



Kuitubetonilattiat

29.05.2024

Ismo Tirkkonen, Suomen TPP Oy



Standardit ja ohjeet

- SFS-EN 14889-1 ja -2 (teräs- ja polymeerikuidut)
- SFS-EN 14651 (testausmenetelmä lattiakuiduille, palkkikoe)
- CE-merkintä tuli pakolliseksi 1.7.2013. Aikaisemmin tarvittiin by:n myöntämä Varmennettu käyttöselote
- by45 / BLY7 Betonilattiat 2023
- by56 Teräskuitubetonirakenteet 2011
- by66 Teräskuitubetonirakenteiden suunnitteluohje 2018
- By66a Kantavan teräskuitubetonirakenteen laadunvalvonta sekä työmaan toiminta ja valuohje 2021
- BLY13 Polymeerikuidut betonissa 2012

Teräskuitutyypit

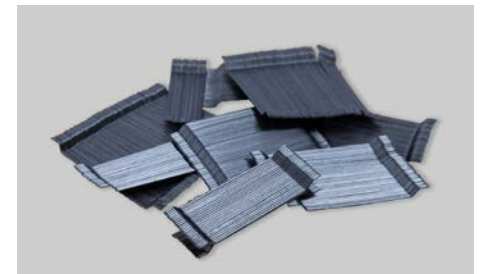
Teräskuidut

- Lattiakuidut (50-60 mm)
- Lanka 0,55-1,05 mm
- Irtokuidut / Liimakampakuidut
- Koukkupäiset / Talttapäiset / Kierteiset
- Suorat / Aaltomaiset, Langat / Levyt



Meidän kuidut

- LHO50/50
 - irtokuitu maanvaraisiin laattoihin
- CHO 80/60
 - liimakampakuitu maanvaraisiin laattoihin ja kevyesti kuormitettuihin paalulaattoihin



Kuituvertailu, Lattiakuidut

- Peruskuitujen vertailu
- Kuitu: CHO 80/60 LHO 50/50
- Tyyppi koukkupäinen liimakampakuitu koukkupäinen irtokuitu
- Vetolujuus 1200 N/mm² 1200 N/mm²
- Pituus/paksuus 60 mm / 0,75 mm 50 mm / 1,0 mm
- Hoikkuusluku 80 50
- kpl/kg 4650 3100
- m/kg 288 162
- Suos. minimiannostelu:
 - 25 kg/m³ 30 kg/m³
- Nyrkkisääntönä, kun pistekuormat ovat määräävänä tekijänä, niin vastaavat annostelut esimerkiksi:
 - 30 kg/m³ 35-40 kg/m³

Lattiakuidut

Käyttökohteita

- - maavaraiset lattiat
 - - paalulaatat
 - - pintabetonivalut
 - - kelluvat lattiat
-
- Tyypillisiä kohteita maanvaraisille laatoille: logistiikkakeskukset, teollisuuslattiat, pysäköintihallit, kauppakeskukset yms.
 - Tyypillisiä kohteita paalulaatoille: kantavat alapohjat, tien pohjat yms.
 - Tyypillisiä kohteita pintabetonivaluille: asuinrakennukset, toimistot, pienvarastot yms.
 - Tyypillisiä kohteita kelluville lattioille: asuinrakennukset, toimistot, oppilaitokset, liikuntatilat

Lattiakuidut

Miksi käyttää kuituja?

- Aikasäästö jopa viikkoja suurissa kohteissa
- - ei aikaa vievää verkkojen asennusta
- - raudoitus aina oikeassa paikassa
- - valu usein mahdollista suoraan autosta, optimaalisella massalla (Laser Screed)

Taloudellinen säästö 10-30%

- - materiaali- ja työvoimakustannukset
- - Esim. 8#200 yp+ap 8 kg/m² vs. 35 kg/m³ => 5,25 kg/m², kun laatta 150 mm

Kuitubetonin mitoitus

- Maanvaraiset lattiat suunnitellaan yleensä eurokoodien seuraamusluokkaan 2, (CC2)
- Tavallisesti kuitubetonilaatat suunnitellaan pelkälle kuidulle, mutta kuituja ja tankorautoitusta voi myös käyttää yhdessä
- Rakennesuunnittelijan esittämät lisäteräkset tulevat rakenteeseen myös kuitubetonia käytettäessä
- Yleisesti voidaan todeta, ”Kuitu korvaa verkon”
- Eri kuitutoimittajien laskentaohjelmat saattavat poiketa hieman toisistaan, mutta kaikki ne perustuvat samoille periaatteille
- Kuormitusyhdistelyt ja kuormien osavarmuuskertoimet valitaan siten, että saavutetaan riittävä varmuus murtoa vastaan ja että käyttörajatilassa lattia täyttää sille asetetut vaatimukset muodonmuutosten ja halkeilun suhteen

