

Eesti Asfaldiliidu 42. ASFALDIPÄEV

- 12.30 - 12.55 **Teede kuumtaastamise kogemused ja väljakutsed**
Aivo Salum, Maanteeamet
- 12.55 - 13.20 **Asfaldi eelsegamise ja termomöötmise mõttekusest, Teedeklastri ja Maanteeameti uuringud**
Erko Puusaag, Teede Tehnokeskus
- 13.20 - 13.45 **Madalamargilise betooni kasutusvõimalused taristuehituses, Teedeklastri uuring**
Ain Kendra, Ramboll Eesti
- 13.45 - 14.10 **Bituumeniuuringu vahetulemused, Maanteeameti uuring**
Sven Sillamäe, Tallinna Tehnikakõrgkool
- 14.10 - 14.40 **Puitsildade olukord Eestis ja Põhjamaade kogemused, Teedeklastri uuring**
Per-Anders Fjällström, SP Sweden (inglise keeles)

ASFALDIPÄEV 2014

MADALA SURVETUGEVUSEGA BETOONI KASUTAMINE INFRAEHITUSES



AIN KENDRA

RAMBOLL

TEEDEKLASTER

MADALA SURVETUGEVUSEGA BETOON
11.11.2014

TEEMAD

- Hüdraulilise sideainega ehitusmaterjalid
 - Me ei räägi tavapärasest tsement-, tuhk- ja kompleksstabiliseerimisest ega ka mass-stabiliseerimisest (Kose-Mäo; OSAMAT)
 - Me ei räägi betoonist selle tavapärases mõttes (betoonteed)
- Valitud materjalid
 - Tugevdatud pinnased = Soil Cement
 - Kontrollitud omadustega vedelsegu = Controlled Low Strength Material
 - Taaskasutatud stabiliseeritud alus = Full Depth Reclamation
 - Porne betoon = Pervious Concrete
 - Teerullibetoon = Roller Compacted Concrete

