Luento Tampere-talo: 22.3.2012

Aaro Kohonen
FMC GROUP

Teräskuitubetonin käyttö

Teuvo Meriläinen DI

- **M**illoin keksitty
- **M**iksi kuituja
- **M**illaisia kuituja
- **M**iten toimii
- **M**iten mitoitetaan
- **M**iten valetaan
- **M**ihin soveltuu

Teräskuitubetonilattian suunnittelu ja valmistus

- **Teräskuitubetonirakenteet 2011– by 56**
  - Perustuu amerikkalaiseen standardiin ASTM C1018 - 97
  - Euroopassa ei ole Eurokoodi-tasoista suunnittelu-ohjetta kuitubetonista
- **Historiaa -> Kuitutyypit -> Virtuaalikuidun käsite**
- **Laatuvaatimusten merkintä**
- **Jäännöslujuuskerroin (R-luku)**
- **Pistekuormien vaikutus lattiaan**
- **Mitoitus- ja laskentaperiaatteet**
- **Liittymät ja saumojen vahvistus**
- **Laskentaesimerkki kuitumitoituksesta**
- **Kantavat paalulaatat teräskuitubetonista**
- **Käyttösovelluksia**

- **Betonin historiaa**:
  - Vanhin tunnettu betonilattia on 7600 v sitten tehty metsästäjän majan lattia: vettä + soraa + kalkin seosta (Jugoslaviassa).
  - Egyptiläisten kuvaus betonin valmistuksesta 4500 v takaa.
  - Roomalaiset käyttivät vulkaanista luonnonsementtiä betonin valmistukseen kivimuurauksissa sekä kylpylä- ja amfiteattereissa
  - Pantheonin temppelin kupolin valumuurirakenne n 100-luvulla.
  - 1100-luvulla Salzburgissa patsaan jalustassa käytettiin sementtiä
  - 1700-luvulta löytyy dokumentointeja betonin käytöstä
  - Varsinaisena sementin keksijänä englantilainen Joseph Aspdini, joka v 1824 kehitti ja patentoi keinotekoisen sementin valmistus-menetelmän. Sai nimen Portland-sementti.
  - Raaka-aineseoksen polttaminen kiertouunissa -> betonin voittokulku nykyaikaan saakka.

- **Teräskuitubetonin historiaa**:
  - Betonin vetolujuus tunnetusti paljon pienempi kuin puristuslujuus, vain noin 1/10 –osa puristuslujuudesta.
  - Vetojännitys otetaan raudoituksella. Vetolujuuden ylittyminen voi johtua esim. estetystä kutistumasta ja / tai lämpötilaeroista tai ulkoisten kuormien aiheuttamasta jännitystilasta.
  - Keksijöitä kiehtonut pitkään ajatus korvata tavanomainen raudoitus kokonaan betonimassaan sekoitettavilla ainesosilla eli kuiduilla.
  - Hauraita materiaaleja, kuten savitiiltä on vahvistettu tuhansia vuosia sitten oljilla ja eläinten karvoilla.
  - Teräskuitujen kehitys alkoi Kaliforniassa 1870-luvulla patentilla.
  - Kehitys jatkui Ranskassa 1920-luvulla: teräksestä, puusta tai muusta materiaalista valmistettu kuitu (patentti).
  - Kutubetonin käyttö alkoi yleistyä vasta laajasti 1970-luvulla.

Teräskuitubetonin kehitys

Historical review

The ancient Egyptians used already a technology consisting in reinforcing brittle clay by adding fibrous materials like straw or animal hair:

Objectives:

- suppression and bridging of cracks in the material
- avoidance of a total loss of the bearing capacities after first cracking (brittle fracture) by forcing a ductile behaviour

Teräskuitubetonin käyttö

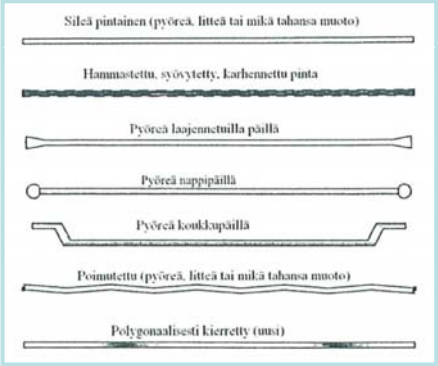
- **Lattioissa laatuluokkamerkintä, esim. B-2-40-T**
  - Tasaisuus, kulutuskestävyys, lujuusluokka, työnjohdon pätevyys
- **Lattioiden rasitusluokat: XC2...4, XD1...3, XF1...2, XA**
  - Karbonatisoituminen, kloridit, pakkasrasitus, kemiallinen rasitus
- **Ei kantavien betonilattioiden perustyypit**
  - Maanvaraiset lattiat (h $\geq$ 100 mm, kuitumäärä 20…50 kg / bet.m^3)
  - Pintabetonilattiat (h $\geq$ 40 mm)
  - Kelluvat lattiat (h $\geq$ 80 mm)
- **Teräskuitubetoniset paalulaatat (kantava rakenne)**
  - Paalulaatat (h $\geq$ 200 mm, kuitumäärä 40…50 kg / bet.m^3)
  - Raudoitus voidaan korvata joko osittain tai kokonaan teräskuiduilla
- **Ruiskubetonikohteet**
  - Lyhyt kuitu, kalliopinnat

Teräskuitubetonirakenteet 2011 - by 56

Teräskuitubetonista valmistettavien maanvaraisten laattojen ja paalulaattojen suunnitteluohje

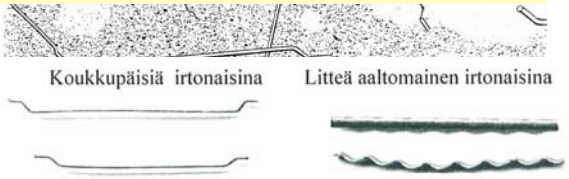
***Betoniyhdistyksen työryhmä*:** puh.joht. Klaus Söderlund, Erno Huttunen, Arto Hyvärinen, Pentti Lumme, Martti Matsinen, Teuvo Meriläinen, Pekka Mielonen, Seppo Petrow, Veli-Pekka Rydenfelt, Matti Salonen, Harri Sara, Kari Tolonen, Mikko Vasama, siht. Petri Manninen

Teräskuitubetonin ominaisuudet

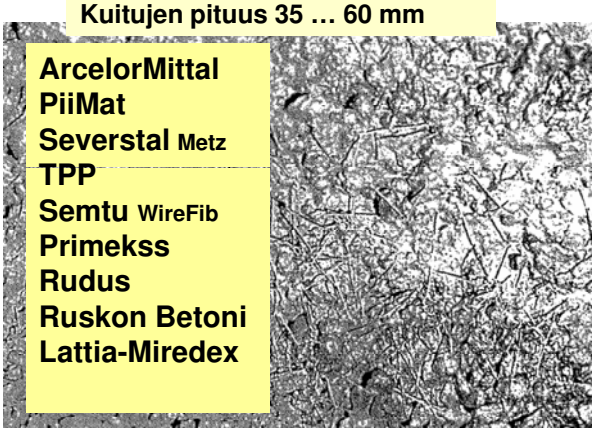


Kuitujen pituus 35 … 60 mm

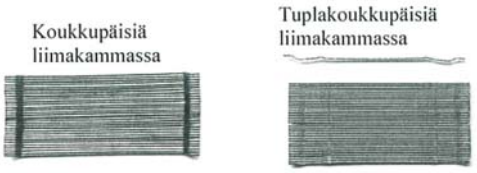
- **Suomessa yleisiä kuitutyyppejä**
- **Muotoilu parantaa tartuntaa**
- **Irtonaisina tai liimakampoina**



Vetomurtolujuus 1100…1300 N/mm^2



ArcelorMittal
PiiMat
Severstal Metz
TPP
Semtu WireFib
Primekss
Rudus
Ruskon Betoni
Lattia-Miredex

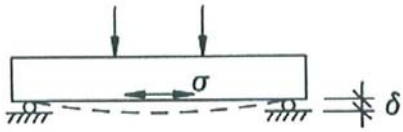


Kuidun hoikkuusluku = pituuden ja ekvivalentin paksuuden suhde, esim. 80/60 (pituus 60 mm, paksuus 60/80 = 0,75 mm)

Kuitujen oltava CE-merkittyjä

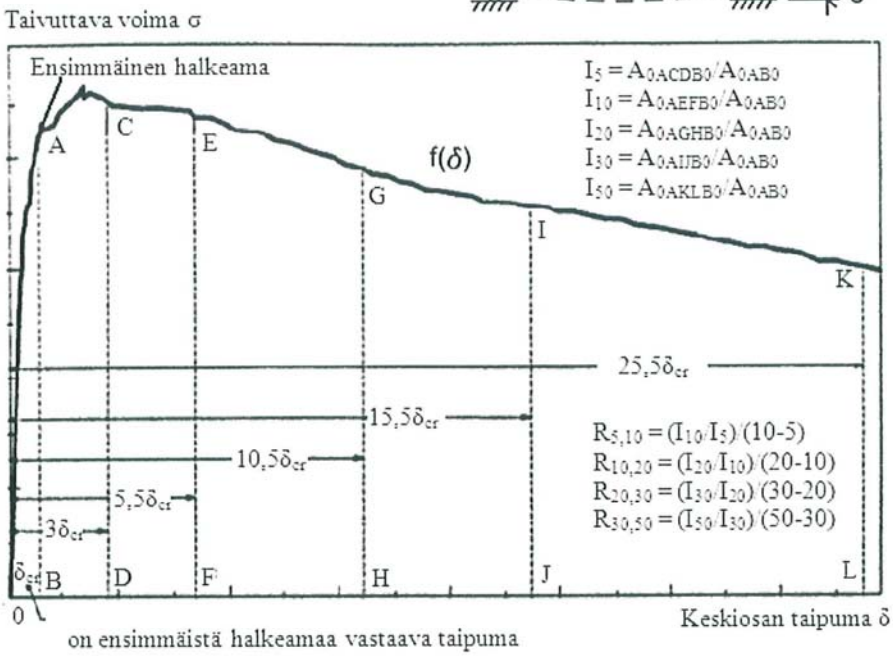
Teräskuitubetonin käyttäytyminen taivutusvetokokeessa

Virtuaalikuitu, 10…20 %:n tarkkuus
- Kehitetty v 2009 parhaista kuiduista
- Mitoitus varmalla puolella