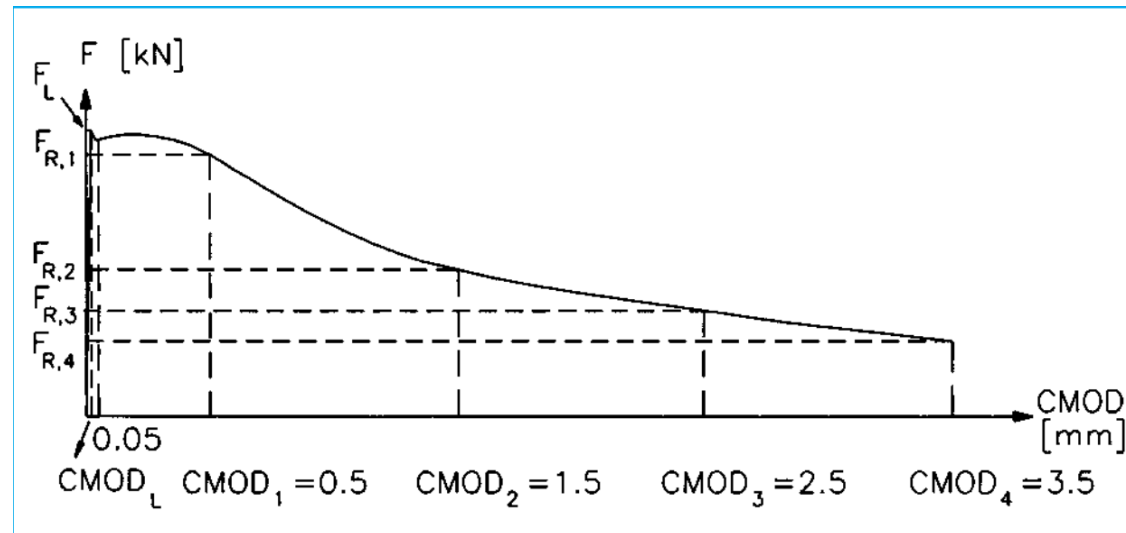
Lattiakuidut

- Sahasaumallisilla lattioilla tavoitteena on mahdollisimman pieni kitkakerroin laatan ja alustan välillä (päästetään laatta kutistumaan hallitusti)
- Ns. saumattomilla laatoilla tavoitteena on mahdollisimman suuri kitka, jotta halkeilu pysyisi mahdollisimman pienenä. Useita ”näkymättömiä” halkeamia tiheämmin, harvojen leveiden halkeamien sijaan => suositus mikrokuidun käyttöön plastisen vaiheen halkeilun vähentämiseksi

Kuitubetonin mitoitus

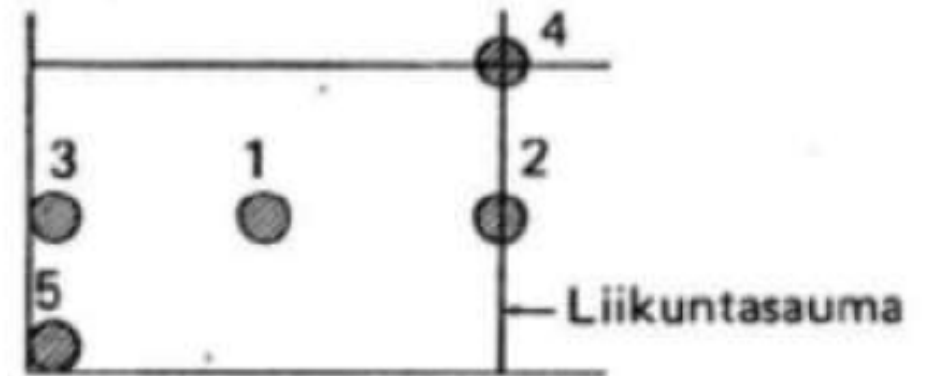
- Betoni yhdistyksen työryhmässä on laadittu eurooppalaisia esikuvia vastaava julkaisu by 66 *Teräskuitubetonirakenteiden suunnitteluohje*
- Näiden ohjeiden mukaan teräskuitubetoni mitoitusarvona käytetään palkkikokeella saatavaa taivutusvetolujuuden ns. jäännöslujuuden arvoa R
- Palkkikokeessa kuormitetun ja kokeessa käytetyn betoni/teräskuitulaadun ja määrän suunnitteluarvoiksi saadaan halkeamien leveyksiä 0,5 mm ja 2,5 mm vastaavien taivutusvetolujuuksien arvot $f_{R,1}$ ja $f_{R,3}$
- Tätä suunnitteluarvoyhdistelmää kuvataan esimerkiksi seuraavasti:
C30/37-R₁4,5/R₃4,0-b