KIRJANDUS

August 2011

Guide to Cement-Based Integrated Pavement Solutions



IOWA STATE UNIVERSITY
Institute for Transportation

National Concrete Pavement
Technology Center

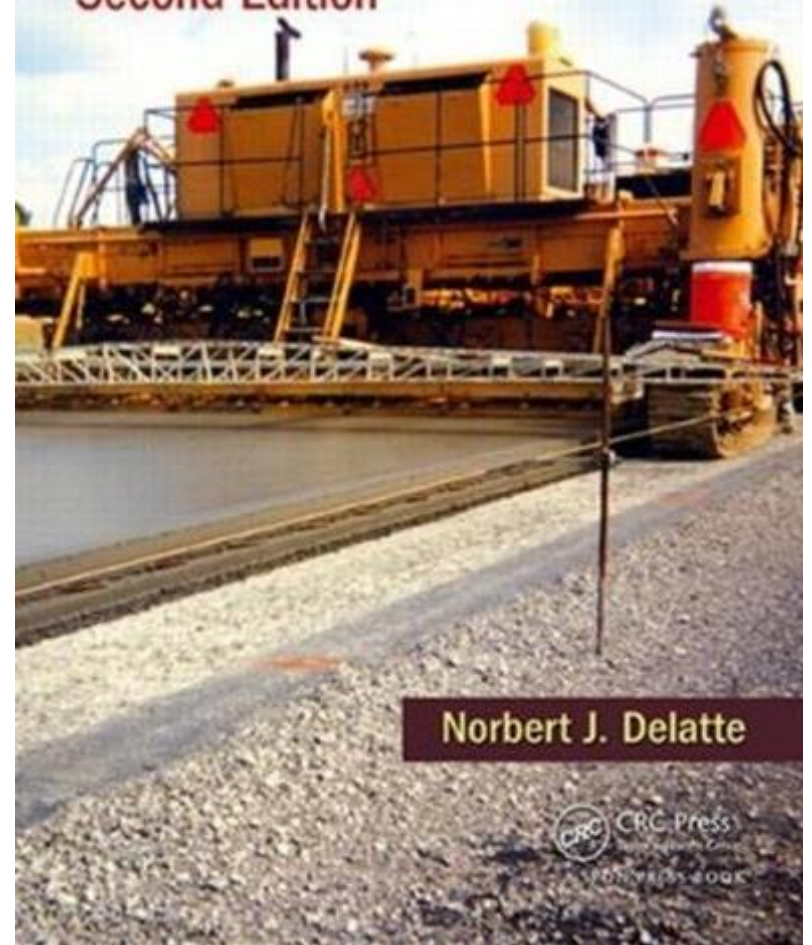


PCA Portland Cement Association

RAMBOLL

Concrete Pavement Design, Construction, and Performance

Second Edition



Norbert J. Delatte

CRC Press
Taylor & Francis Group

VALIKUD

- Sideained
 - Tsement - stabiilne, ettearvatav käitumine, tüüplahendused
 - Põlevkivituhk – jäätmete taaskasutus, ebastabiilne koostis, pikaajaline järelkivinemine, katsetuste vajadused igal konkreetsetel juhtumil
- Täitematerjalid
 - Bituumeniga seotud kiht, killustik- või kruusalus, liiv
 - Aluspinnased – turbad ja savikad pinnased (mass-stabi); savikate pinnaste tugevdamine (tagada töötingimused ehitustehnikale)
 - Standardsed lähtematerjalid tehaselise tootmise puhul
- Hüdraulilise sideainega kihtide probleem - mahukahane mine
 - Esineb ka sideaineta; liiv vähendab, lendtuhk vähendab kuid tõstab järelkivinemise kestvust ja ulatust

SOIL CEMENT – TUGEVDATUD PINNASED

- Sobib kui pinnase plastsusarv 12...15
- 3-4% tsementi kahandab plastsust ja tõstab kandevõimet – reeglina et tagada järgmiste ehitusetappide jaoks tehnoloogiliselt vajalikke tingimusi – savipinnased on niiskustundlikud
- Tavapäraselt 15 cm kiht, tihendada tapprulliga

Table 4.7 Minimum cement content according to the maximum grain size

EN 14227-1:

Maximum nominal aggregate size (mm)	Minimum cement content (% by weight)
> 8.0 to 31.5	3
2.0 to 8.0	4
< 2.0	5

FLOWABLE FILL – VEDELTÄIDIS - CLSM

- Heal lapsel mitu nime
 - soil-cement-slurry; controlled-low-strength-material (CLSM); soil-cement grout; unshrinkable fill; flowable mortar; controlled-density-fill (CDF); plastic-soil-cement
- Materjal, mida kasutatakse aluse või tagasitäitena tihendatud pinnase või täitematerjali asemel
 - ASTM Standard D 4832-02: hüdraulilise täiteainega vedelsegu, mis kõvastudes omandab pinnasest suurema tugevuse, kuid survetugevus jääb alla 8,4 MPa
 - Tavaliselt
 - 28 päeva survetugevus $< 2,1$ Mpa $[0,35-0,7]$, tihedus $1,84-2,32$ t/m³
 - Taastäide pinnasest survetugevus $< 0,3$ Mpa; tihedus $1,6-2$ t/m³
 - Isetasanev, ei vaja tihendamist, taaskäideldav käsitsi (kirka ja labidaga)
 - Külmaskindlust ei ole hinnatud – ei tasanda alusepinnase külmakerkeid