Maanv.
$R_{10,20}$

Paalul.
$R_{20,50}$



Teräskuitubetonilattian suunnittelu

Virtuaalikuidun kertoimet

$$R_{10,20}(\rho_k) = 1{,}32\frac{m^3}{kg}\rho_k + 24{,}4 \quad , \rho_k \geq 25\frac{kg}{m^3}$$

$$R_{20,50}(\rho_k) = 1{,}27\frac{m^3}{kg}\rho_k + 20{,}7 \quad , \rho_k \geq 25\frac{kg}{m^3}$$

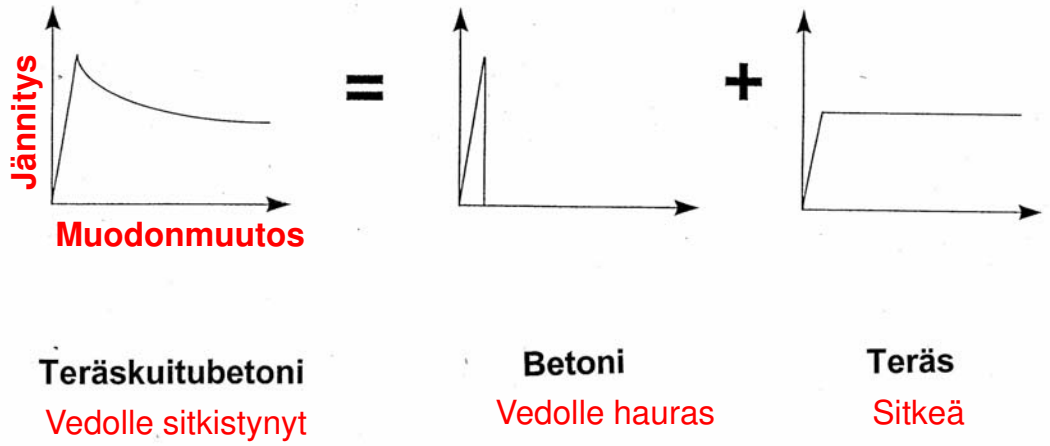
Jäännöslujuuskertoimet

Taulukko 3.2.1: Virtuaalikuidun jäännöslujuuskertoimet $R_{10,20}$ ja $R_{20,50}$ eri kuitumäärittäin.

Kuitumäärä ρ_k [kg/m^3]	Jäännöslujuuskerroin $R_{10,20}$ (maanvaraisille laatoille)	Jäännöslujuuskerroin $R_{20,50}$ (paalulaatoille)
25	57	52
30	64	58
35	70	65
40	77	71
45	83	77
50	90	84

Teräskuitubetonin murtumismalli

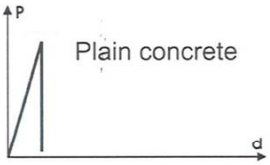
Pystyakselilla jännitys – vaaka-akselilla muodonmuutos

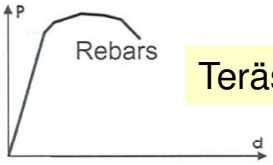


Teräskuidut kasvattavat betonin sitkeyttä lisäämällä vetolujuutta halkeamisen jälkeen. Rakenne ei murru äkillisesti ensimmäisen halkeaman avauduttua.

Kuitubetonin ominaisuuksia

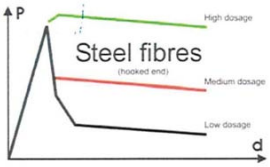
Raudoittamaton betoni

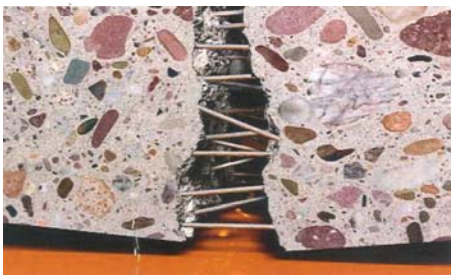




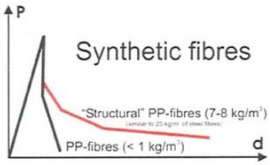
Teräsbetoni

Teräskuitu

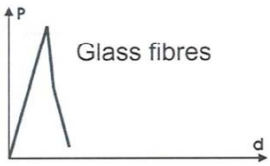




Muovikuitu (mikro-/makrosynt.) Polypropyleeni



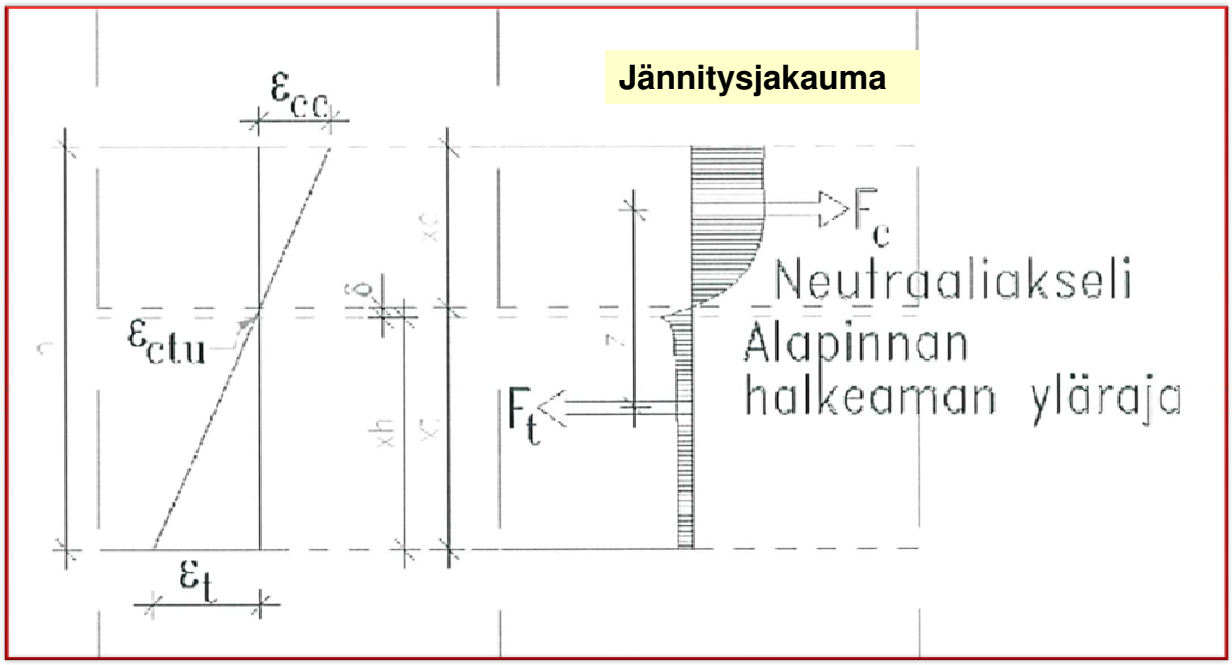
Lasikuitu



Jännitys-muodonmuutoskuviota eri raudoitustavoilla

Maanvaraisen teräskuitubetonilattian suunnittelu

Neutraaliakselin asema



Venymäpiirros **Voimatasapainoehto (puristus- / vetopinta)**

Maanvaraisen kuitubetonilattian suunnittelu

Taulukko 5.4.1: Perusmaan alustalukuja k_m [35, s. 43]

Perusmaa	Alustaluku k_m (MN/m^3)
Hiekka	10…30
Tiivis hiekka	30…80
Tiivis hiekkasora	80…150
Karkea sora	150…250
Tiivis sora	200…300

Alustaluvun käsite / merkitys

Alustaluku (MN/m^3) = Alustapaine (MN/m^2) / Painuma (m)

Alustaluku

$$k_{s,esim} = \left(\frac{0,1m}{8,5\frac{MN}{m^2}} + \frac{0,3}{150\frac{MN}{m^2}} + \frac{1}{100\frac{MN}{m^3}} \right)^{-1} = 42\frac{MN}{m^3}$$

0,0118 0,002 0,01

= 83 MN/m^3 ilman EPS:iä

EPS 100 mm

$0,1m$	on polystyreeni eristekerroksen (EPS) paksuus h_{ps}
$8,5\ MN/m^2$	on polystyreenin (EPS) kimmokerroin E_{ps}
$0,3m$	on sorakerroksen paksuus h_s
$150\ MN/m^2$	on soran kimmokerroin E_s
$100\ MN/m^3$	on perusmaan eli tässä tiiviin hiekka soran alustaluku

Brittiohjeen muk. 50 %:n virhe alustaluvun määrittelyssä aiheuttaa laatan mitoitukseen noin 5 %:n virheen.

Maanvaraisen kuitubetonilattian suunnittelu

Taivutusvetolujuuden laskenta-arvo

$$f_{bd}\left(R_{10,20} f_{ctk}\right) = f_{ctk}\left(0,0115 R_{10,20} + 0,478\right) \qquad (5.4.25)$$

jossa $R_{10,20}$ on jäännöslujuuskerroin $\in$ [0, 100] (voidaan käyttää virtuaalikuidun jäännöslujuuskerrointa kohdan 3.2. mukaan)

f_{ctk} on betonin ominaisvetolujuus (MPa)

Kutistumissaumattomissa tapauksissa, kun laatta oletetaan halkeilevan tasaisesti saumojen välissä, taivutusvetolujuuden laskenta-arvo saadaan kaavalla:

$$f_{bd}\left(R_{10,20}, f_{ctk}\right) = \frac{1,7 f_{ctk} R_{10,20}}{100} \qquad (5.4.26)$$

Maanvaraisen kuitubetonilattian suunnittelu

Maanvaraisessa laatassa annetaan helpotusta kuormien varmuuskertoimiin

Kuormitustapaukset jaetaan kahteen eri tapaukseen:

1. Suurimmalle muuttuvalle kuormalle käytetään osavarmuuskerrointa 1,3 ja pysyville kuormille osavarmuuskerrointa 1,0. Pakkovoimia ja niistä aiheutuvia vaikutuksia ei oteta huomioon.
2. Kaikille kuormille käytetään osavarmuuskerrointa 1,0, jolloin myös pakkovoimat ja niistä aiheutuvat vaikutukset on otettava huomioon.

Käytännössä kutistumissaumalliselle laatalle kuormitustapaus 1 on kriittisin, jos lämpötilagradientista ei aiheudu taivutusmomenttia, tai sen vaikutus on pieni.

