

# BETOONINDUSEST VENEMAAL

Olav Sammal PhD, Vello Salumaa, Georgi Samuel, OÜ ETUI BetonTEST fib INFOPUNKT

Pärast 12-aastast vaheaega (1989...2001) toimus Moskvas rahvusvahelise tähtsusega "Esimene ülevenemaaline betooni- ja raudbetooni probleemide konverents" [1]. Peale Venemaa vanade ja uute betoonispetsialistide esines konverentsil ettekannetega ka rida välismaalasi.

**S**elle perioodi riiklikud ümberkorraldused on tugevasti mõjutanud ka betoon/raudbetoonarindite (edaspidi: betoonarindid) projekteerimise, ehitamise ja äilitamise protsesse. Seoses riikliku finantseerimise kardinaalse vähenemisega on eriti tugevasti muutunud teaduslikud uurimistööd. Ehitusprotsess on Venemaal praktiliselt ülelänud erasektorikätte, kestoetab teaduslikke uurimistöid suhteliselt vähe ja piiratud kohtades. Seetõttu on oluliselt vähenenud fundamentaalsed uurimistööd. Oma mõju on siin ka betooni tootmise üldistel muutustel (vt tabel 1).

Tehniliselt kõrgelt arenenud maades arvestatakse ühe elaniku kohta 1,5 m<sup>3</sup> betooni. Venemaal on seenäitaja peaaegu neli korda väiksem.

## Teadusliku uurimistöö perspektiivid

Tihe ja armutu konkurents ehitusteenindusfirmade vahel viib vahelselleni, et ainult need, kes omavad kõige efektiivsemaid ja kaasaegsemaid teadmisi jatehnoloogiat, on võistlusvõimelised karmis konkurents. Teaduse ja praktika koostöö analüüs näitab, et siin toimub üleminek "tätija-tellija" vahekorral "partner-partner" suhtele, ehk siis ehitustööstuse teadusliku uurimistöö

integraalsele käsitlusele. Ehitusprotsess muutub seega uurijate ja praktikute spetsialistide ühiseks tulemiks.

Maailmapraktikas on suured kompaniid jõudnud arusaamisele, et on äärmiselt kasulik omada koosseisus teaduslikke laboratooriume, kus laialdaselt kasutatakse rakendatakse uusimat teavet. Eeskujuks võib siin tuua Jaapani (ehitus) korporatsiooni Kajima, kus on tööl 300 teadustöötajat, kelle kulutused finantseerib firma ja mis ületavad 10% firmapuhaskasumist. Sealjuures see osa suureneb pidevalt. Firmale on vormistatud paar tuhat patenti.

Teaduslike uuringute finantseerimine on ehitusse investeerimise üks liike. On muidugi loogiline, et igasugune investering peab ennast teatud ajajooksul ära tasuma.

Ehitatavate ja kasutuses olevate betoonarindite jälgimise tohutut mahtu on viimastel aastatel vähe analüüsitud. See oleks aga väga vajalik SNiP-i uue redaktsiooni koostamiseks, mis on praegu käsil. Uus SNiP peaks olema pöördesündmuseks betoonivaliteedija kestvuse nõuetekarmistamisel. Maailma mastaabistegutseb analoogsete probleemide lahendamisel antud hetkel fib.

Betooni tormilise kasvuga 20. sajandi lõpus Venemaal kaasnenud kahjuks nende kestvuse kindlustamise uuringuid. Ka senini kehtivad GOST 12015.0-83 ja GOST 18105 näevad ette suhteliselt madalamargiliste betoonide kasutamist

(B25 ja madalam). Kestvuse kindlustamist vaadeldis ageli teise järgulise. Samal ajal Euroopa normatiivides (TK 228CEN, EN 1992-1-1, Eurocode 2) kirjutatakse ette tavalisele raudbetoonile betooni klass mitte alla B25 ja pingbetoonile mitte alla B37. Eurostandardis EN 206 (nüüdseks CEN-i poolt tagasivõetud EN 206 kavandis) on otseselt märgitud raudbetoonarindite olemisajavahemik mitte alla 50 aasta.