$$f_{R,i} = \frac{3 F_{R,i} L}{2 b h_{sp}^2}$$



Kuitubetonilattian mitoitus

- Maanvarainen laatta mitoitetaan kuormien aiheuttamille leikkauksille, lävistyksille taivutuksille ja kutistumille
- Mikäli laatan kapasiteetti ei ole riittävä, pitää laatan paksuutta tai kuituannostusta lisätä, lisätä verkko- tai tankorautoitteita tai rajoittaa kuorman kohdistumista laatan alueella
- Yleensä ongelmat kohdistuvat rakennuksen nurkkiin ja reunoihin sekä pistekuormien kohdalla lävistykseen, eli liian pieniin aluslevyihin
- Meillä mitoitus perustuu TR 34 Ed. 4 suunnitteluohjeisiin huomioiden kansalliset ohjeet
- Puutteelliset lähtötiedot ja vakiot täydennetään muun ohjeistuksen ja kokemustiedon perusteella
- Mikäli mitoituksessa on jotakin huomioitavaa tai oletuksia, mainitaan se saateviestissä
- Myös hybridirakenne on mahdollinen



Kuitubetonilattian mitoitus

Tarvittavia lähtötietoja mitoitusta varten

Betonin lujuusluokka

Toivottu laatan paksuus

Tiedot alustasta:

- Laatan paksuus, eristekerros, kapillaarikerros yms (= rakennetyypit)
- tai levykuormituskokeen tulokset (ja tieto lämmöneristeestä)

Kuormitukset:

- Tasainen hyötykuorma
- Pistekuorma ja sen vaikutusala
- Ajoneuvokuormat
- Hyllykuormat ja hyllyjalkojen sijoittelu
- Jos kuormat eivät ole tiedossa, sovelletaan kuormia julkaisusta:
RIL 201-1-2008 Suunnitteluperusteet ja rakenteiden kuormat

Pohjakuva, liikunta- ja sahasaumojen hahmottelua varten

Suomen TPP Oy

KUITUMITOITUSLASKELMA

Asiakas: Malli Asiakas

Kohde: Kohteen tunniste. Älä riko pohjaa vaan tee kopio !!

Lähtötiedot C25/30 -R₁2,5/R₁3,5 -d

Kuitutyyppi LHO50/50X

Kuituannostus 30 kg/m³

Betoni C25/30

Kuivuminen 2 suuntaa

Kutistuma-arvo 0,53 mm/m

Laatta, h= 100 mm

Saumajako, l x p= 6 x 6 m x m

Saumaton Ei

Lisäteräksset

T - k

Alusta

Kerrokset	mm	E	Ev1	Ev2/Ev1
EPS 100	100	8 MN/m ²	Ev2	
Salaojasora	300	50 MN/m ²		
Tiivis sora		200 MN/m ²	Kitka	1
Normaali maa		100 MN/m ²	Lämpötila	Ei vaikutusta