≠PINNAS

CLSM

≠BETOON

Cement
+
Fly Ash
+
Fine Aggregate
+
Water
+
[Admixtures]
=
CLSM



CLSM - OMADUSTEST

- **Kerge paigaldus** – renn, konveier, pump - isetasanev-isetihenev
- **Paindlik** koostis – tsemendi ja tuhaga tugevust tõsta, lisanditega muuta kivinemiskiirust, vahustitega poorseks – termoisolatsioon
- **Tugevus** – tugevam pinnasest, erosioonikindel. Vajadusel kuni 8,3 Mpa. Mõne tunniga liiklusele avamine
- **Ei deformeeru** – kuivamisel vajum kuni 1-2% paksusest (kui vett palju) koormusel ei teki roopaid
- **Kaevis võib olla kitsam** - ei pea arvestama töötajate ja tihendamise aparatuuriga, tööohutus
- 0,3-0,7 Mpa tugevusel on kaevatav **käsitööriistadega**
- Paigaldamisel **ei vaja kandevõime või tihendusteguri mõõtmisi**
- Vajalik tehnikapark väiksem
- Kohaliku ja taaskasutatava materjali kasutusvõimalused – pinnas, mis sisaldab kuni 25% mitteplastset või vähese plastsusega peenosist



Cincinnati OH
Courtesy of Rick Roth

torud kaevises tuleb ankurdada
(muidu tõusevad pinnale)

2-3 tunniga kannab jalakäijaid
deformeeruv 2-4 tunni jooksul
paigaldusest



Cincinnati OH
Courtesy of Rick Roth



Cincinnati OH
Courtesy of Rick Roth

SOBIV MATERJAL TÜHIKUTE TÄITMISEKS

- Uhtumised
- Vanade avade täitmine
- Võib lasta vette – tõrjub vee välja



Bridge Approach
Orangeburg SC

Void Fill
Courtesy of Tom Fox



Sobib piirdepostide kinnitamiseks
(piisav tugevus, lihtne taastamine)

Maksumus – $\frac{2}{3}$ kuni $\frac{3}{4}$ tavabetoonist

KOOSTIS

- Keskmiselt (massi%)
 - 2,6% tsementi
 - 12,5% vett
 - 13% lendtuhka
 - 71,9% kivimaterjali
- Lendtuuk võib tsementi osaliselt asendada, kuid tõstab järelkivinemise ulatust
- Madala survetugevusega segu
 - 25...60 kg/m³ tsementi
 - 200 kg/m³ lendtuhka
- Üldiselt m³ kohta
 - 30...120 kg tsementi
 - Kuni 1200 kg lendtuhka või kuni 210 kg (kui lisatakse kivimaterjalid)
 - 1500...1800 kg kivimaterjali
 - 190...350 kg vett (kui kivimaterjali asendab lendtuuk siis 590 kg)

FDR = FULL DEPTH RECLAMATION

KATTESTABILISEERIMINE

- Erinevalt meil tuntud stabiliseerimisest tsemendi, põlevkivituha, bituumeni või nende seguga, kus stabiliseeritav kiht on reeglina 12-20 cm, on siin stabiliseeritav kiht kogu vana konstruktsioon.
- Otstarbekas, kui lappida üle 15-20% ja aluspinnased ühetaolised
 - Freesitakse kõik kihid, **kuni 30 cm**, max D50; 55%<6mm
 - Profileeritakse, lisatakse tsement (12 mm 15-20 cm kihile), segatakse
 - Profileeritakse, tihendatakse (96% Proctor) silevalts vibro + pneumo
 - Katmine-niisutamine 3...7 päeva, pärast pindamine või asfalt
 - 7 p tugevus 1...4 Mpa; 50% materjalikulu 1/3 ajaga võrreldes uue aluse ehitamisega

LAHJA BETOON = LEAN CONCRETE, ECONOCRETE

- Lahja betoon
 - Segu, kus tsemendi kogus on väiksem kui vee kogus
 - 100-200 kg/m³ tsemendisisaldus
 - Kui 7-p survetugevus alla 5,2 Mpa ja 28-p tugevus alla 8,3 Mpa võib veel ilma vuukideta ehitada
- Maabetoni, Maakostea betoni
 - 200-450 kg/m³ – kasutuses valdavalt kivikatete ääre ja valmiselementide sängitamise seguna

PC - POORNE BETOON (PERVIOUS CONCRETE)