Kuormitustapauksen 1 tulee täyttää mitoitusehto:

$$\frac{\sigma_{bd}}{f_{bd}} \leq 1 \qquad (5.4.28)$$

jossa σ_{bd} on pistekuorman ominaisarvon aiheuttama taivutusvetojännitys kriittisimmässä kohdassa (*MPa*)

f_{bd} on teräskuitubetonin taivutusvetolujuuden laskenta-arvo (*MPa*) (kohdan 5.4.4.1 mukaisesti)

Taivutusvetojännitys σ_{bd} saadaan teräskuitubetonilaatalle:

$$\sigma_{bd} = \frac{6M_d}{h^2} \qquad (5.5.29)$$

jossa M_d on kriittisin taivutusmomentti pistekuormasta tai pistekuormista (*Nm/m*)

h on laatan paksuus (*mm*)

Kuormitustapauksen 2 tulee täyttää mitoitusehto:

$$\frac{\sigma_{bd}}{f_{bd}} + \frac{\sigma_{td}}{f_{td}} \leq 1 \qquad (5.4.30)$$

jossa σ_{bd} on kuormien ja pakkovoimien aiheuttama kriittisin taivutusvetojännitys (*MPa*)

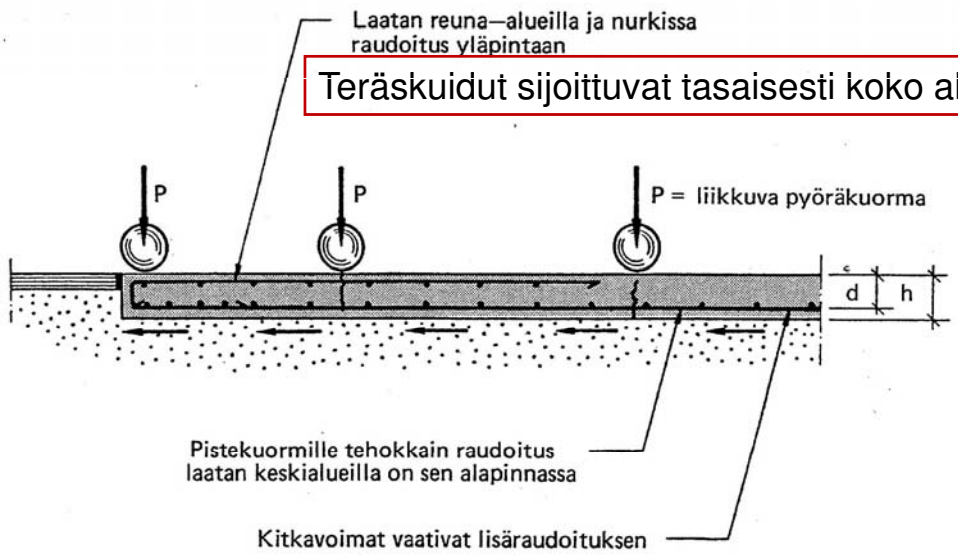
5.4.8. Laatan lävistys

Kriittisimpiä kohtia lävistykselle ovat pistekuormien kosketuspinnat laattaan. Halkeamien syntyminen poikkileikkauksessa on estettävä riittävällä laatan paksuudella ja kuitumäärällä. Mitoittavimmat tapaukset lävistykselle ovat hyllyjen jalkojen kosketuspinnat ja trukkikaistat.

Eurokoodien ja englantilaisen ohjeen mukaan lisäraudoittamattoman poikkileikkauksen lävistyskestävyys tarkistetaan kriittisen leikkauksen piiri etäisyydellä 2d kuormitusalueen reunasta. Laatan lävistyskestävyys lasketaan kaavalla [4, s. 41]:

$$v_{Rd,c} = C_{Rd,c}k(100\rho_l f_{ck})^{1/3} + k_1\sigma_{cp} + \tau_{fd} \geq 0.035k^{3/2} f_{ck}^{\ 1/2} \qquad (5.4.36)$$

Maanvaraisen kuitubetonilattian suunnittelu

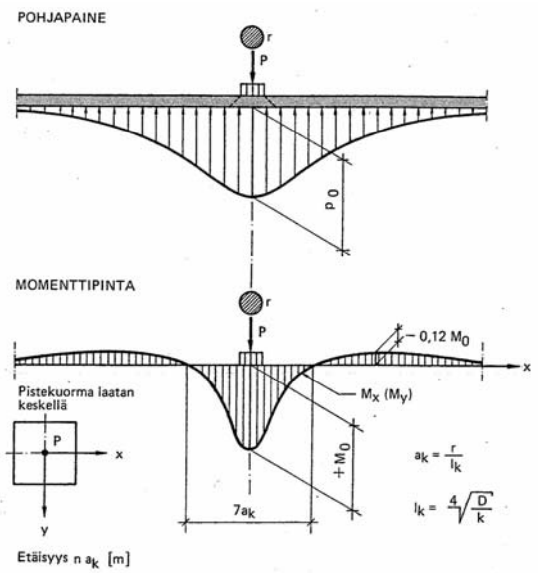


Teräskuidut sijoittuvat tasaisesti koko alalle

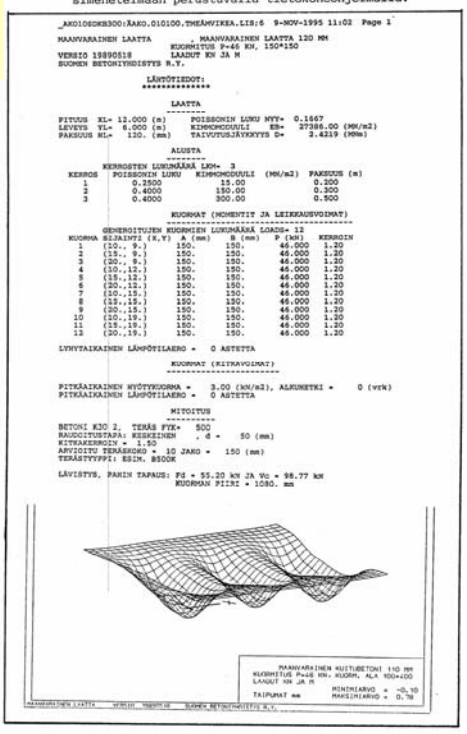
Maanvaraisen laatan halkeilun syntyminen liikkuvasta pyöräkuormasta. Teräskuitujen määrä, vetojännitysten hallinta, lisäteräkset

Maanvaraisen kuitubetonilattian suunnittelu

Pistekuorman vaikutus
Voimasuureiden ja muodonmuutosten laskenta



Kuva 6. Esimerkki maanvaraisen laatan laskennasta differenssimenetelmään perustuvalla tietokoneohjelmalla.



_AKO10SDKB300:AAKO.010100.TMEÄHVIKEA.LIS:6 9-NOV-1995 11:02 Page 1

MAANVARAINEN LAATTA , MAANVARAINEN LAATTA 120 MM
KUORMITUS P=46 KN, 150*150
VERSIO 19890518 LAADUT KN JA M
SUOMEN BETONIYHDISTYS R.Y.

LÄHTÖTIEDOT:
****

LAATTA

PITUUS XL= 12.000 (m) POISSONIN LUKU NYY= 0.1667
LEVEYS YL= 6.000 (m) KIMMOMODUULI EB= 27386.00 (MN/m2)
PAKSUUS HL= 120. (mm) TAIVUTUSJÄYKKYYS D= 2.4219 (MNm)

ALUSTA

KERROSTEN LUKUMÄÄRÄ LKM= 3

KERROS	POISSONIN LUKU	KIMMOMODUULI (MN/m2)	PAKSUUS (m)
1	0.2500	15.00	0.200
2	0.4000	150.00	0.300
3	0.4000	300.00	0.500

KUORMAT (MOMENTIT JA LEIKKAUSVOIMAT)

GENEROITUJEN KUORMIEN LUKUMÄÄRÄ LOADS= 12

KUORMA	SIJAINTI (X,Y)	A (mm)	B (mm)	P (kN)	KERROIN
1	(10., 9.)	150.	150.	46.000	1.20
2	(15., 9.)	150.	150.	46.000	1.20
3	(20., 9.)	150.	150.	46.000	1.20
4	(10.,12.)	150.	150.	46.000	1.20
5	(15.,12.)	150.	150.	46.000	1.20
6	(20.,12.)	150.	150.	46.000	1.20
7	(10.,15.)	150.	150.	46.000	1.20
8	(15.,15.)	150.	150.	46.000	1.20
9	(20.,15.)	150.	150.	46.000	1.20
10	(10.,19.)	150.	150.	46.000	1.20
11	(15.,19.)	150.	150.	46.000	1.20
12	(20.,19.)	150.	150.	46.000	1.20

LYHYTAIKAINEN LÄMPÖTILAERO = 0 ASTETTA

KUORMAT (KITKAVOIMAT)

PITKÄAIKAINEN NYÖTYKUORMA = 3.00 (kN/m2), ALKUKETKI = 0 (vrk)
PITKÄAIKAINEN LÄMPÖTILAERO = 0 ASTETTA

MITOITUS

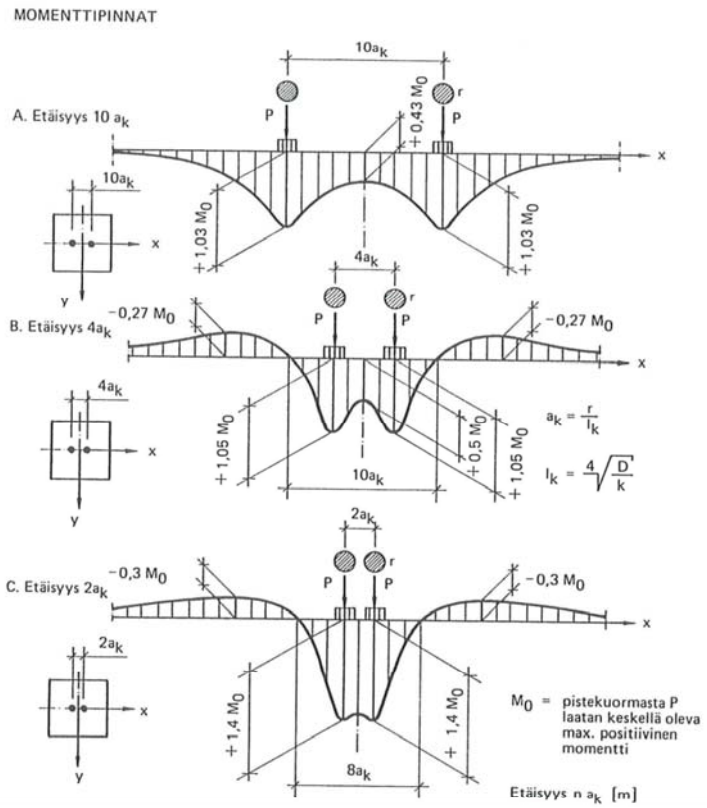
BETONI K30 2, TERÄS FYK= 500
RAUDOITUSTAPA: KESKEINEN , d = 50 (mm)
KITKAKERROIN = 1.50
ARVIOITU TERÄSKOKO = 10 JAKO = 150 (mm)
TERÄSTYYPPI: ESIM. B500K

