

ArcelorMittal Fibres

Reinforced concrete solutions



ArcelorMittal

Teräskuitubetonin ennakkotestaus ja laadunvalvonta

Betoniteknologiaseminaari
Vantaa 26.11.2025
Torbjörn Brusas, ArcelorMittal



Sisältö:

1. Esittely
2. Mikä on teräskuitubetoni?
3. Ennakkotestaus
4. Laadunvarmistus
5. Ajankohtaiset ja tulevat asiat

ArcelorMittal Fibres

Reinforced concrete solutions

Strength in numbers.

Endless possibilities.

Esittely



Torbjörn Brusas, Lohja, Finland

- AM fibre vuodesta 2020
- Alueena Pohjoismaat ja Balttia
- Kirvesmies ja Rak.ins AMK
- Rakennusalalla ~20 vuotta
- Osallistuu henk. kohtaisesti standardointityöhön
 - Suomessa
 - Ruotsissa
- torbjorn.brusas@arcelormittal.com

ArcelorMittal Fibres

Reinforced concrete solutions



ArcelorMittal

ArcelorMittal

- Globaaliyritys terästuotannossa ja kaivostoiminnassa
- Tuotantoa 16 eri maassa
- Asiakkaita ~150 eri maassa
- Työntekijöitä ~150k

ArcelorMittal Fibres

- Kuuluu ArcelorMittal Groupiin
- Teräskuitutuotantoa -80 luvun keskivaiheilta
- Teräskuidut valmistetaan omissa tehtaissa Euroopassa
- Osallistuu aktiivisesti standardointiin



ArcelorMittal

Steel fibre reinforced concrete (SFRC) for structures, dates back to 1925, yet it remains largely unknown to many engineers and contractors. Essential information is often buried in codes, reports and standards.

(Xavier Destrée, Steel Fibre Reinforced Concrete, A Practitioner's Guide to SFRC slabs, 2025)

ArcelorMittal Fibres

Reinforced concrete solutions

Mikä on teräskuitubetoni?

ArcelorMittal Fibres

Reinforced concrete solutions

Mikä on teräskuitubetoni?

Lyhytoppimäärä

- Betonista tulee teräskuitubetonia, kun betoniin sekoitetaan teräskuituja
 - Teräskuitu on yksi teräskuitubetonin ainesosa vrt. kiviaines tai sementti
- Teräskuitubetoni on komposiittimateriaali
 - Raudoitettubetoni (teräsbetoni) $\neq$ Teräskuitubetoni $\rightarrow$ kaksi eri materiaalia
 - Voidaan myös käyttää raudoitettua teräskuitubetonia ns. hybridirakenne
- Teräskuitubetonilla voidaan korvata perinteinen betonirauditus kokonaan tai osittain
 - Käytännössä, betonin vetolujuutta nostetaan, lisäämällä kuituja massaan



Ajatusmaailma:

- Teräskuitubetoni oletetaan olevan homogeeninen materiaali.
- Kapasiteetti lasketaan koko poikkileikkauksen mukaan.
- Kapasiteetti määräytyy teräskuitubetonin jäännöstaivutusvetolujuuden mukaan.

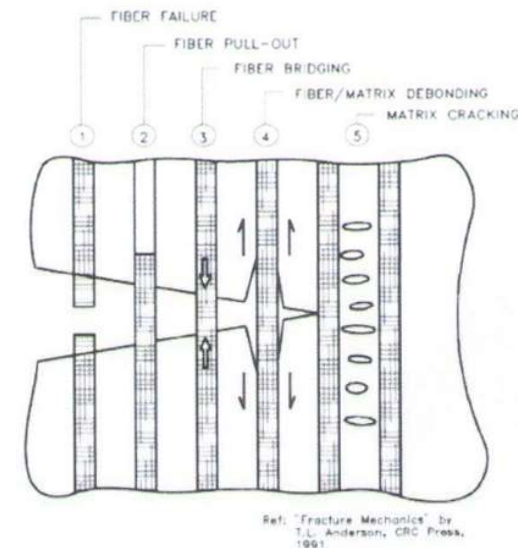
ArcelorMittal Fibres

Reinforced concrete solutions

Mikä on teräskuitubetoni?

Ominaisuudet

- Kaikki betoni halkeaa
 - Raudoitus (kuitu) alkaa toimimaan vasta siinä tilanteessa, kun betonissa on jo tapahtunut muodonmuutos (pois lukien jännitetyt rakenteet).
- Teräskuitubetonissa, teräskuidut nostavat betonin halkeilunjälkeistä vetolujuutta → teräskuitubetoni on ”sitkeää”.
 - Teräskuidut ovat osa betonimatriisia ja toimivat joka suuntaan
 - Teräskuidut sitovat/kontrolloivat betonimatriisin halkeamia



ArcelorMittal Fibres

Reinforced concrete solutions

Mikä on teräskuitubetoni?