Kuormat Kuormaluokka: A Asuin- ja majoitustilat

Kuorman siirtymä

Pysyväkuorma, q= 2 kN/m²Muuttuva kuorma, q= 2 kN/m²

Reuna 25 %

Nurkka 25 %

Pistekuorma, Q= 2 kN

Pistekuorma, F= kN

Kosketusalue, A= 100 mm²

Etäisyys, x= 150 mm

Viivakuorma, gv= 0 kN/m

Hyötykuorma, qv= 0 kN/m

Kuormat sallittu

Reuna Kyllä

Nurkka Kyllä

Betoni

Y	1,5	varmuuskerroin	1,15
p		kg/m ³ betonin tiheys	f _{yd}
f _{ck}		Mpa Puristuslujuus, C	1100
f _{cm}		Mpa Keskilujuus, f _{ck} + 8	f _{yk}
f _{ctm}		Mpa vetolujuus	500
f _{ctd}		Mpa taivutusvetolujuus	
S	1667	mm ³	
E _{cm}	31476	MN/m ²	
E _{cur}			
φ	2		
θ	0,2	Poissonin kerroin	
fr1	2,92	myötölujuus fr1	
fr2	3,67	myötölujuus fr2	
fr3	3,78	myötölujuus fr3	
fr4	3,33	myötölujuus fr4	
CMOD	4,91		
Gr1	1,31		
Gr4	1,23		
h	100,00	mm laatan paksuus	
d	85,00	mm tehollinen paksuus	
A	36	mm ² saumavälin pinta-ala	
lx	6,000	m leveys	
ly	6,000	m syvyys	