LÄVISTYS, PAHIN TAPAUS: Fd = 55.20 kN JA Vc = 98.77 kN
KUORMAN PIIRI = 1080. mm

Maanvaraisen kuitubetonilattian suunnittelu

Pistekuormien lähekkäisyyden vaikutus momenttipintaan

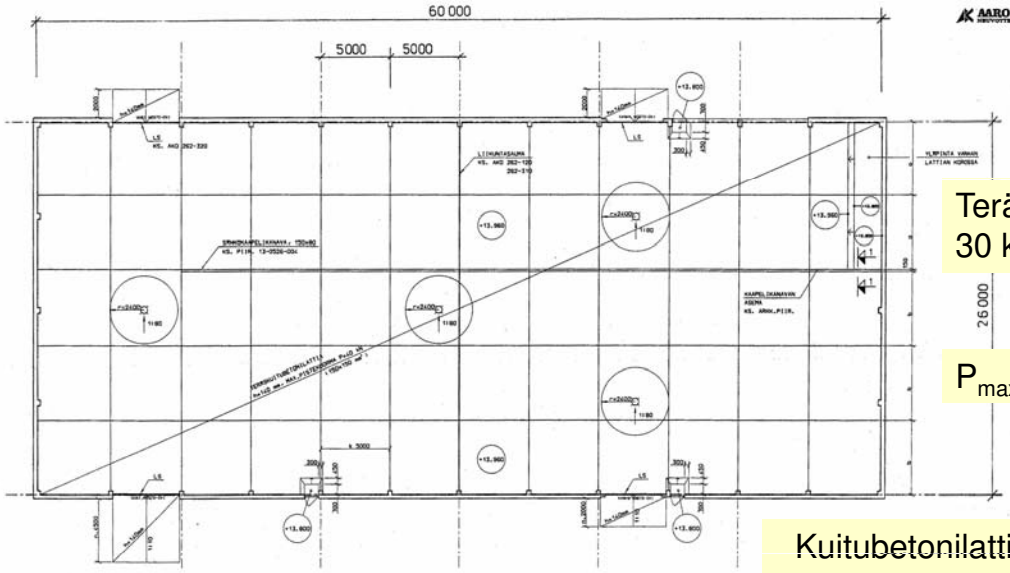
Pistekuormat lähes vierekkäin, kuten pyöräpari: Momentti n. 1,4-kertainen verrattuna yksittäiseen pistekuormaan.



Maanvaraisen teräskuitubetonilaatan alustava mitoitus

Käyttökohde	**Parkkihalli**			**Varastohalli**			**Var.halli** (kl II)		
Pistekuorma, kN	20			1,4 x 30			1,4 x 50		
Kuorm.ala, (mm*mm)	100 x 100			100 x 100			300 x 300		
Betonin lujuus	C25/30			C30/37			C35/45		
Alustaluku, MN/m³	45	61	102	45	61	102	45	61	102
Minimipaksuus kuitumäärällä	**Laatan paksuus (mm)**			**Laatan paksuus (mm)**			**Laatan paksuus (mm)**		
30 kg/m³	125	125	120	170	165	160	185	180	175
35 kg/m³	120	120	-	165	160	155	180	175	170
40 kg/m³	-	-	-	160	155	150	175	170	165

Maanvaraisen kuitubetonilattian suunnittelu



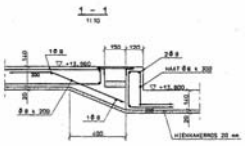
Teräskuitua
30 kg/bet m^3

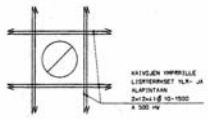
P_{max} = 40 kN

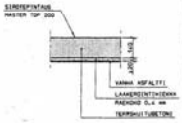
Kuitubetonilattia 140 mm

Lisäraudoitukset

Sahatut saumat 5*5 m







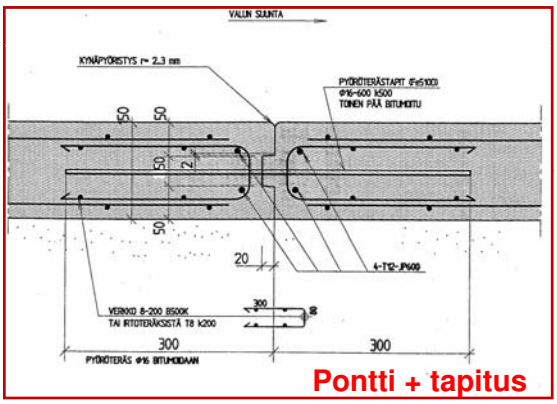
PAKSUUS: h = 140 mm

LAATULUOKKA B-2-30 (by45/BLY 7)
BETONI: K30-2, KÄYTETTÄVÄ NOTKISTINTA
TERÄSKUIDUT: DRAMIX ZG60/80 (tai vast.)
30 kg / betoni- m3
IRTOTERÄKSET: T= A500 HW
KUITUBETONIN VALMISTUS, KÄSITTELY, PINNAN HIERTO JA JÄLKIHOITO KUITU-TOIMITTAJAN DRAMIX-OHJEEN MUKAAN

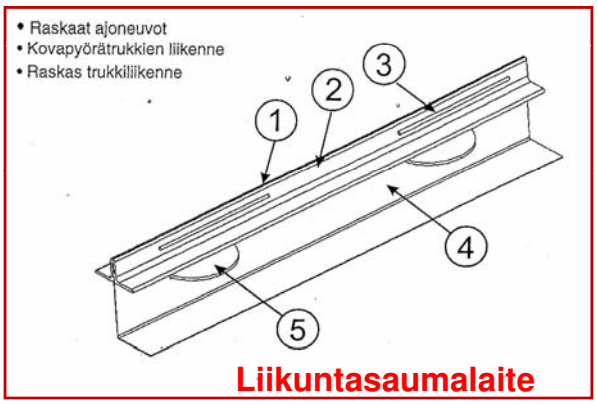
SAHAUS RUUTUIHIN HETI VALUN JÄLKEEN NIIN PIAN KUIN MAHDOLLISTA.

SIROTEPINTAUS: MASTER TOP200

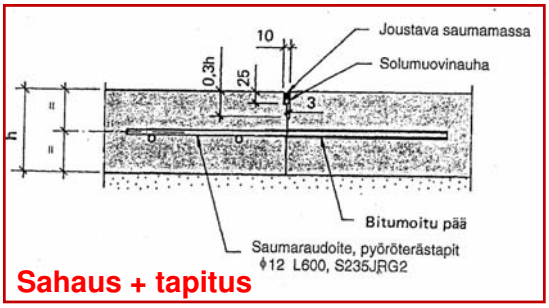
Maanvaraisen kuitubetonilattian saumadetaljit



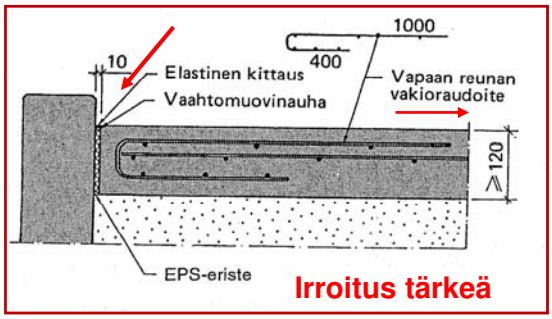
Pontti + tapitus



Liikuntasaumalaite

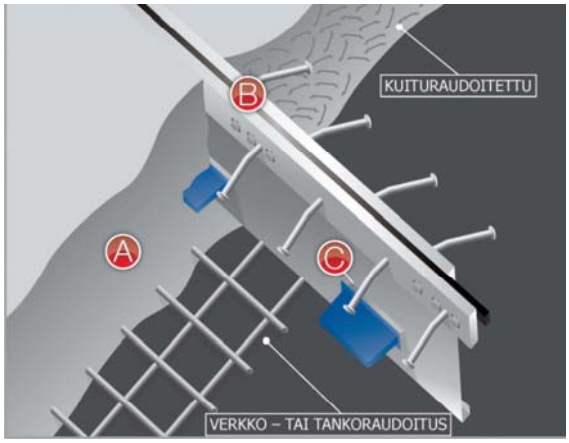


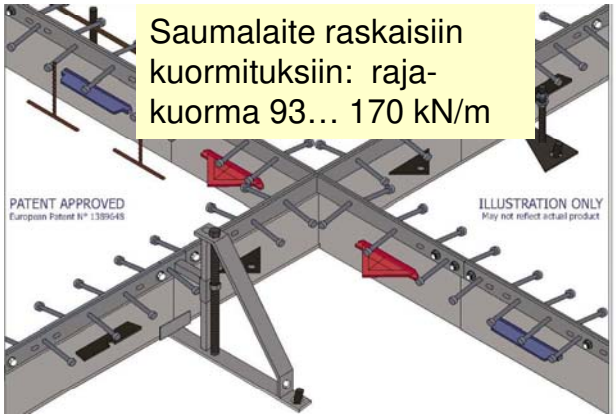
Sahaus + tapitus



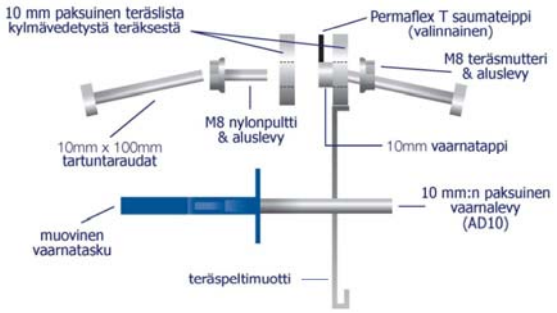
Irroitus tärkeä

Maanvaraisen kuitubetonilattian liikuntasaumalaitteet





Saumalaite raskaisiin kuormituksiin: raja-kuorma 93… 170 kN/m

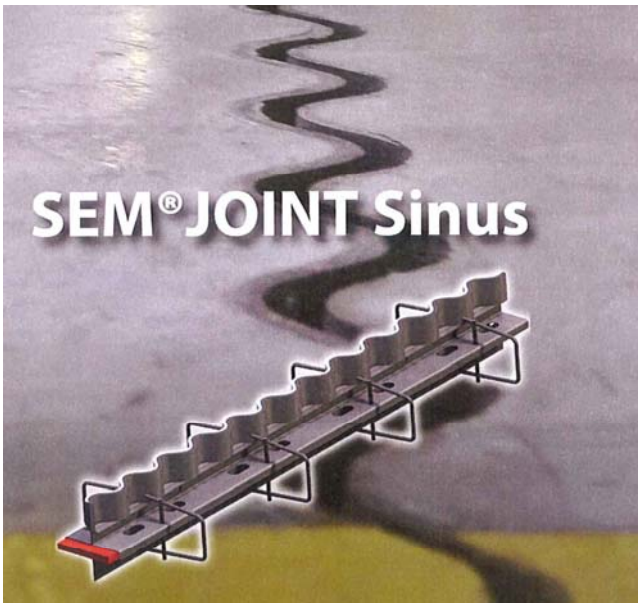


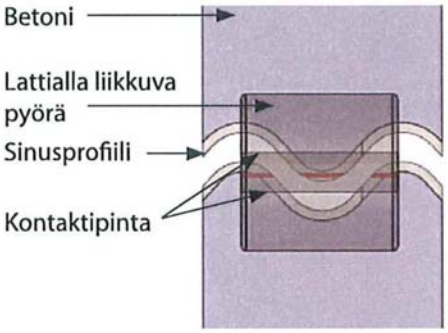
190 - 220mm	AD10 - 180
210 - 240mm	AD10 - 200
235 - 265mm	AD10 - 225
260 - 290mm	AD10 - 250
285 - 315mm	AD10 - 275
310 - 340mm	AD10 - 300