Ominaisuuksiin vaikuttavat tekijät

- Betonin laatu ja ominaisuudet esim.
 - Käytetty sementtilaatu ja määrä
 - Kiviaines ja rakeisuus
 - Lisäaineet
 - Vesi-sementtisuhde
 - Ilmamäärä
- Kuidun ominaisuudet ja jakautuminen esim.
 - Annostelu [kg/m³]
 - Valmistajan toleranssit
 - Kuitujen määrä [kpl/kg]
 - Vetolujuus
 - Muoto → Tartunta betoniin
 - Pituus → kuidun pituus vs. maksimi raekoko

Yleisesti katsotaan vain betoninlujuusluokkaa ja kuitumäärää → tämä ei kerro oikeastaan vielä mitään ko. teräskuitubetonin todellisista ominaisuuksista

ArcelorMittal Fibres

Reinforced concrete solutions

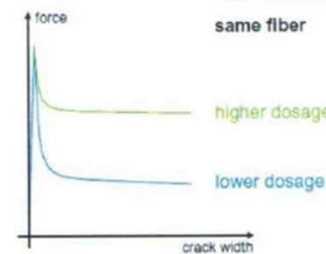


Figure 4: effect of dosage

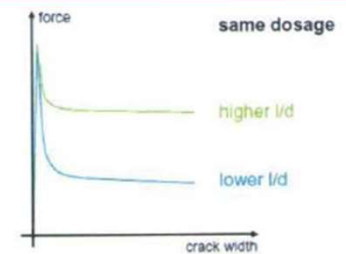


Figure 5: effect of l/d-ratio

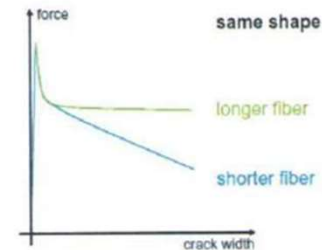


Figure 6: effect of fibre length

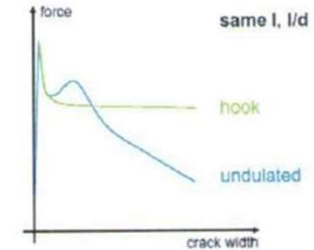


Figure 7: effect of anchorage

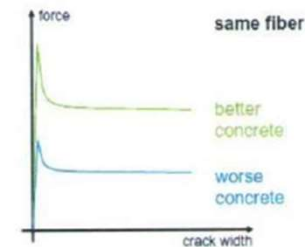


Figure 8: effect of concrete

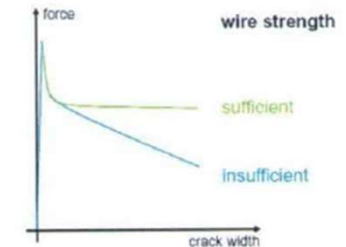


Figure 9: effect of wire strength



ArcelorMittal

Mikä on teräskuitubetoni?

Ominaisuudet yhteenveto

- Isoin tekijä on betonin ja kuidun yhteistoiminta
- Laadukas betoni + laadukas kuitu = paras mahdollinen lopputulos
- Betonin ja kuidun ominaisuudet pitää suhteuttaa tosiinsa
- Huonoa betonia ei voida parantaa lisäämällä kuituja.
- Hyvästä betonista, tulee parempaa kun kuituja lisätään.



ArcelorMittal Fibres

Reinforced concrete solutions



Miksi on tarpeen tehdä ennakkotestausta ja laadunvarmistusta?

ArcelorMittal Fibres

Reinforced concrete solutions

Eikös teräskuitubetoni = teräskuitubetoni, sama se mitä/kenen betonia ja mitä kuitua laittaa?

Väärin!

Ennakkotestausta ja laadunvarmistusta pitää tehdä, koska esim:

Toimittaja A: C30/37 45kg/m3 HE +1/60					
	Normal distribution				
	LOP	f _{R1}	f _{R2}	f _{R3}	f _{R4}
	MPa				
2	6.10	9.70	10.60	10.10	9.60
3	5.00	8.40	9.90	8.40	6.50
4	5.90	6.60	7.00	7.00	6.70
5	6.30	6.70	7.40	6.70	6.30
6	5.60	8.10	10.40	10.80	10.60
7	6.90	8.80	11.60	10.40	10.40
mean values	5.97	8.05	9.48	8.90	8.35
n specimens	6	6	6	6	6
kknown	1.77	1.77	1.77	1.77	1.77
standard deviation	0.64	1.21	1.86	1.79	2.06
Coefficient Of Variation	10.8%	15.0%	19.6%	20.1%	24.6%
Characteristic values	4.83	5.91	6.20	5.73	4.71