μ	1,00	kitkakerroin	
k	35,09	MN/m ² Alustaluku	
P _{us}	2,40	MPa Pistekuorma	
P _{ud}	4,80	MPa Dual kuorma	
f _{cd}	16,67	MPa puristuksen mitoitusarvo	
k ₂	0,540	lujuuden pienennyskerroin	
U	0,23	kuormitussäde	
V _{max}	3,60	leikkausvoima	
Pr _{sf}		vastusvoima	
K1	2,00		
V _{rd,c}	0,49		
V _f	0,19		

Lattiakuidut

Paalulaatat

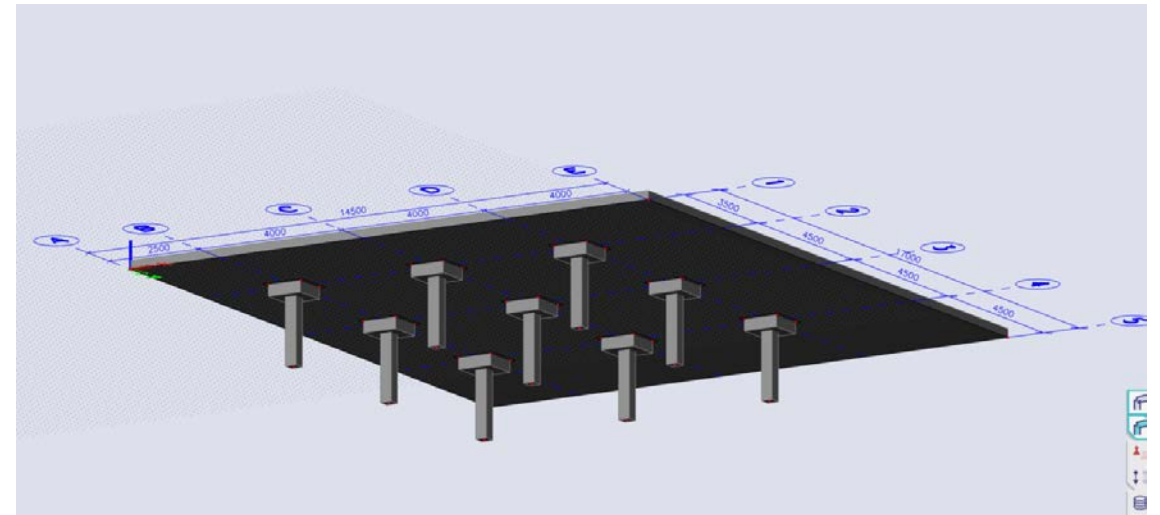
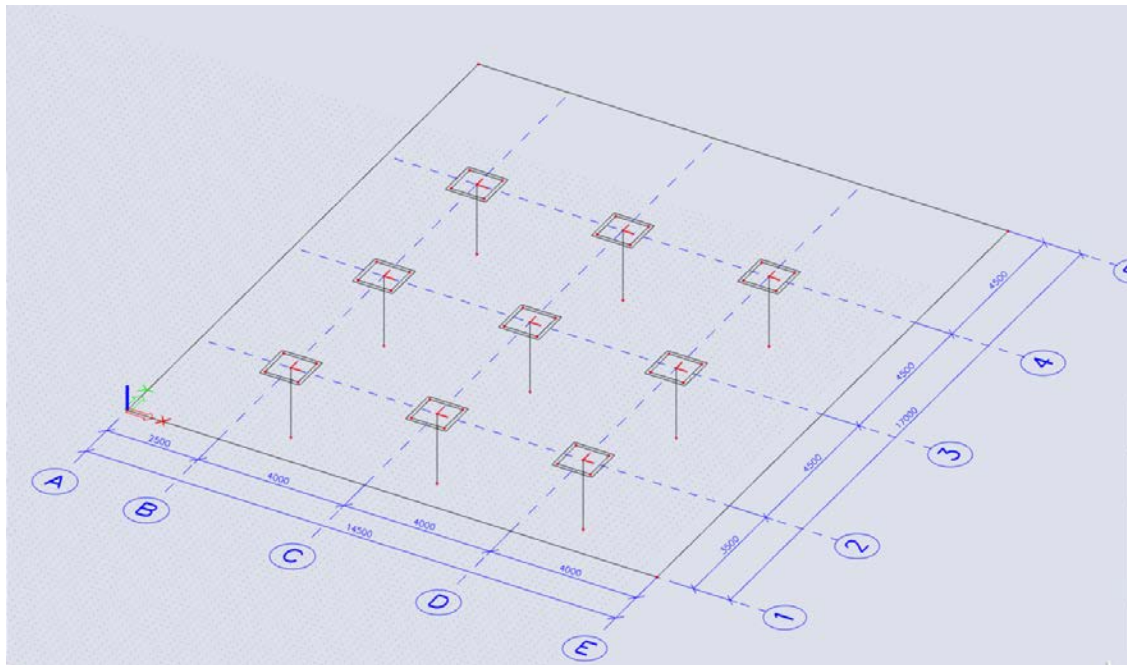
- Hyötynä suuri aikasäästö
- Vaatii tarkemmat laskelmat
- (Yleensä) kaistaraudoitus paalujen välillä ja tarvittaessa yläpuolinen verkko vahvistuksena
- Tyypillisesti paaluväli 3-4 m
- Laatan paksuus >180 mm (200-400 mm)
- Liikuntasaumat max. 40 m
- Kuitumäärä min. 35 kg/m³ (40-50 kg/m³)
- Paalulaattalattioissa käytetään yleensä suuremman vetolujuuden kuituja, jopa >2000 MPa. Se asettaa vaatimuksia myös betonille
- Materiaalisäästö perinteiseen tapaan verrattuna jopa 30-40%