PiiMat Oy

www.permaban.com / www.piimat.fi

Maanvaraisen lattian järeät liikuntasaumalaitteet

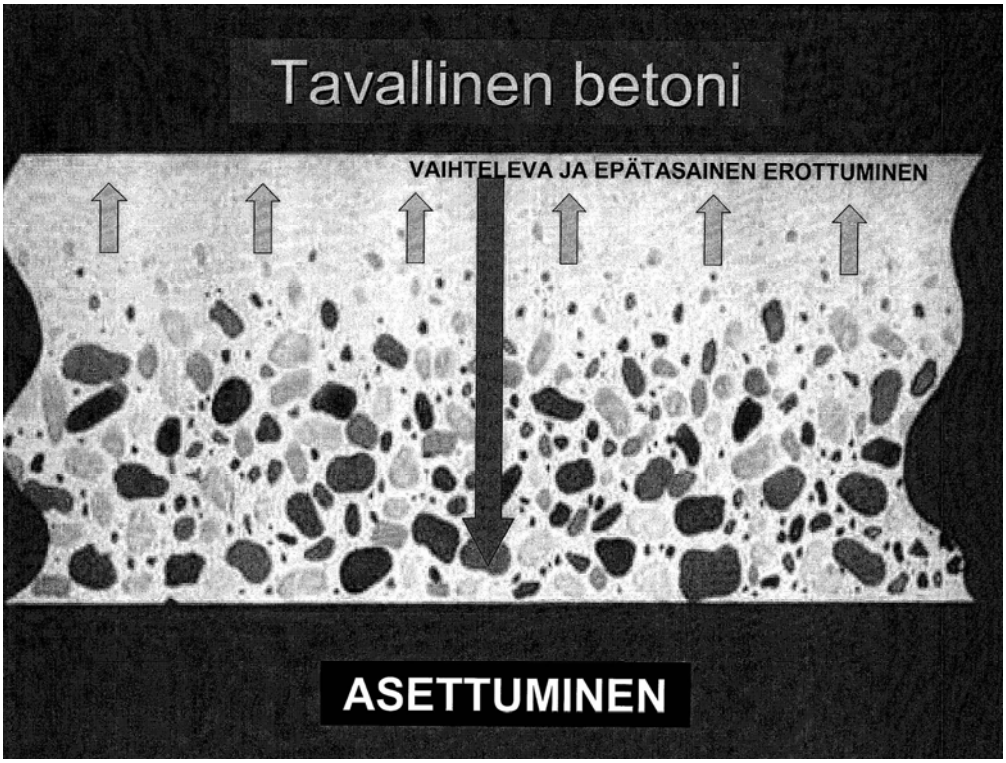




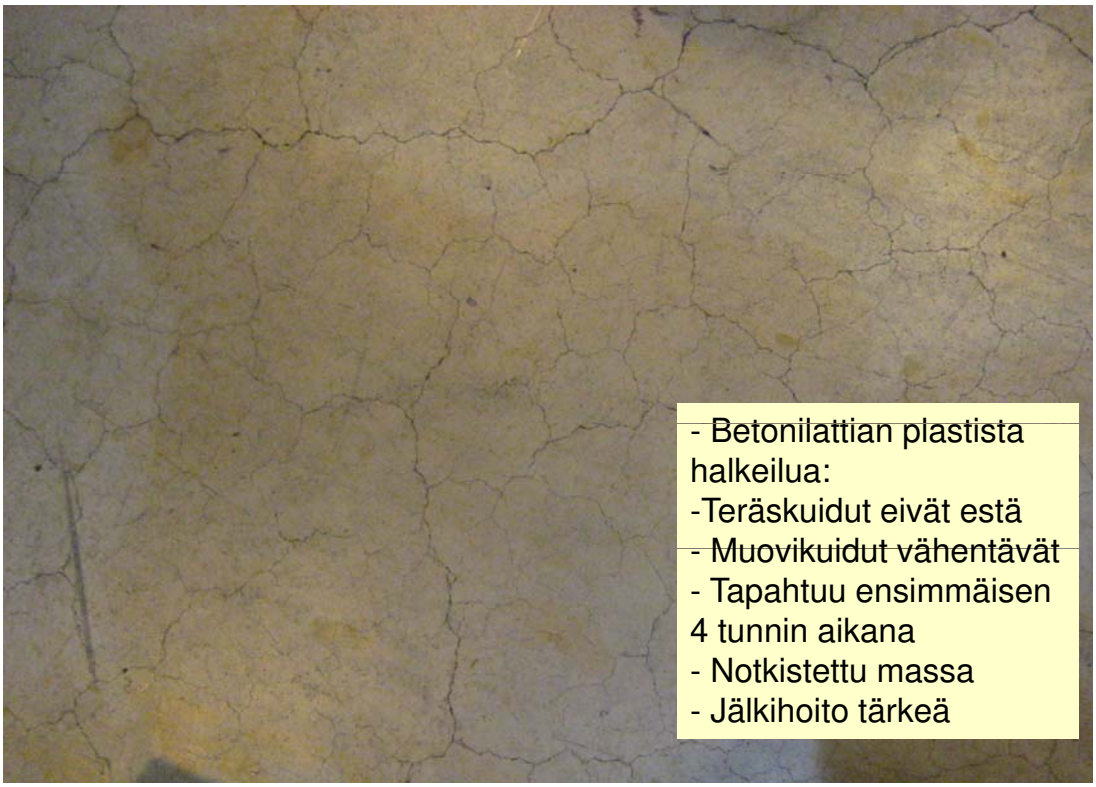
Semtu Oy:n maahan tuoma lattian liikuntasaumalaite suurille kuormituksille.

Sauman murtokapasiteetti: 120 … 197 kN/m

Betonimassan epätasainen erottuminen

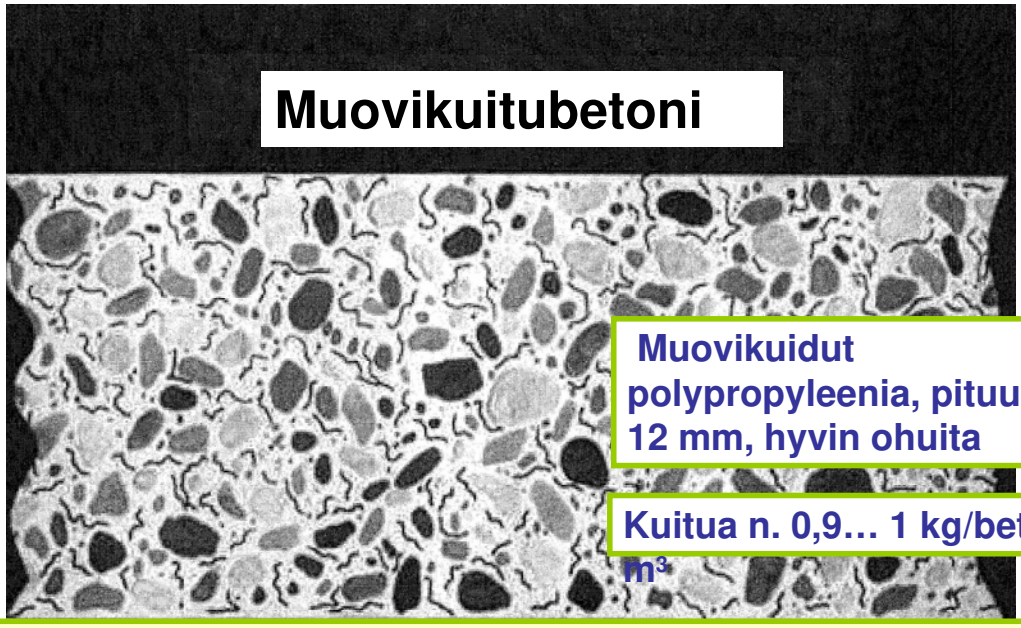


Plastisen halkeilun riski



- Betonilattian plastista halkeilua:
-Teräskuidut eivät estä
- Muovikuidut vähentävät
- Tapahtuu ensimmäisen 4 tunnin aikana
- Notkistettu massa
- Jälkihoito tärkeä

Muovikuitubetonin (mikrokuitu) ominaisuudet



Muovikuidut polypropyleenia, pituus n. 12 mm, hyvin ohuita

Kuitua n. 0,9… 1 kg/bet m³

Muovikuitua (mikrosynteettistä) käytetään plastisen kutistuman aiheuttaman halkeilun hallintaan: *Vähentää erottumista. *Parantaa massan tasalaatuisuutta. *Parantaa betonin vedenpitävyyttä. *Parantaa tartuntaa alustaan.

