

2000. AASTA BETOONEHITIS

29. septembril jõudis lõpule konkurs Aasta Betoonehitis 2000. Esimest korda korraldatud võistluse eesmärgiks oli leida ning esile tõsta ehitisi, mille nägusus ja efektiivne teostus demonstreerivad tabavalt betooni eeliseid, ning aidata seeläbi kaasa meie betoonehituse arengule.

Konkursi idee algatajaks oli AS Kunda Nordic Tsement, kes loodab nii suurendada avalikkuse huvi ja laiendada teadmisi betooni kui mitmekülgse materjali võimalustest. Lisaks motiveerida betooni kasutamist toetavate ideede väljatöötamist.

Konkursile oodati aastatel 1998–2000 valminud ehitisi, konstruktsioone ja menetlusi. Tingimustele vastavaid konkursiobjekte kogunes lõpuks 25. Et nende hulgast õiglaselt parim leida, kutsuti žüriisse erinevate ettevõtjate liitude esindajad. Žürii esimees oli Aadu Kana, liikmed Avo Lillmäe (Ehitusettevõtjate Liit), Ra Luhse (Projektbüroode Liit), Vello Otsmaa (Ehitusinseneride Liit), Aarne Rae (Kunda Nordic Tsement), Indrek Treufeldt (ajakirjanik), Raul Vaiksoo (Arhitekt-



tide Liit), Jaan Valbet (Ehitusmaterjalide Tootjate Liit).

Žürii liikmed pidasid tuliseid vaidlusi ning osutus vajalikuks korraldada konkursile esitatud ehitiste juurde tutvumisetrek – kuid parima betoonehitise valikus oldi üksmeelsed: Rocca al Mare koolimaja (kirjutasime selle ehitamisest pike-malt Ehitajas nr 3/2000). Peapremia 30 000 krooni ja originaalse betoonkuubikust auhinna sai koolimaja ehitusliku idee autor Arhitektuuri-büroo Urbel & Peil. Samasugune betoonkuubik anti võiduobjektiga seotud osapooltele. Selle vääriliseks loeti AS Rocca al Mare Koolimaja (tellija), OÜ E-Inseneribüroo ja Inseneribüroo Märt Mõttus OÜ (projekteerijad), AS KMG Ehitus (ehitaja), AS E-Betoonelement (betoonelementide valmistaja) ja AS Talot (betooni tootja).

Olulised momendid auhinnaobjekti juures: arhitektuurne lahendus võimaldas betoonkonstruktsioone optimaalselt eksponeerida; betoon sobis antud arhitek-

tuursesse lahendusse; betoonelemendid olid valmistatud ning monteeritud kvaliteedis, mis ei nõudnud seinte ja lagede täiendavat viimistlemist; on kasutatud mitmeid uusi materjale/töövõtteid (gardeeroobi põrand, klassiruumide põrandad).



Lisaks peapremiale anti välja kolm objekti eripremiat. Ühe teenis Stockmanni Tallinna kaubamaja parkimismaja (tellija Stockmanni Eesti filiaal; suure ava saamiseks on kasutatud huvitavat komposiitkonstruktsiooni). Teist väaris

Kärevere sild (ehitaja AS EMV; esimene järeltõmmatud pingebetoonrajatis Eestis) ja kolmandat eelpingestusmenetlus erinevate betoonelementide ja konstruktsioonide valmistamiseks E-Betoonelementi Tamsalu tehases (E-Betoonelement).

Üksikasjalikumalt kirjutame Eesti parimatest betoonehitistest Ehitaja järgmistes numbrites.



ENNO REBANE

BETOONI NIISKUS- DEFORMATSIOON

NCC Industri Eesti AS betoonilaboratoorium viis koostöös Tallinna Tehnikaülikooli Ehitustootluse Instituudi ehitusmaterjalide laboratooriumiga läbi uuringu portlandpõlevkivitsementbetoonide kahanemisdeformatsioonide sõltuvusest kivinemise niiskusežüimist. Töö eesmärgiks oli saada ülevaade, kuidas käituvad portlandpõlevkivitsementi baasil valmistatud betoonid kivinemisel erinevatel niiskusežüimidel niiskusdeformatsioonide seisukohalt.