Kantavat kuitubetonirakenteet

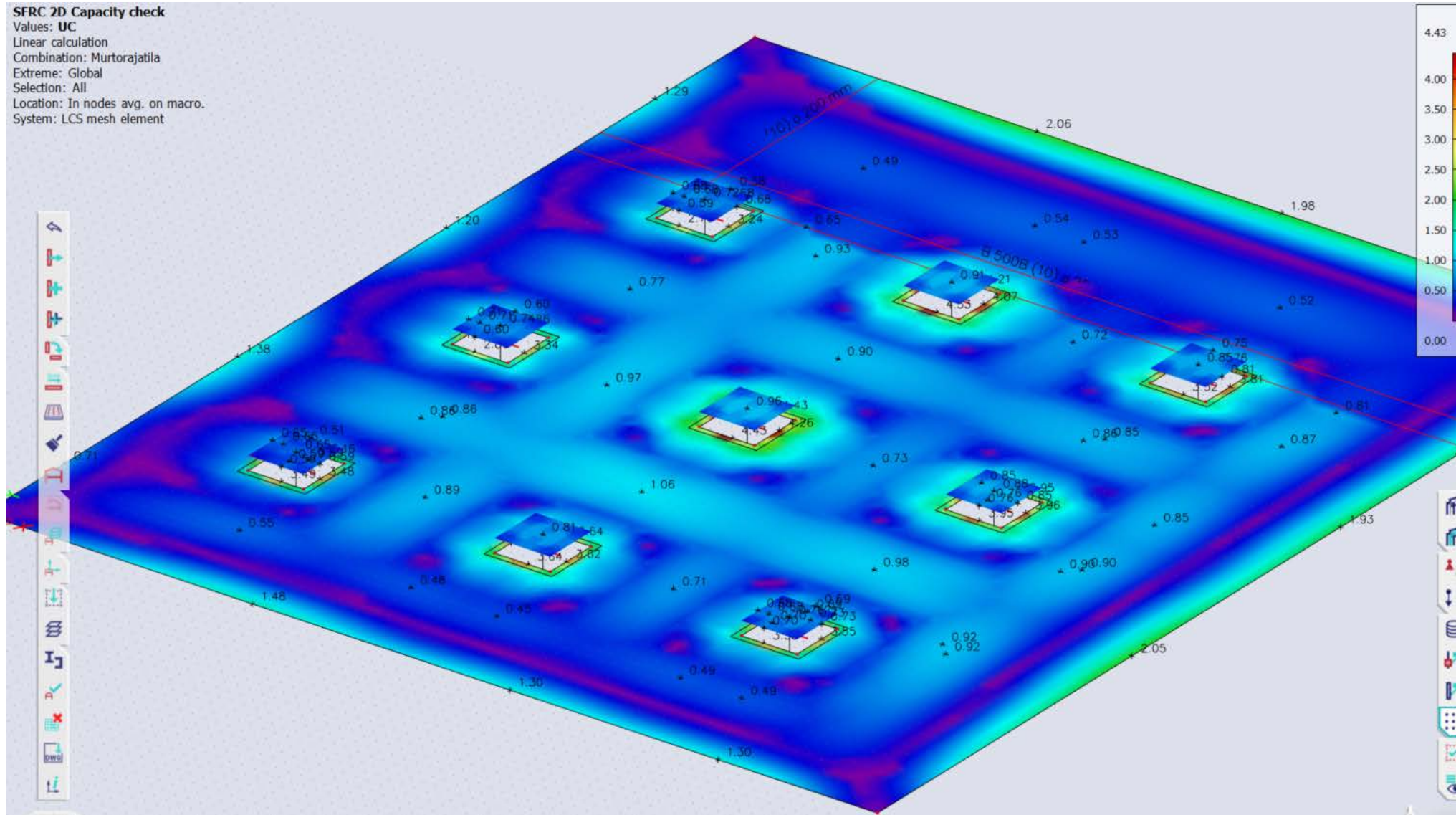
- Betoniyhdistyksen ohje, by 66 Teräsbetonirakenteiden suunnitteluohje, määrittää periaatteet kantavien kuitubetonirakenteiden suunnittelulle
- Vaikka ohje ei rajaa kantavien rakenteiden käyttöä, on Suomessa toteutettu lähinnä rakennusten paalujen varaisia alapohjia sekä tien pohjien paalulaattoja
- Tiloja joiden alapuolella oleskellaan ei tietääkseni ole Suomessa toteutettu