Maanvaraisen kuitubetonilattian suunnittelu

Kuitubetonilattian sahaussaumat ilman saumatäyttöä. Kuivasirotepintaus

Kuitubetonilattian sahausaumat tiivistetty saumatäytöllä

Maanvaraisen kuitubetonilattian suunnittelu

Laskuesimerkki, vrt. BLY7/by45

Maanvarainen betonilaatta: $12 \cdot 7{,}2\ m^2$, $h = 120$ mm

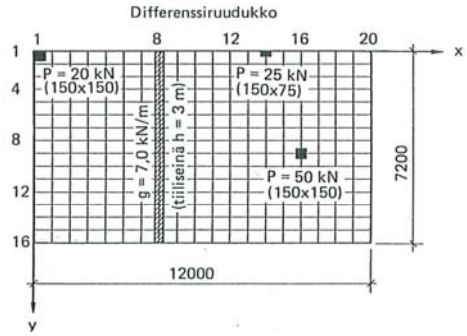
Betoni: K 30-2

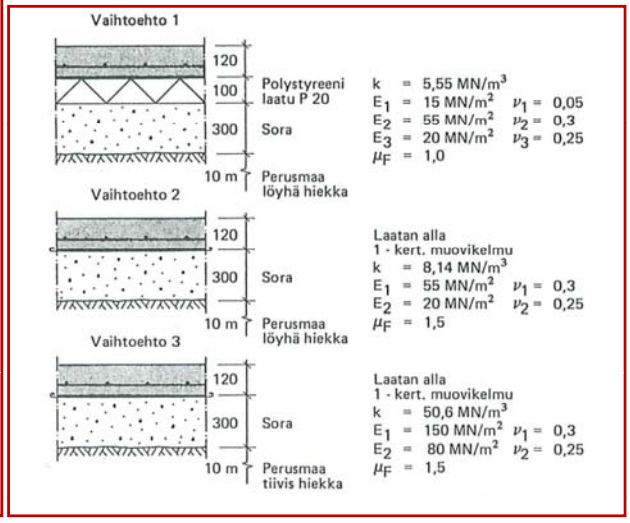
Laatan jäykkyys: $D = E_c(0{,}85\ h)^3/12 = 2{,}42$ MNm
$E_c = 27\ 400\ MN/m^2$

Pistekuormat: P = 20 ja 25 sekä 50 kN

Tiiliseinä: g = 7,0 kN/m

Winklerin alustamalli





Maanvaraisen kuitubetonilattian suunnittelu

Laskuesimerkki, vrt. BLY7/by45

Vertailu verkkoraudoitettuun laattaan **h=120 mm**. 3 alustavaihtoehtoa

Lopputulos		VE 1	VE 2	VE 3
Maks. pistek.	P_{max} [kN] [1)]	37,4	36,1	50,7
Tapaus 1: Suurin muuttuva kuorma				
Mit. momentti	M_d [kNm/m]	8,76	8,05	8,05
	μ	0,17	0,16	0,12
	ß	0,19	0,18	0,13
Momentista	A_s [mm²/m]	390	353	353
Kitkavoimasta	A_s [mm²/m]	0	0	0
Yhteensä	A_s [mm²/m]	**390**	353	353

Maanvaraisen kuitubetonilattian suunnittelu

Laskuesimerkki, vrt. BLY7/by45:
Teräskuitubetonimitoitus, virtuaalikuitu

Betoni K30-2	VE 1	VE 2	VE3
P_{max} (kN)	37,4	36,1	50,7
M_d (kNm/m)	8,76	8,05	8,05
Kuitua 30 kg/m³			
$R_{10,20}$	64	64	64
f_{bd} (MN/m²)	2,34	2,34	2,34
$б_{bd}$ (MN/m²)	3,65	3,35	3,35
P_{sall} (kN)	24,0	25,2	35,4
Kuitua 45 kg/m³			
$R_{10,20}$	83	83	83
f_{bd} (MN/m²)	2,76	2,76	2,76
$б_{bd}$ (MN/m²)	3,65	3,35	3,35
P_{sall} (kN)	28,3	29,7	41,8

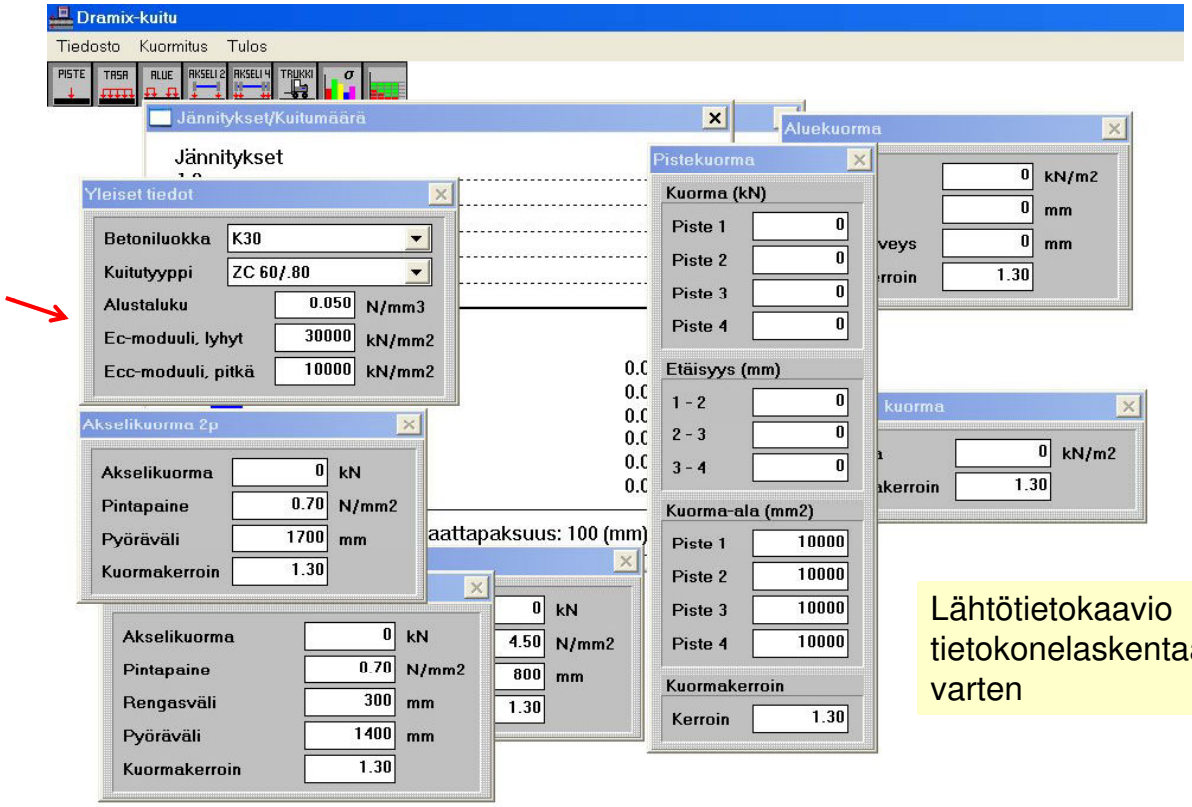
Mitoitusehto: $б_{bd} / f_{bd} \leq 1,0$

(Kuorman osavarm.kerroin 1,3 sisältyy mitoitusmomenttiin M_d)

Teräskuitubetonisen maanvaraisen laatan halkeilun korjaus

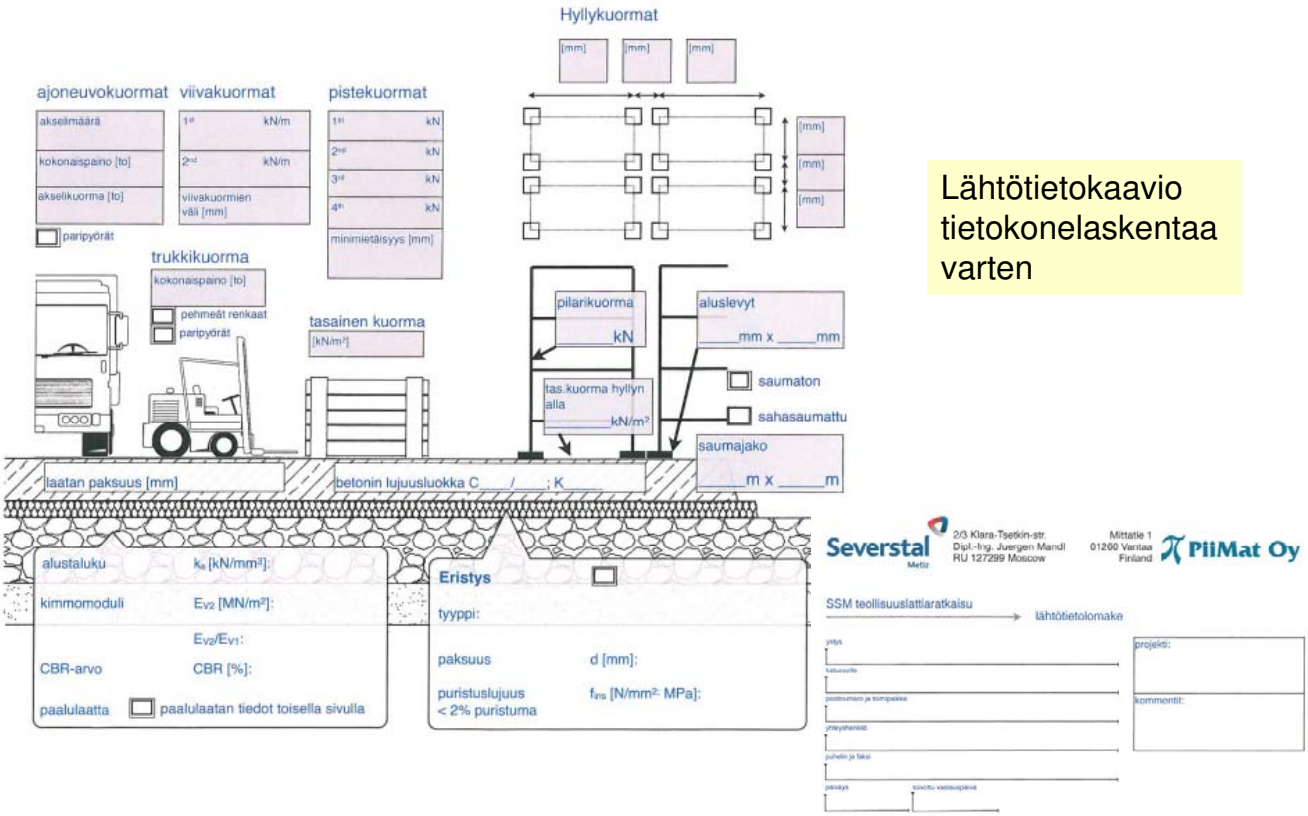
Kuitubetonilattian halkeamien injektointi

Esimerkki 1: Teräskuitubetonin mv. laatan laskentaohjelmasta



Lähtötietokaavio tietokonelaskentaa varten

Esimerkki 2: Teräskuitubetonisen mv. laatan mitoitus

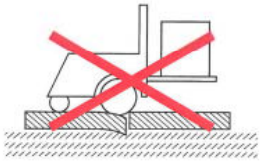


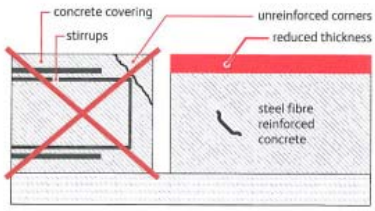
Lähtötietokaavio tietokonelaskentaa varten

Saumaton maanvarainen teräskuitubetonilattia

Saumaton valualue max. 2.000 m² yhdellä valulla. Kuitumäärät selvästi suurempia sahasaumattuun laattaan verrattuna. Liikuntasaumalaitteet.