Uuringus võeti vaatluse alla kolm kivinemisrežiimi:

- pidev kivinemine niiskes, suhtelisel õhuniiskusel > 95% (imiteerib kivinemist niisketes oludes või betooni pidevat ja kestat hooldust, kus on välditud vee aurustumine betoonist);
- pidev kivinemine kuivas suhtelisel õhuniiskusel 50% (imiteerib betooni järeahoolduse puudust, kui betoonil lastakse pärast paigaldamist välja kuivada);
- kombineeritud režiim: 7 ööpäeva niiskes suhtelisel õhuniiskusel > 95% ja edasi kuivas suhtelisel õhuniiskusel 50% (imiteerib suhteliselt normaalset betooni järeahooldust, kui esimese 7 päeva jooksul pärast betoonisegu paigaldamist püütakse mitmesuguste meetmetega vältida vee aurustumist betoonist; hooldus lõpetatakse 7 päeva möödumisel).

Uurimistöö kavandas NCC Industri Eesti AS betoonilaboratoorium. Projekteeriti ja valmistati 11 erinevat betoonisegu, mis kuulusid tugevusklassidesse B10, B30 ja B50. Täitematerjali maksimaalseks terasuuruseks valiti 8, 16 või 32 mm. Betoonisegude töödeldavus hoiti sellisena, et koosse vajumine oleks piires 9...11 cm.

Segude tegemiseks kasutati Kunda portlandpõlevkivitsementi CEM II/B-T 42,5R, kvartsiiva peensusmoodulitega 1,0 ja 2,6, Paekivitoode

Tehase Vao karjääri killustiku fraktsioonidega 4...8 mm, 8...16 mm ja 16...32 mm ning Tasfil'i paekivifillerit.

Betoonisegud valmistati sundtoimelises laboratoorses betoonisegistis 25-liitriste portsjonitena. Projekteeritud betoonide veevajadused kõikusid piires 181...213 l/m³, vesitsementtegurid 0,46...1,22, tsemendi kulu 152...420 kg/m³, tugevusnäitajad 3 päeva vanuses betoonis 4,6...37,8 MPa ja 28 päeva vanuses 10,6...61,0 MPa. Tugevusnäitajad määrati kuupidega 15 x 15 x 15 cm.

Niiskusdeformatsioonide hindamiseks erinevatel kivinemisrežiimidel valmistati reeperitega katsekehad mõõtmetega 7 x 7 x 28 cm ja neid hoiti kuni tehnikaülikooli toimetamiseni niiskes õhus. Reeperitega varustatud katsekehad toimetati Tallinna Tehnikaülikooli Ehitustootluse Instituudi ehitusmaterjalide katselaborisse 20 tunni vanuselt, kus need vabastati vormidest, määrati algmõõdud 24 tunni vanuses ja jäeti järgnevas kivinemiseks eelpool mainitud režiimidel.

Katsekehi mõõdeti vanustes 3, 7, 10, 14, 21, 28, 35, 42, 49, 56, 70, 84, 98 ja 120 päeva. Katsekehade regulaarne mõõtmine jätkub.

Joonistel on esitatud katsetusteks võetud äärmiste betoonikoostiste katsetuste tulemused.

Joonis 1 iseloomustab betooni lineaarseid paisumisdeformatsioone kivinemisel niiskes keskkonnas. Portlandpõlevkivitsementbetoonide kasu-

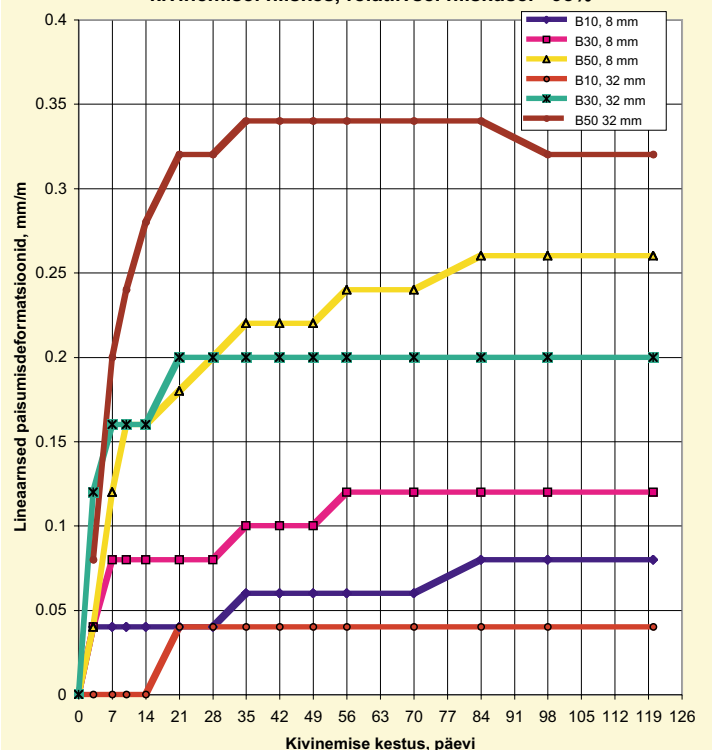
tamisel on iseloomulik see, et kivinemisel niiskes keskkonnas või vees toimub märgatav paisumine, mis on seda suurem, mida kõrgem on betooni tugevusklass. 120 päeva vanuselt ulatub paisumine betooni B50 korral 0,26...0,32 mm/m ja betoonil B10 0,08...0,12 mm/m. Betoonidel B30 on vahepealsed väärtused.