- Tänavad, kohalikud teed, suure tee peenrad, parklad
 - 15-25% poore, 17 MPa (3,5-28)
 - 70-80% tavabetooni erikaalust
 - 2,5-50 m/h filtratsioon
 - Sobib kui aluspinnas laseb hästi vett läbi (kruusad-liivad)
 - 125-150 mm poorset betooni
 - 300 mm killustikalus (25 mm)
 - Veetaseme langus >13 mm/h
 - **Keskkonna seisukohalt võimalik, kui**
 - Ei ole tegemist kaitsmata põhjaveega alaga (karstid)
 - Ei ole "tõenäoliselt lekkivad sõidukid"
- = "porous concrete"; "no fines concrete"; "permeable concrete"



RCC – ROLLER COMPACTED CONCRETE

TEERULLIBETON ???

- Ilmselt seni kasutatud ka kuivsegu nime all
- Madala veesisaldusega betoon, paigaldatakse asfaldilaoturiga ca 20 cm kihina, tihendatakse vibrorulliga tunni jooksul betooni segamisest. Vajadusel paigaldada mitu kihti.
- Kuni kiiruseni 50 km/h võib jätta katmata, kuid pind ei ole tasane - tasasuse saavutamiseks, ka suuremate kiiruste korral, katta asfaldiga
- Enamlevinud suurte koormustega aladel (tööstus ja laoplatsid, sadamaterminalid) kus kiirused ei ole suured ja koormused (nii staatilised kui dünaamilised) on suuremad kui teedel/tänavatel
- Pole vaja vorme ja armeerimist. Vuukide saagimine pole alati vajalik – kui, siis harvem (12h jooksul paigaldusest 1/3-1/4 kihipaksuse ulatuses).



- RCC ei ole „madala tugevusega“ - 17-20 Mpa 2-4 päevaga, lõplik 28-41 MPa
 - Paigalduspaksuses 10-25% varu tihendamiseks, kiht 15-25 cm
 - Müra madalam, negatiivne tekstuur
 - Peenosist võib eralduda 2-4 aasta jooksul – võimalik teemantlihvimise teel pinda tasandada või katta asfaldiga (kui kiirused suuremad)
- Efekt:
 - Madalam tsemendisisaldus, väiksem mahukahane mine, vähem pragusid
 - Madalamad kulud paigaldusele, kiirem ehitus
 - Rasketes ilmastikutingimustes eluiga 40+ aastat /kontrollitud/

- Plussid

- Piisav kandevõime kergemale liiklusele tunni jooksul
- Paigaldus 10...25 cm kiht
- Hele pind peegeldab
- Külmakindlus ka lisanditeta
- Hinnavõit 25-30% võrreldes tavabetooniga

- Miinused

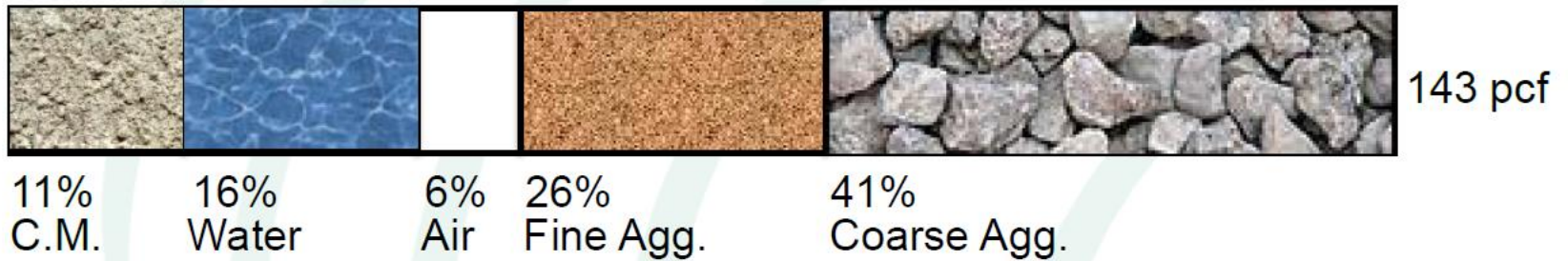
- Vajalik pinnatöötlus (teemantlihvimine) või asfaldist ülekate kiirustel üle 45-50 km/h
- Betooniveeki täiteaste madalam (materjal on jäigem, ei suuda segada)
- Naaberpaanid tuleb paigaldada tunni jooksul et tagada head naket
- Katte servade tihendamine raskem (30-60 cm äärest tihendatakse koos naaberpaaniga)
- Lisandite doseerimine