Toimittaja B: C30/37 45kg/m3 HE +1/60					
	Normal distribution				
	LOP	f _{R1}	f _{R2}	f _{R3}	f _{R4}
	MPa				
	4.9	4.7	5.3	5.3	4.7
	4.5	3.4	3.9	4.3	4.5
	5.1	5.1	6.5	6.6	6.6
	5.7	5.0	4.8	4.8	4.7
	5.4	4.8	5.7	5.5	5.3
	5.4	4.0	5.0	5.1	5.0
	4.8	3.0	3.8	4.0	4.0
mean values	5.11	4.29	5.00	5.09	4.97
n specimens	7	7	7	7	7
kknown	1.76	1.76	1.76	1.76	1.76
standard deviation	0.41	0.83	0.96	0.86	0.82
Coefficient Of Variation	8%	19%	19%	17%	17%
k-values	4.39	2.83	3.31	3.58	3.52

C30/37 45kg/m3 HE +1/60

Toimittaja A:
f_{R1,k} = 5,9 MPa, f_{R3,k} = 5,7 MPa

Toimittaja B:
f_{R1,k} = 2,8 MPa, f_{R3,k} = 3,5 MPa

Mitoituksessa esim.:
f_{R1,k} = 3,8 MPa, f_{R3,k} = 4,0 MPa

Ennakkotestaus

ArcelorMittal Fibres

Reinforced concrete solutions

Ennakkotestaus

Rakennebetoni

ArcelorMittal Fibres

Reinforced concrete solutions

- Kaikki suunnitteluohjeet / standardit perustuvat johonkin ennakkoon todettavaan materiaaliominaisuuteen.
- Koska, jotta voi suunnitella, tarvitaan myös mitoitusarvoja teräskuitubetonille.
- Olemassa olevia menetelmiä ovat esim.
 - JSCE-SF4 (Japani)
 - EN14651 (Eurooppa)
 - DBV-Merkblatt (Saksa)
 - CUR 35 (Hollanti)
 - SIA 262/6 (Tšekki)
 - DAfStb Richtlinje (Saksa)
 - ASTM C1018 (UK)
- Suomessa tulisi kuitenkin käyttää EN-14651 standardia.
- Testit tulisi myös olla tehtynä ko. valmisbetonitoimittajan toimesta.
- Ei tulisi hyväksyä teräskuitutoimittajan ”sisäisiä” testituloksia.
 - Koska betoneissa on eroa.
 - Koska kolmannen osapuolen suorittamana, testituloksia on vaikeampaa ”kaunistella”.

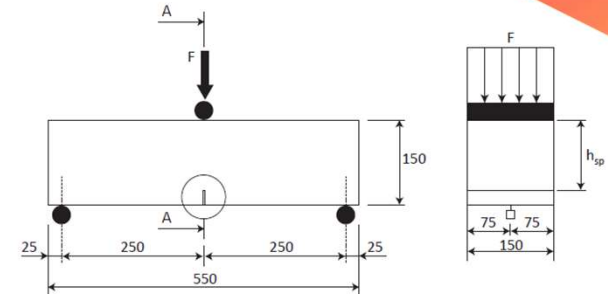
Ennakkotestaus

BY66a 2021

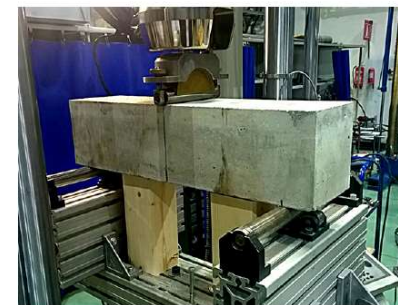
ArcelorMittal Fibres

Reinforced concrete solutions

- *Teräskuitubetonia toimittavan tehtaan tulee määrittää taivutusvetolujuuden arvot käyttöön tarjoamilleen teräskuitu-betonilaatuyhdistelmille. Testi on tehtävä standardin SFS-EN 14651 + A1:en mukaisella palkkikokeella.*
- Käytäntöön sovellettuna
 - Valetaan vähintään 6kpl palkkeja 150x150x550-700mm.
 - Suositus vähintään 7kpl
 - Koko koesarja valetaan keralla yhdestä sekoituserästä.
 - Palkit tekeytyvät 28 päivää. Jonka jälkeen ne koestetaan.
 - Akreditoitu betonilabra
 - HUOM: Vaatii erikoiskalustoa
 - Palkeista määritetään mitoituksessa käytettävät $f_{R,1k}$ ja $f_{R,3k}$.
 - Tulokset ovat voimassa 5 vuotta. Jos ei muutoksia tapahdu.
 - Tulokset ovat valmisbetonitoimittaja ja kuituvalmistaja kohtaisia.
 - Tuloksia voidaan soveltaa kansallisesti.
- Menetelmää on kritisoitu mahdollisen ison hajonnan takia.