Mööduka paisumise tingib portlandpõlevkivitsementi koostisesse kuuluv lendtuhk, täpsemalt imepeente vabalubja osakeste hüdratatsioon. Paisumine suureneb tsemendi hulga suurenemisega betoonisegus. Seetõttu on loomulik, et kõrgema tugevusklassiga betoonid paisuvad rohkem. Mida

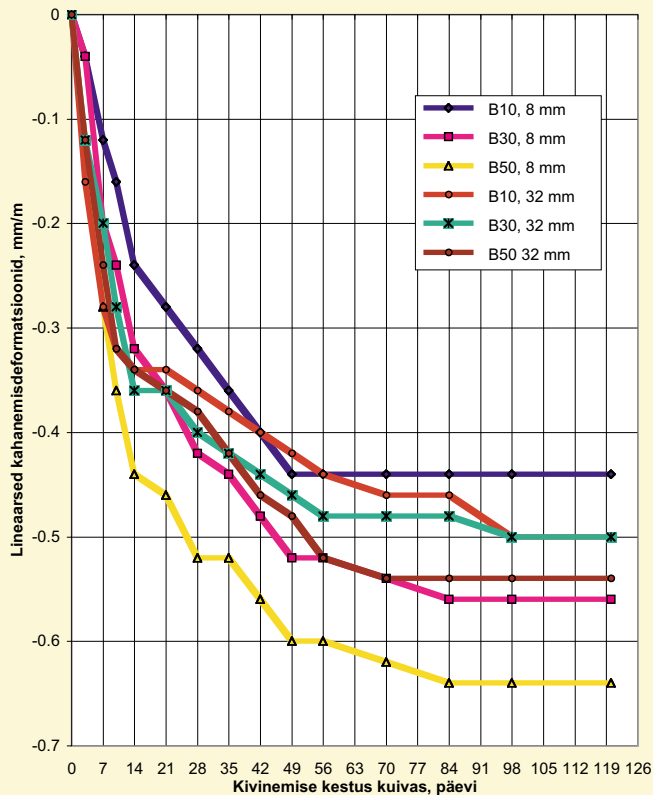
suurem on täitematerjali maksimaalne terasuurus, seda suurem on ka niiskuses paisumine. Nähtuse üheks põhjustajaks on suurema maksimaalse terasuurusega betoonide väiksem veevajadus ja sealt tulenevalt betoonis oleva tsemendikivi kvaliteet, mida iseloomustab väiksem vee ja tsemendi suhe, suurem tihedus ja paisumisvõime. 32 mm maksimaalse terajämedusega killustikuga betooni paisumine niiskes on keskmiselt 0,1 mm/m võrra ehk 30...50% kõrgem kui 8 mm jämeduse maksimaalse killustikutera suuruse korral.

Joonis 2 demonstreerib olukorda, kui betooni hooldus lõpetatakse pärast paigalda-

Joonis 1. Lineaarsete paisumisdeformatsioonide arenemine betooni kivinemisel niiskes, relatiivsel niiskusel >95%



Joonis 2. Lineaarsete kahanemisdeformatsioonide arenemine betooni kivinemisel kuivas, relatiivsel niiskusel 50%, sõltuvalt betooni koostisest



mis- ja viimistlustööde lõppemist, see on umbes ööpäeva möödumisel betooni paigaldamise hetkest.