Eesise abitohtutöö: ületulev vaadata betooni normdokumendid, need täiendada ja harmoneerida Euroopa ning teiste maade nõuetega. Lähemal ajal muutub aktuaalseks betoonitehaste sertifitseerimine vastavalt sertifikaadile ISO 9000.

## Tsemendi ja betooni omadused

Venemaa tsemenditööstus läheb (tõenäoliselt järgmisel aastal) üle Euroopa standardi EN 197 alusel unifitseeritud GOST-i järgsele (harmoneeritud) nõuete rakendamisele. Kahjuks ei osalenud Venemaa spetsialistid CEN TK51 tehnilises komitees, mis koostas selle standardi katsetoodika osa, milles võinuks olla ka Venemaa kogemus. Betooni edasise efektiivsuses olmküsimuseks saab massi vähenemine, poorsete täitematerjalide kasutamine. Samal ajal on vajast betoonide tugevust. Venemaa kasutatakse betooni, mille tugevus on peaaegu kaks korda nõrgem Ameerika Ühendriikides ja 30...50% madalam Euroopa riikides kasutatavatest analoogidest.

Üheks perspektiivseks suunaks on betooni kiudarmeerimine (nii metall-

Tabel 1. Betooni tootmise mahud Venemaal (mln m<sup>3</sup>)

Betoon	Aastatel						
	1991	1993	1995	1998	1999	2000	2005*
Monteeritav raudbetoon	76,0	50,4	21,0	16,0	14,7	17,2	28,2
Kaubabetoon	69,0	42,0	38,0	30,0	31,0	33,0	44,0
Kokku	148,0	92,4	59,0	46,0	45,7	50,2	72,2

\* Prognosis

kui mittemetalliuga). Samuti tuleb suurendada mittemetallilisesarrusega betooni uuringuid ja nende kasutamist reaalsetel objektidel (nt klaas-jasüsinik-kiudvardaid). Terrassaruse kasutamisel minnakse üle armatuurile A500C (eurostandardi järgi EN 10080).

Oluliseks perspektiiviks tuleb lugeda väga madala soojajuhtivusega polüstüreenbetoonide kasutuselevõttu (nt monoliitsetes välisseintes või katetes), kus soojajuhtivusarv võib olla  $0,065 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Veelgi kaugemas perspektiivis tuleks mitmesuguste soojusisolatsiooniprobleemide lahendamisel võtta kasutusele poorbetoonid tihedusega alla  $100 \text{ kg/m}^3$ , survetugevusega kuni  $1,5 \text{ MPa}$ .

Käesoleval ajal tarbitakse monteeritava betooni valmistamisel väga palju soojusenergiat ( $\sim 1600 \text{ MJ/m}^3$ ), 85% sellest mahust valmistatakse aurutusrežiimis, mille kasutegur on alla 30%. Rohkem kui 70% tegutsevatest tehastest kasutavad 16-tunnilist või pikemat aurutusrežiimi. Siin peituvad tõsised energeetilised reservid.

Üks perspektiivsemad betooni omaduste parandamise suund on mahuspaisuvate betoonide kasutamine. Teatud lisandite manustamiseltavalise portlandtsemendiga valmistatud betoonsegule saadakse, nii nagu mahuspaisuvate tsementide kasutamiselgi, mahuspaisuv betoon. See on aga betoonitarindite kvaliteeditöökindluse ja

kestvuse tõstmisel väga oluline, kuna suurenevad niibetoonipragude kindlus kui ka veetihedus, teatud määral paraneb ka hüdroisolatsiooni efekt ja väheneb rajatiste kasutuselevõtu aeg [3].

### Uus ehitusnormide ja reeglite süsteem

A. S. Zalesjov ja T. A. Muhhamedejev märgivad omakonverentsietekandes [2], et 1990. aastate alguses otsustati Venemaal luua uus ehitusnormide ja reeglite (SNIp) süsteem, millele lisandub reeglite koodeks SP. Viimane sisaldaks SNIp-i põhioüete realiseerimise meetodeid. Uuesüsteemil jätkootamisel on kaalutud kolme varianti.