TAVALINE KASUTUS

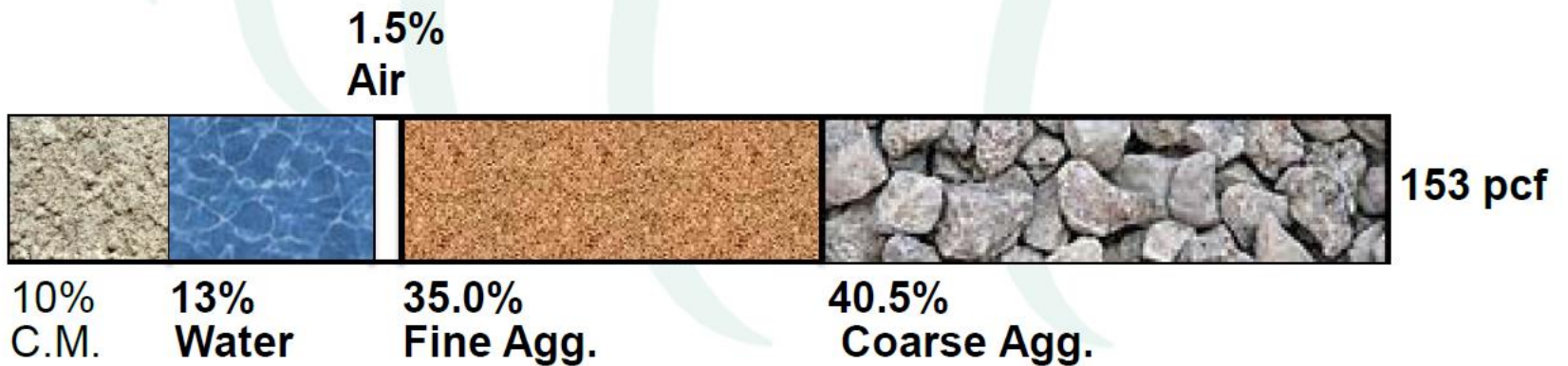
- Sadamad, rasketööstus
- Tööstuse veoteed
- Kergem tööstusala (suured ühtlased platsid)
- Lennuväljad
- Kohalikud tänavad (liiklusele avamine 24 h paigaldusest)
- Peatänavad
- Peenrad; tee laiendamine
- Alus ülekatele
- RCC ülekate (3...7 cm) vajalik vaid suurematele kiirustele; paigaldada kohe peale tihendamist
- Betoonkate RCC alusel vajab vahekihti mis lubab kihtide liikumist
- RCC kvaliteedi hindamine
 - Vebe-test (segukoonuse vajumiskiirus vibrolaual)
 - Troxler = Geiger-Mülleri detektor