Ei saumahammastuksia





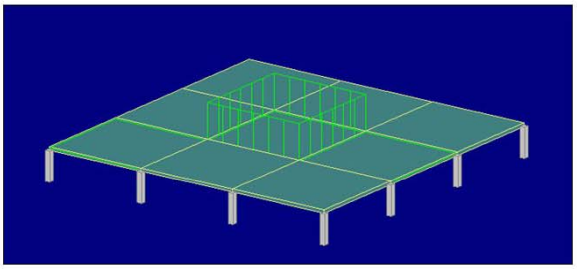
-Ei nurkkien lohkeamia
-Aina oikea betonipeite
-Ohuempi laatta
-Teräskuitubetonia, laser screed -valu
-Irroitus pystyrakenteista

Teräskuitubetonisen pilarilaatan koekuormitus

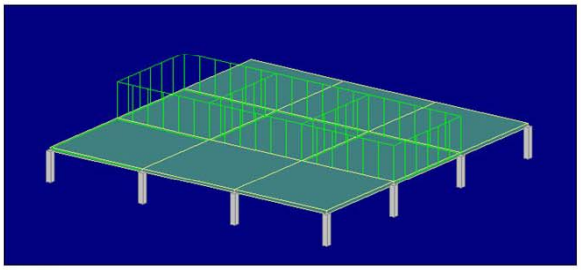
Kuitubetonisen pilarilaatan täysskaalakoe, Tallinna 2007. Pilariruutu 5*5 m, h=200 mm

Different combinations of UDL-loading

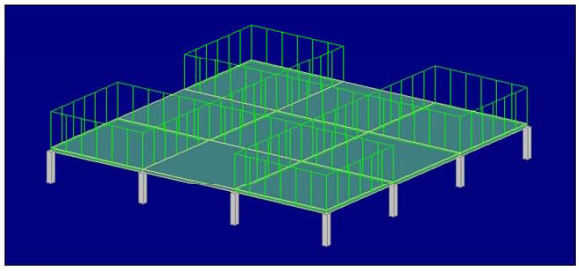
Shakki-lauta kuormitus



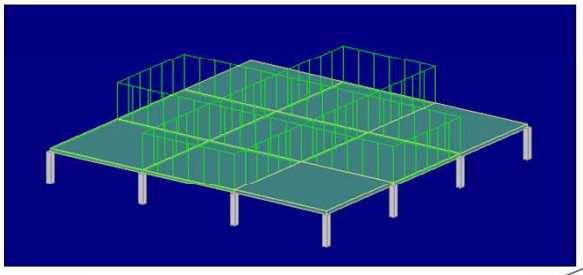
LC1



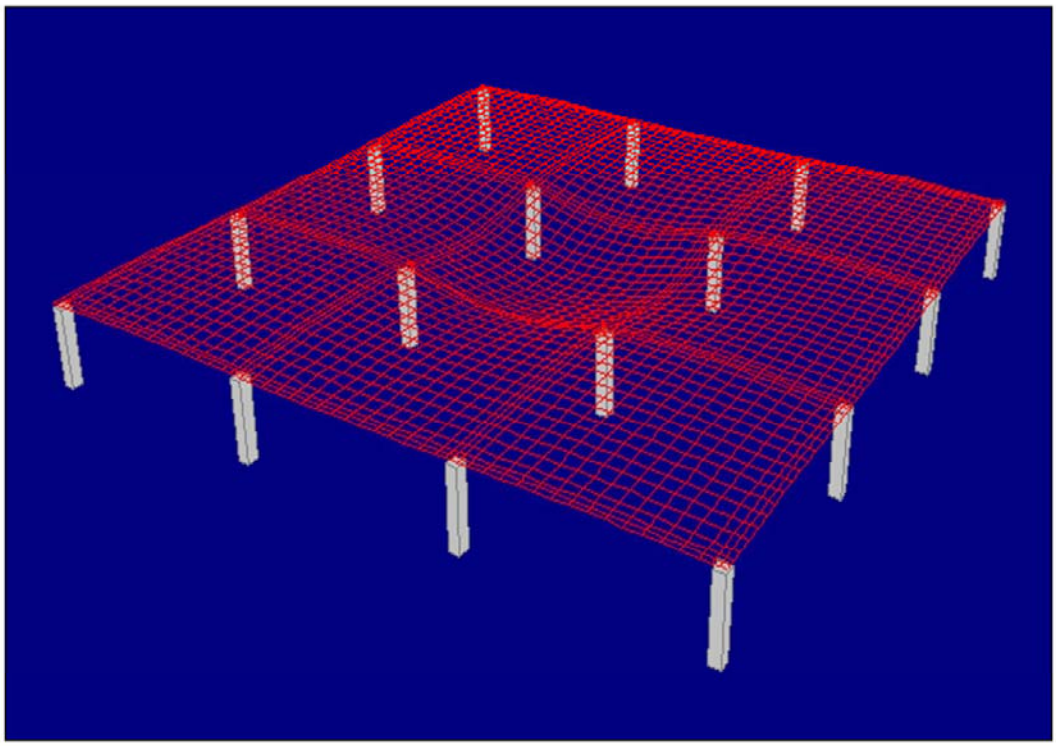
LC2



LC3



LC4



Load case LC1 / central spans loaded with 6 kN/m^2
(max. deformation measured: 3.8 mm / max. deformation computed: 4.0 mm)

Teräskuitubetonin ominaisuudet

Punching test on edge column

Lävistystestaus

50% section weakening / failure at 515 kN

21

arcelor

Aaro Kohonen

Kantavan Teräskuitubetonilaatan testituloksia eri laatoilla

Step 3: Tests on structural slabs

- Based on the following formula according to Johansen and based on a fan pattern of yield lines, the plastic tensile strength of the different mixes could be evaluated:

$$P_{ultimate} = 2\pi \times M_L$$

where M_L is the yield line moment of Johansen and

$$f_{tu} = M_L / 0.45 \times h^2$$

Myötöviivateorian käyttö, murtotilan jännitys/kuitumäärä

Dosage rate / Fibre type / Material strength	f_{tu}	Size of slab
45 kg/m³ TABIX+ 1/60 / 1500 MPa	2.52 N/mm²	1500 mm/150 mm
70 kg/m³ TABIX+ 1/60 / 1500 MPa	2.83 N/mm²	1500 mm/150 mm
100 kg/m³ TABIX 1.3/50 / 900 MPa	2.83 N/mm²	1500 mm/150 mm
100 kg/m³ TABIX 1.3/50 / 900 MPa	3.20 N/mm²	2000 mm/200 mm
120 kg/m³ TABIX 1.15/45 / 1400 MPa	3.00 N/mm²	1500 mm/150 mm
120 kg/m³ TABIX 1.15/45 / 1400 MPa	3.10 N/mm²	2000 mm/200 mm

Plastic tensile strength of different SFRC mixes

Huom! Kuitutyypillä on suuri merkitys jännitystilaan

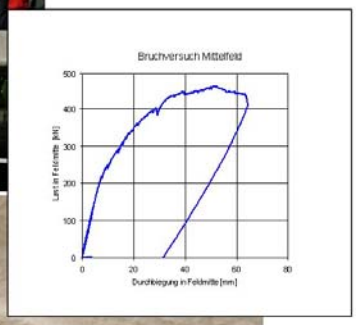
9

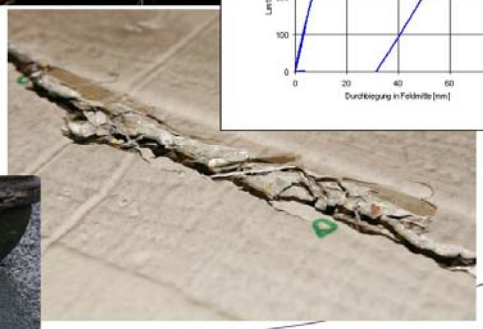
arcelor

Aaro Kohonen

Applications – Structural applications TAB-Slab™

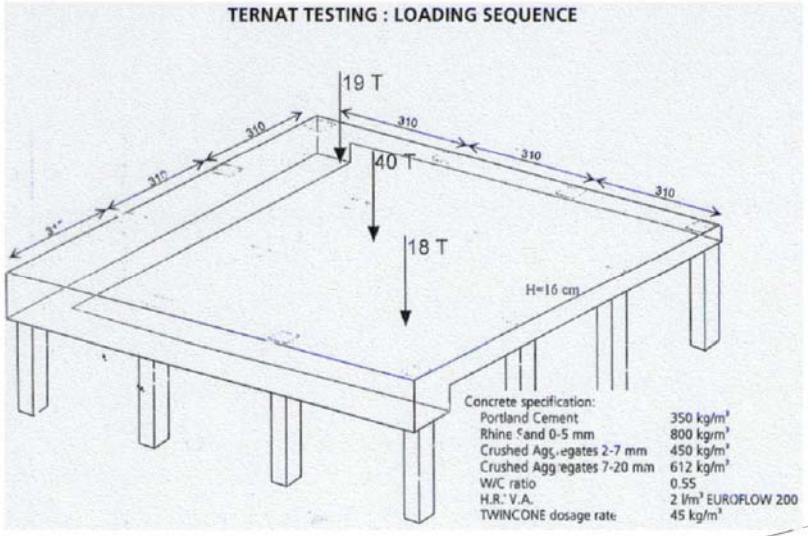
Full-scale testing





arcelor

Real Scale Test in Ternat (B)