Esimene sisaldab kõiki betoone (rasked, kerged, mullbetoon, eriti kerged, ülitugevad, kuumuskindlad, pingestatavad, mittermahuskahanevad jne), kõiki sarruseid (madalate, keskmiste ja kõrgete füüsikalise-keemiliste omadustega), kõiki konstruktiivseid lahendeid (lineaarsed, tasapinnalised, mahulised, raamid, ruumilised jne), kõiki tarindite tüüpe (monteeritavad, monoliitsed, monteeritav-monoliitsed, eelpingestatud, terrassarusega, kombineeritavad, kiudbetoonist, komposiitsed jne), kõiki põiklõike kujusid (ristkülikukujulised, T-kujulised, ümmargused, torukujulised jne) ja arvestab kõiki koormuste ja mõjuriteliike (lühiajalised, pikaajalised,

staatilised, dünaamilised, ühekordsed ja korduvad koormused; agressiivsed ja temperatuuri-niiskuse mõjurid). Seejuures antakse SNIp-is betoonide ja sarruseomadused, konkreetse darvutusemeetodid kõikide piirkormuste kohta (paindemomentide, pikijõudude, pöikjõudude, väändmomentide, kohalike koormuste jm korral), samuti kujundamise reeglid.

Selle variandi eeliseks on, et projekteerimiseks saadakse ühtne ja täielik normatiivne dokument. Puudusteks on vägasuurmaht, raskused niiselle koostamisel ja kooskõlastamisel kui ka uute materjalide ja meetodite rakendamisel.

Teine haaranaloo seltesimesele variandile kõiki betoone, ehitisi, koormusi ja mõjureid, kuid formuleerib ainult materjalideomaduste, arvutuse ja konstrueerimise põhiprintsiibid.

Selle variandi eeliseks on painduvus normimisel, koodeksi SP osatähtsuse suurenemine, kusjuures koodeks muutub soovituslikuks, samuti lihtsustub selle koostamine ja kooskõlastamine. Puuduseks on, et SNIp ei ole otseselt projekteerimisel kasutatav, kuna projekteerimiseks on vajalik SP juriidiline staatus.

Kolmas SNIp-i variant koostatakse normatiivse alusdokumendina, mis sisaldab materjalideomaduste normimise ja betoonehitiste arvutuse üldist printsiipi dekõrval konkreetseid andmeid massiliselt kasutatavate materjalide,





ehitiste, koormuste ja mõjurite, arvutusmeetodite ning kujundamise kohta. Alusena võib võtta betooni klassid B15...B60, armatuuri A240...A500, tavapäraseid ristkülikulise ja T-kujuliste pöiklõigetega elemente, staatilisi, lühi- ja pikaageid koormusi, temperatuuri-, niiskuse- ja kliimatingimusi, normaal- ja kaldjõudude põhjustatud paindemomentide ja tugevuse arvutusmeetodeid, samuti piki- ja pöikjõudude kohtapöiklõikesümmeetriasapinnas, normaal- ja kaldpragude arvutusmeetodeid, kujundamise nõudeid sarruse ankurdamisel, minimaalset pikisarruse protsenti, sarruse minimaalset ja maaksimalset vahekaugust, kaitsekihipaksust jne. Detailsemad andmed tuuakse reeglite koodeksis SP.

Arvatakse, et kolmas variant on antud olukorras kõige sobivam. Probleem (töödekorralduskoosrahastamise võimalustega) on seni lahendamata.

### Arvutusmudelid

SNiP ja SP uues projektis "Raudbetoon-elementide normaalpöiklõiketugevuse, pragude kindluse ja deformatsioonide arvutamisel paindemomentidele ja pikijõududele" lähtutakse deformatsiooni mudelist, mis peaaetaskaaluvõrrandite arvestab pöiklõiketapinnalised deformeerumise hüpoteesi ning betooni ja armatuuri täisdiagrammi, mis määrab

pingete ja suhteliste deformatsioonide vahelise seose. Betooni jaoks võib kasutada mittelineaarset (langevaharuga), kolmiklineaarset või lihtsustatud kaksiklineaarset (Prantle-tüüpi) diagrammi, mis arvestab betooni elastset-plastset tööd. Kaksiklineaarset diagrammi korral määratakse kaldpiirkond, lähtudes redutseeritud deformatsioonimoodulist, mis arvestab betooni mitteelastseid deformatsioone.

