}\,dx$$

Pārveidojot

$$\ln|P_A| - \ln|P(z)| = \mu\cdot(\alpha(z) - \alpha_0) + K\cdot\int_{z_0}^{z}\sqrt{1 + \left(\frac{d}{dx}f(x)\right)^2}\,dx$$

$$\ln\left|\frac{P_A}{P(z)}\right| = \mu\cdot(\alpha(z) - \alpha_0) + K\cdot\int_{z_0}^{z}\sqrt{1 + \left(\frac{d}{dx}f(x)\right)^2}\,dx$$

Iegūstu spēku P(z)

$$P(z) = P_A\cdot e^{-\left[\mu\cdot(\alpha(z)-\alpha_0)+K\cdot\int_{z_0}^{z}\sqrt{1+\left(\frac{d}{dx}f(x)\right)^2}\,dx\right]}$$

Apzīmējumi:
P_A – spēks sākumā A
P(z) – spēks šķēlumā attālumā z no sākuma punkta A
μ – berzes koeficients
K – nevienmērīga troses saguluma koeficients
α(z) – leņķis attālumā z no sākuma
α_0 – leņķis attālumā z0 no sākuma
z – attālums no sākuma punkta
z_0 – attālums no sākuma punkta (konstants punkts)