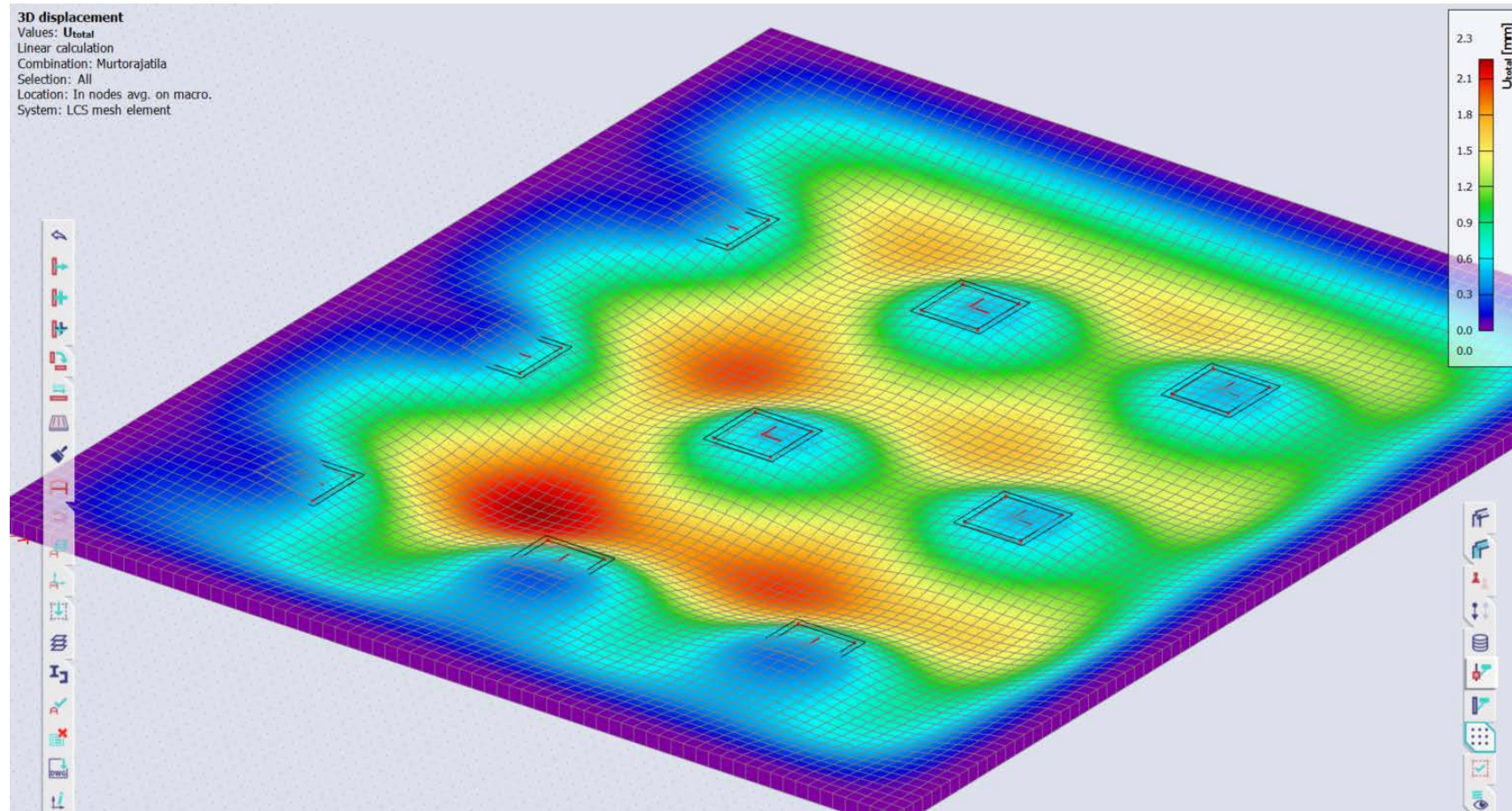
Paalulaatat, mallinnus



Paalulaatat, laskentaa



Paalulaatat, laskentaa



Kuitujen vaikutus betoniin

- Kuidut, riippumatta kuitutyypistä, eivät muuta betonin ominaisuuksia notkeutta lukuun ottamatta
- Kun kuituannostus nousee korkeaksi, ja kuitujen osuus betonin tilavuudesta kasvaa, vaikuttaa se betonin notkeuteen heikentävästi. Tämä on yleisesti tunnettu asia ja betonin toimittajat lisäävät usein kuitubetoniin automaattisesti ns. kuitunotkistuksen, mikä vastaa noin yhden notkeusluokan muutosta
- Kuitubetonin käsittelyyn soveltuvat kaikki samat menetelmät, kuin perusbetonin käsittelyynkin. Myös jälkihoito ja betonin suojaus tapahtuu, kuten perusbetonin kanssa

Kuitubetonin laadunvalvonta

- by66a sisältää ohjeita kuitubetonin valmistamiseen, kuitubetonin laadun varmistamiseen, tarkastukseen työmaalla sekä valun toteutukseen työmaalla
- Teräskuitubetonirakenteiden työmaatoteutus ei olennaisesti poikkea tavallisen betonirakenteen toteutuksesta
- Kuitubetoniin liittyy kuitenkin joitakin erityisominaisuuksia, jotka on huomioitava laadunvalvonnassa
- Toimenpiteet koskevat lähinnä betonin toimittajaa, mutta aloituskokouksessa on syytä yhdessä määrittää, missä määrin laadunvalvontatoimenpiteitä toteutetaan kussakin kohteessa
- Työmaan näkökulmasta on vähintäänkin varmistettava vastaanotettavan kuorman sisältävän kuituja ja että kuormakirjan merkinnät vastaavat tilattua betonilaatua



Polymeerikuidut betonissa

29.05.2024.2023

Ismo Tirkkonen, Suomen TPP Oy



Muovikuitutyypit

Polymeerikuidut

- Mikrokuitu (ei rakenteellista lujuutta)
 - 6 mm – 30 mm
 - 30 µm – 40 µm
- Makrokuitu (rakenteelliseen lujitukseen)
 - 35 mm - 60 mm
 - 0,5 mm – 1 mm



Meidän kuidut

- PM0634 ja PM1234, palosuojaukseen ja plastista kutistumaa vastaan
- S_Makro54 ja FortaFerro, betonin rakenteelliseen lujitukseen eri kohteissa

Mikrokuidut

- Ominaisuudet
 - - pituus 5-30 mm / paksuus 15-40µm
 - - polypropeeni, nailon, lasi
 - - vetolujuus noin 30 Mpa
 - - kimmokerroin noin 2000 Mpa
 - - sulamispiste noin 160 Celsius
 - - alkaliresistenttejä
- Käyttökohteet
 - - tiiveys, iskun- ja kulutuskestävyys
 - - plastisen vaiheen halkeilu, palonsuoja
- Suunnitteluohjeet
 - - 0,6-1,0 kg/m³ plastisen vaiheen hallinta
 - - 1,5-2,0 kg/m³ palotilanteen lohkeilun hallinta