KOOSTIS

Conventional PCC

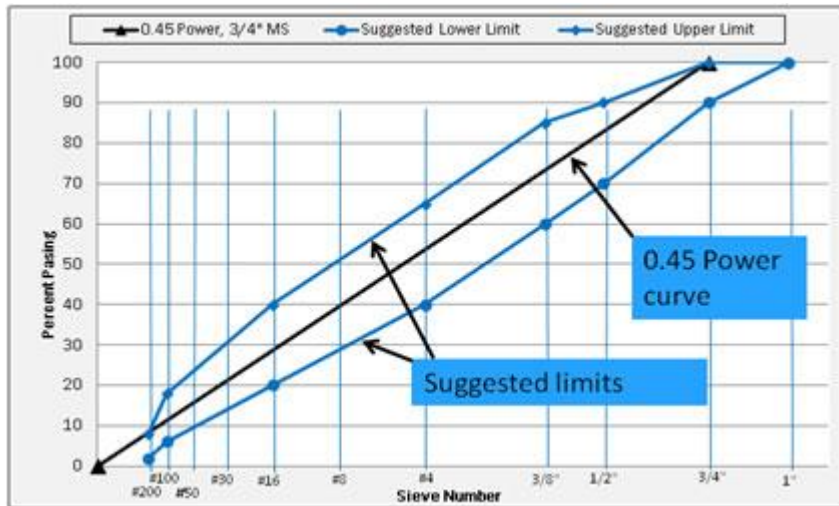


Roller-Compacted Concrete

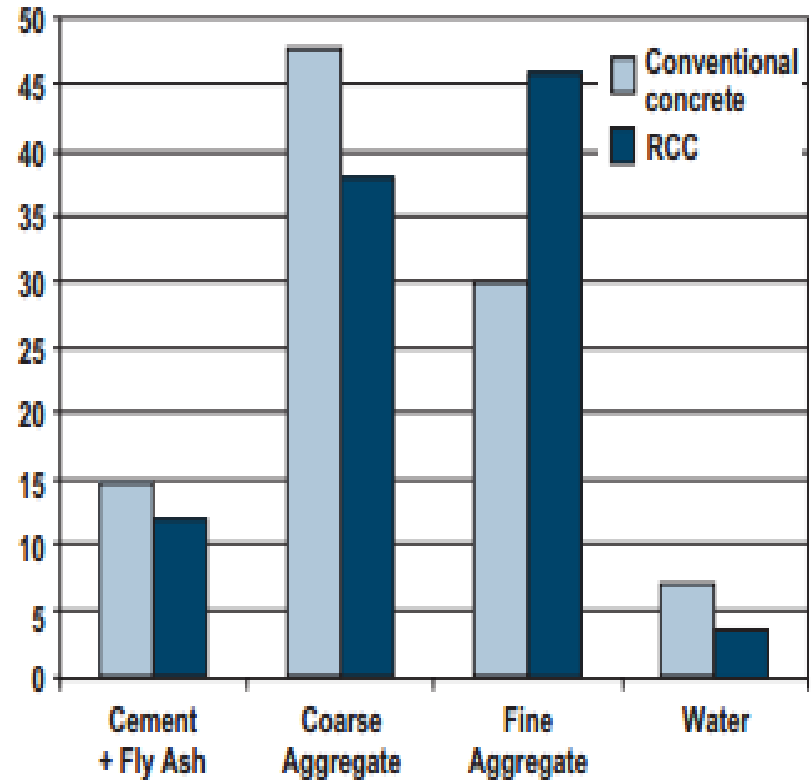


KOOSTISEST

- Täitematerjal
 - Mineraalne kuni 85% mahust
 - Peenosid 2-8%, max D 19 mm
 - Poorsus – ca 1%



Percent Total Weight



PROJEKTEERIMINE

- Määrav on tõmbetugevus paindel
 - Raske koormus – RCC-PAVE; US Army Corps of Engineers - PCASE
 - Segaliiklus – AASHTO MEPDG
- Alus on vajalik
 - Ehitustehnika liikumiseks, sh betoonivedu
 - Laoturi liikumiseks (nõrgemad aluspinnased)
 - Külmakindluse tagamiseks, kõrge veetase

KOKKUVÕTE

- Vedel täitesegu perspektiivne linnatingimustes kaeviste taastäiteks – katendi alla jääva osa jaoks
- Porne betoon – võimalus soodsatel tingimustel settebasseinidest loobumiseks sõiduautoparklate rajamisel (kaubanduskeskused...)
- Teerullibetoon – mõistlik alternatiiv suure koormusega aladel (logistika, sadamad, tööstus) – aga ka staatilise koormusega ristmike lähialadel, ühissõidukiradadel ja -peatustes roopakindla aluse ehitamiseks

TÄNAN TÄHELEPANU EEST

KÜSIMUSED...

ain.kendra@ramboll.ee

5171055

RAMBOLL



MADALA SURVETUGEVUSEGA BETOON
11.11.2014