Betoon hakkab kuivamisel kokku tõmbuma ehk kahanema. Esimestel päevadel on kahanemisdeformatsioonid kiired. 7 päevaga tekivad kahanemine on vahemikus 0,1...0,3 mm/m, 28 päeva vanuselt 0,32...0,52 mm/m. Seejärel deformatsioonide kiirus oluliselt langeb. 56 päeva vanuses on kahanemine sõltuvalt betooni koostisest 0,43...0,6 mm/m, 120 päeva vanuses vaid veidi suurem, piires 0,43...0,64 mm/m.

Kahanemisdeformatsioonide suurust betoonis mõjutab nii betooni tsemendisaldus kui ka maksimaalse terasuurse valik. Kahanemisdeformatsioonid vähenevad tsemendisalduse vähenemisel ja maksimaalse terasuurse suurenemisel. Viimane on suuresti seotud betooni veevajaduse vähenemisega sama töödeldavuse saavutamiseks.

Betooni kahanemine kui

nähtus on omane igasugusele betoonile ega ole probleemiks senikaua, kuni kahanemine ei ole takistatud. Takistuse tekkimisel arenevad betoonis kahanemise tõttu tõmbepinged. Kui tõmbepinge väärtus ületab betooni tõmbetugevuse, katkeb betoon ja temasse tekib pragu või praod. Toodust ilmneb, et betoon on pragude teke suhtes eriti tundlik varases vanuses, sest betooni tõmbetugevus valamisjärgselt on võrdne nulliga, samal ajal on betoon aldis suurtele kahanemisdeformatsioonidele.

Informatsiooniks nii palju, et sõltuvalt tugevusklassist on portlandpõlevkivimentbetooni tugevus ühe päeva vanuselt normaalingimustel kivilindes 15...40%, kolmepäevaselt 40...75% ja 7-päevaselt 60...85% betooni nimitugevusest. Vahemike esimesed väärtused vastavad betooni tugevusklassile B10, viimased klassile B50. Tänu madalale tõmbetugevusele või selle puudumisele ei ole sugugi haruldane, kui juba poole kuni paari kol-

me tunni möödudes hakkavad betooni pinnale tekkima praod ja seda olukorras, kus betoon on veel plastiline ega ole tardanud. Selliseid pragusid nimetatakse plastilise kahanemise pragudeks.

Joonisel 3 on kujutatud niiskusdeformatsioonide areng olukorras, kus betooni valamisele järgneb nädalane betooni hooldus, mille käigus vee aurustumist betoonist on välditud. Pärast nädalast hooldust jäetakse betoon seisma lisameetmeteta hoolduseks.

Sellise režiimiga antakse betoonile võimalus esimesel nädalal kivilinda soodsates tingimustes. Selle käigus toimub mõningane mahupaisumine, mis on analoogiline joonisel 1 tooduga. Oluline erinevus joonisel 2 toodud režiimist on see, et enne kuivamist on betoon saavutanud märkimisväärse tõmbetugevuse, mistõttu tema kahanemistaluvus on palju suurem. Enne kuivamise võimaldamist on betoon omandanud juba 60...85% oma nimitugevusest ja suudab tunduvalt paremini vastu seista

kahanemisdeformatsioonidele ja pragude tekkele.

Käesoleva artikli eesmärgiks polnud seatud pragude tekke kõigi põhjuste analüüsimist, sest neid põhjuseid võib lisaks eeltoodule olla hulgaliselt. Samuti ei olnud kavas käsitleda meetmeid pragude tekke vältimiseks, vaid näidata katsetustele baseeruvalt, millises suurusjärgus asuvad portlandpõlevkivimentbetooni niiskusdeformatsioonid kivilindes erinevatel niiskusrežiimidel ja anda üldised suunised praokindluse saavutamiseks betooni koostise mõnede aspektide ja kivilinderežiimide arvessevõtmise kaudu.

Kui antud probleem pakub spetsialiseeritud lugejaskonnale laiemat huvi, siis ei ole välistatud huvipakkuvate küsimuste üksikasjalikum lahkamine edaspidi.

**ENN UUSTALU, NCC INDUSTRI
EESTI AS BETOON
KVALITEEDIJUHT, PH.D**



Joonis 3. Betooni lineaarsete deformatsioonide arenemine kombineeritud kivinemisel (7 päeva niiskes, edasi relatiivsel õhuniiskusel 50%)