Elemendi normaalpöiklõiketugevuse kriteeriumikson betooni surve deformatsiooni piirväärtus ( $n\epsilon_{b,ult} = 0,0035$  (B15 – B60) – kahemärgilise epüüri korral) või sarruse tõmbepiirdeformatsioon. Normaalpragude avamise kriteeriumikson betooni tõmbepiirdeformatsiooni saavutamine.

Deformatsiooni mudel võimaldab raudbetoonielementide arvutusi erinevate pöiklõigetega, erineva sarruse paigutusega, liitpöiklõigetega, alg- või eelpingearvestamisega pingebetoon-, monteeritavates-monoliitsetes või tugevdatud konstruktsioonides erinevate koormusjuhtude korral.

Deformatsioonimudel on põhiliselt kasutusel ka rahvusvahelistes dokumentides. Sisuliselt on deformatsiooni mudel raudbetoonielementide klassikalise arvutusmeetodi edasiarendamine, kus betooni ja armatuuri arvutus on Hookiseaduse alusel esendatud betooni ja armatuuri deformatsioonide täisdiagrammiga (arvestades nendemitteelastset tööd).

Tugevusarvutustes lubatakse arvutada ka seni kehtiva SNiP-i nn piirkoormuste meetodi järgi. Arvustulemused deformatsiooni mudeli ja piirkoormuste järgi on sageli lähedased.

Üheks olulisemaks küsimuseks on raudbetoonarindite kestvuse hinnangu andmine. Seni on see probleem lahendatud kaudselt – betoonkaitsekihi määramisega, pragude avamise ja pikaage setepingetepiirangutega jne. Kuid otsustav arvutusmeetodit, mis arvestaks elementide kande võime alanemist ja deformatsiivsus suurenemist sõltuvalt ajafaktorist ja ümbritsevast keskkonnast, ei ole käesoleval ajal veel väljatöötatud. Väljatöötamisel on betoonarindite täistõenäosuslik teantud töökindlusega arvutusmeetodika. See on aga seni seotud suurteraskustega, kuna paljude tegurite kohta pole piisavalt kontrollitud andmeid.

Normatiivse dokumendi praktiline kasutusiga on senise praktika järgi ligi-

kaudu 10 aastat. SNiP-i viimase versiooni kehtivusiga läheneb 20 aastale. Kuigi 1990. aastatel otsustas Venemaa Ehituskomitee koostada uue SNiP-i, pole seni suudetud seda realiseerida.

### Kokkuvõtteks

1. Venemaa betoonindus on pärast vahepealset langust tõusuteel.
2. Ees seisab väga mahukas töö normide uue reeglistiku ja koodeksite väljatöötamisel, kus on arvestatud nii Venemaa kui välismaa viimaseid kogemusi ja ettepanekuid betooni edasise arengu osas, sh kvaliteedi, töökindluse, kasutuse ning ökoloogilise ja majandusliku efektiivsuse tõstmisel. Betoon jääb veel kauaks asendamatuks ehitusmaterjaliks.
3. Betooni arengul on veel palju kasutamata võimalusi (mahumuutustereguleerimine, mittekorrodeeruva (ka kiud-) sarruselaialdanekasutamine), kõrgtugevusega ja setihenevate betoonide tehnoloogiarakendamine, betoonikasutuse atõstmine, korduvkasutamine jne.
4. Venemaa ja Euroopa normatiivdokumentide harmoneerimine ja koostöö nende rakendamisel.
5. On selge, et ilma vajalike (riiklike, era- või ühiskondlike) struktuurriksusteta, kes tegeleksid huviga perspektiivsete probleemidega (koos rahastamisega), on vähetõenäoline lahendada neid küsimusi kas võielementaarsete resultaatide tasandil.

### Kirjandus:

1. А. И. Звездов, Ю. С. Волков. Бетон и железобетон. Наука и практика. 1-я Всероссийская конференция по проблемам бетона и железобетона. Бетон на рубеже третьего тысячелетия. 1 Книга. Москва 9–14. сент. 2001
2. А. С. Залесев, Т. А. Мухамедов. Состояние и перспективы развития нормативных документов в области бетона и железобетона. 2 Книга. Москва 9–14. сент. 2001
3. Л. А. Титова, М. И. Бейлина. Расширяющие добавки для бетонов нового поколения. Бетон и железобетон пг 4, 2001