EI RAKENTEELLISEEN LUJITTAMISEEN

Makrokuitu

- Rakenteelliseen käyttöön tarkoitettu polymeerikuitu
- Kierteitetty, aallotettu, säikeinen
- Jäykkä, notkea
- Ominaisuudet
 - - vetolujuus n. 500 - 600 MPa
 - - kimmokerroin 4700 MPa
 - - sulamispiste 160 Celsius
 - - pituus 35-60 mm



Makrokuitu

Käyttökohteita

- pintabetonivalut
- maavaraiset lattiat
- ulkotiloissa olevat kohteet (ei ruostumisongelmaa)
- ruiskubetonointi
- betoniset pihakivet ja laatat
- leimabetoni
- betoniset jalkakäytävät
- betonielementit (kaivonrenkaat, säiliöt)
- maatalousrakennukset / eläinsuojat



Makrokuitu

Makrokuiduilla voidaan saavuttaa säästöä teräskuituihinkin verrattuna

- Nyrkkisääntö budjettivaiheessa
teräskuitu 25-35 kg/m³ =>
Makrokuitu 3,0-4,5 kg/m³





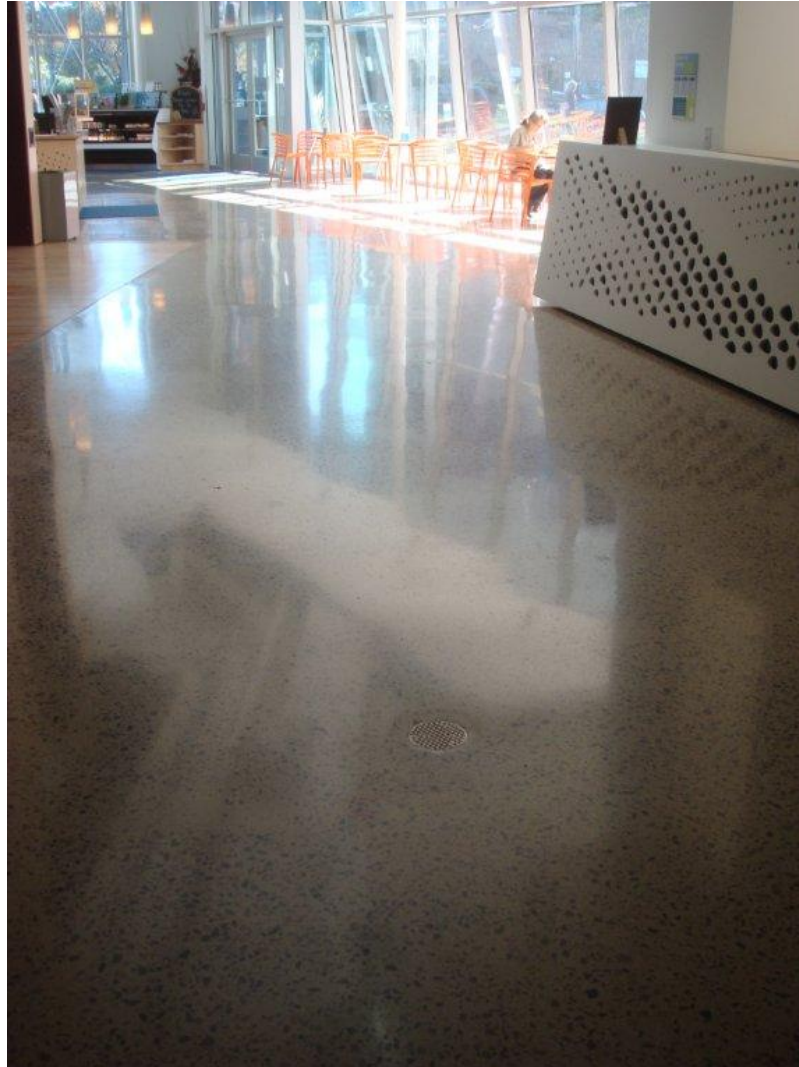
Esimerkkejä toteutetuista käyttökohteista

29.05.2024

Ismo Tirkkonen, Suomen TPP Oy



Saumaton laatta, 150 mm, museo Erie, USA FortaFerro 4,5 kg/m³, hiottu ja kiillotettu



PowerPark





Lentokenttä





Maatalouskohteita



Laakasiilo





Kiitos