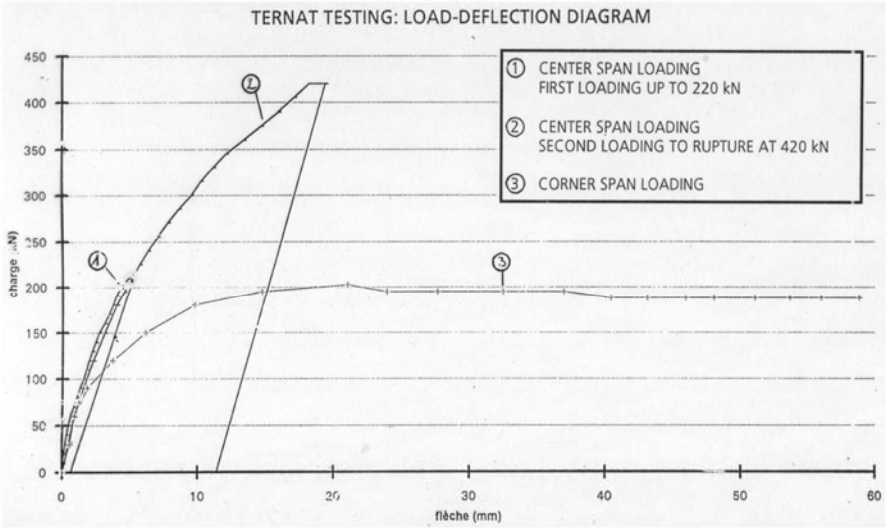


Industrial flooring
Tab-Structural
34

arcelor

Teräskuitubetonin ominaisuudet

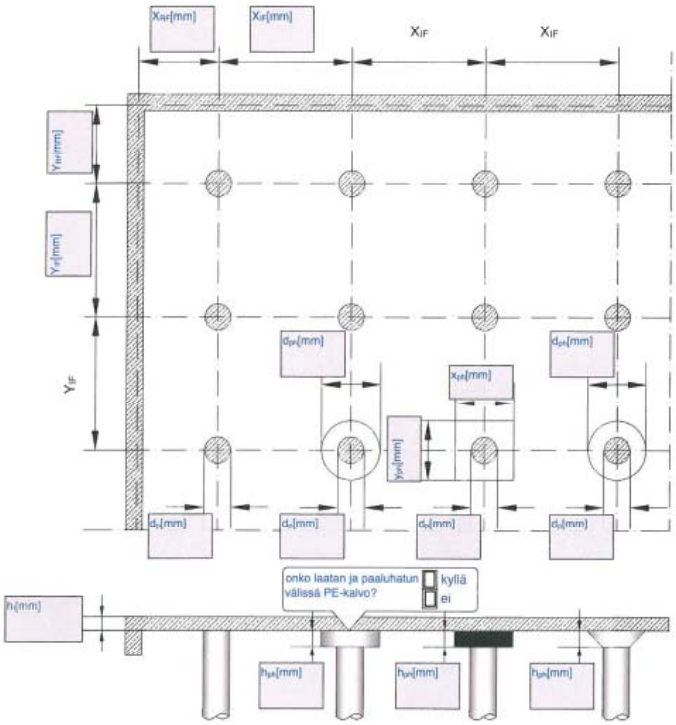
Real Scale Test in Ternat (B)



Industrial flooring
Tab-Structural
36

arcelor

Esimerkki 3: Teräskuitubetonisen paalulaatan mitoitus



Lähtötietokaavio tietokonelaskentaa varten

Severstal Metiz
2/3 Klara-Tsetkin-str.
Dipl.-Ing. Juergen Mandl
RU 127299 Moscow

Mittatie 1
01260 Vantaa
Finland
PiiMat Oy

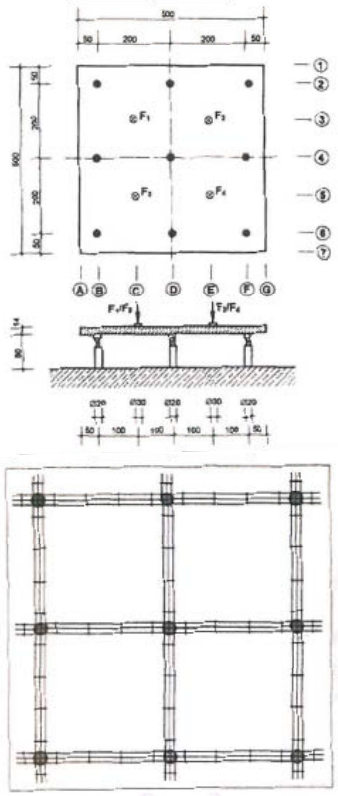
SSM teollisuuslattiaratkaisu → lähtötietolomake

suositukset:
poikkeukset vain yhteistyössä kuitubetoniratkaisun suunnittelijan kanssa

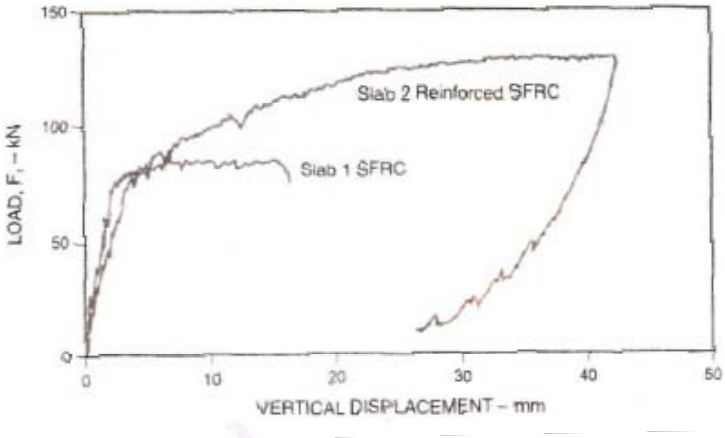
$h_l > 180$mm
X_{IF}; Y_{IF}: 2500...5000 mm
X_{RF}; Y_{RF}: 1500...3500 mm
$X_{RF} < {}^2/_3\, X_{IF}$, $Y_{RF} < {}^2/_3\, Y_{IF}$
$X_{IF} \approx Y_{IF}$ (neliömäinen paalujako)
$h_{ph} > (d_{ph}-d_p)/2$

projekti:
kommentit:

Teräskuitubetonilaatan testauksia Saksassa



Slab 1 = vain teräskuituraudoitus 40 kg / bet m^3
Slab 2 = teräskuidut 40 kg / bet m^3 + kaistaraudoitus 6T10



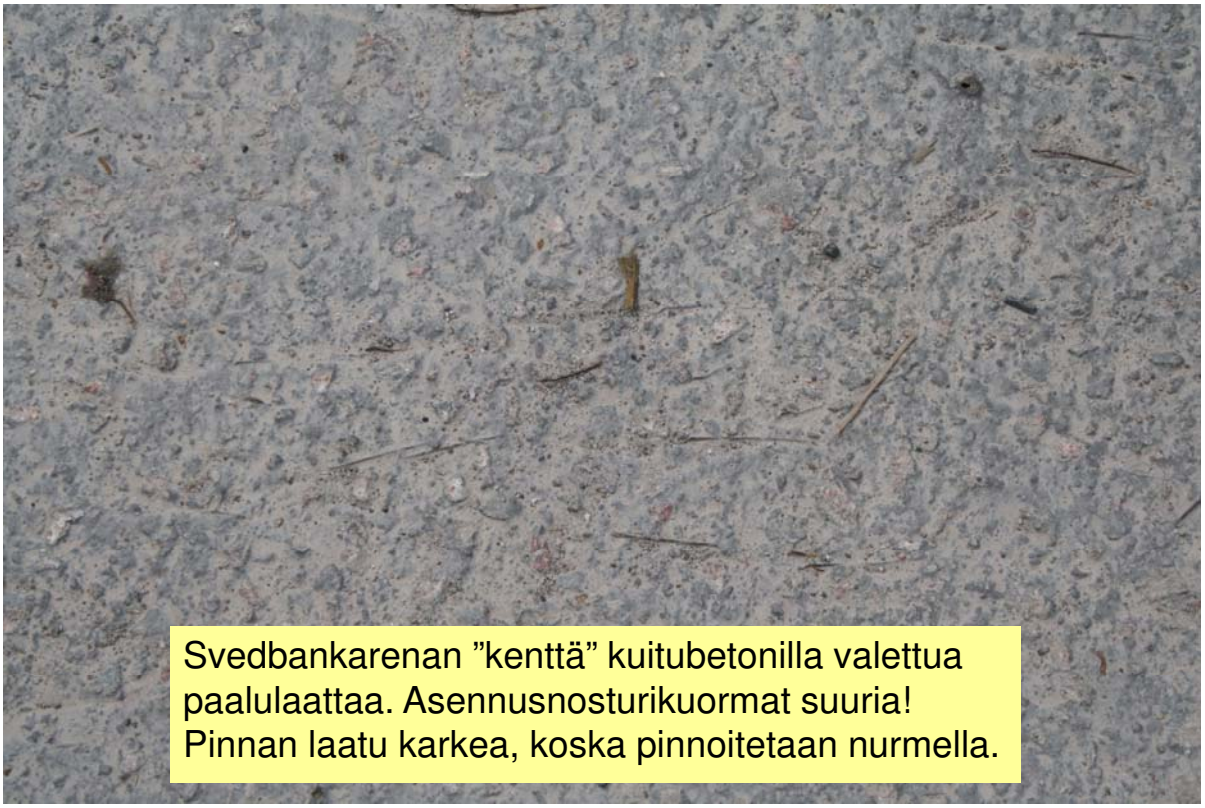
Laatan mitat 5 * 5 m, paksuus 140 mm, Betoni C45 / 55

Teräskuitubetonin käyttö paalulaattana, esim. Tukholmasta

Svedbankarenan ”kenttä” kuitubetonilla valettua paalulaattaa. Asennusnosturikuormat suuria!

Kantava paalulaatta teräskuitubetonia

Teräskuitubetonin käyttösovelluksia



Teräskuitubetonin käyttömahdollisuuksia

Teräskuitubetonin käyttömahdollisuuksia

Teräskuitubetonin etuja, käyttösovelluksia

- **Ruiskubetonikohteet**, ”lyhyt” kuitu, mukautuu kallion muotoihin
- **Lattiabetonikohteet**, ”pitkä kuitu”, virtuaalikuitu: ***by56 -ohje***
  - Parantaa halkeilunhallintaa, laadunhallinta, mitoitus
  - Lyhentää rakennusaikaa
  - Voidaan välttää pumppaus ja valaa suoraan rännillä autosta
  - Laserohjatun levityskoneen käyttö
  - Yksinkertaistaa työmaan työvaiheita, raudoitustyö helpottuu
  - Laaja-aluevalut, saumattomat lattiat, hyvä pistekuormakest.
  - Hyvä iskunkestävyys
- ***Uudet sovellusalueet*** (suuren mielenkiinnon kohteena):
  - Kantavat paalulaatat
  - Kantavat välipohjalaatat, suuri kuitumäärä
  - Elementit, pientalot, liittorakenteet

Kiitos mielenkiinnosta kuituannokseen!