Kuva 8. Standardin SFS-EN 14651 + A1:en mukainen palkkikoe teräskuitubetonin taivutusvetolujuuden määrittämiseksi (lähde: standardi SFS-EN 14651 + A1:en).



Kuva 9. Standardin SFS-EN 14651 + A1:en mukainen teräskuitubetonipalkki koekuormituksessa.

Ennakkotestaus

SFS-EN 14651

- Palkit voidaan valaa betonitoimittajan toimesta "inhouse"
 - Jos on tarpeeksi iso "pikkumylly"
 - Löytyy tärypöytä
 - Standardin mukaiset muotit
 - Paikka missä palkkeja voi säilyttää 28 päivää veteen upotettuna
 - HUOM: Valun dokumentointi raporttia varten
- Valu voi myös tapahtua ulkoisessa labrassa
 - Vaatii ainesten toimittamisen ko. labraan
 - Kiviainekset, sementin, kuidut, lisäaineet yms.
- Koestus 3:nen osapuolen toimesta
- Kriittinen vaihe on palkkien valu. Tässä vaiheessa määrittyy tulosten hajonta!

ArcelorMittal Fibres

Reinforced concrete solutions



Laadunvarmistus

ArcelorMittal Fibres

Reinforced concrete solutions

Laadunvarmistus

ArcelorMittal Fibres

Reinforced concrete solutions

- Lähtökohtaisesti, kaikissa tänään käytössä olevissa ohjeissa liittyen teräskuitubetoniin. On laadunvarmistus käsiteltynä, ainakin jollain tasolla.
- Tämän tarkoituksena on todeta että työmaalle toimitettava teräskuitubetoni, on juurikin sitä mitä ollaan tilattu ja suunniteltu.
- Rakennesuunnittelijan tulisi määritellä laadunvarmistuksen taso, työohjeessa tai vastaavassa laadunvarmistussuunnitelmassa. Viimeistään RaVan tulisi tämä vaatia, ainakin kantavissa rakenteissa.
- Laadunvarmistukseen liittyy edellä mainittu ennakkotestaus. Mutta myös työmaalla, valun yhteydessä, tehtävät toimenpiteet.
- Laadunvarmistus on tosi isossa roolissa, jotta voidaan tehdä turvallisia ja laadukkaita teräskuitubetonirakenteita.
- Verrattavissa raudoitustarkastukseen perinteisessä teräsbetonirakenteessa.
 - Raudoitustarkastus tulisi tietenkin tehdä myös teräskuitubetonirakenteissa. Varsinkin jos kyseessä on "hybridirakenne".

Laadunvarmistus

Vähimmäistaso työmaalla

- Tarkistetaan käytetyn teräskuidun CE ja DOP paperit
- Tarkistetaan kuormakirja betonitoimituksen yhteydessä
 - Toimitus on tilauksen / suunnitelmien mukainen
 - Löytyykö toimitettavan teräskuitubetonin taivutusvetolujuusarvot
 - Teräskuidun määrä kg/m³
 - Käytetyn teräskuidun valmistajan tiedot ja kuitutyyppi
- Tarkistetaan massa aistinvarasiesti.
 - Onko kuituja?
 - Näyttääkö siltä, että niitä olisi tarpeeksi ja että ne ovat jakautuneet tasaisesti?
 - Näyttävätkö ne suurin piirtein siltä mikä on suunniteltu ja tilattu (halkaisija, muoto, pituus)?

ArcelorMittal Fibres

Reinforced concrete solutions

Laadunvarmistus

BY66a 2021, SFS-EN 206:2014

ArcelorMittal Fibres

Reinforced concrete solutions

- *Teräskuitujen sekoittuminen, laatu ja jakauma varmistetaan valmiista massasta SFS-EN 14721 + A1 mukaisella testauksella.*
- Kansankielellä: Kuitupesu
- Sovellettava ainakin kantavissa rakenteissa. Ja suositus että tehtäisiin myös muissa rakenteissa, jos haluttu laatutaso on korkea esim. mv-teollisuuslattiat.
- Käytännössä teräskuitubetonista erotellaan teräskuidut pesemällä.
- Jonka jälkeen kuidut punnitaan ja todetaan niiden jakautuminen massaan ja käytetty kuituannostelu sekä kuitulaatu/tyyppi.
- Ideana on todeta että:
 - A) kuitua on suunniteltu määrä
 - B) kuitu on tasaisesti jakautunut massaan
 - C) kuitu on juuri sen mallista mitä on suunniteltu ja tilattu

Laadunvarmistus

- Näytteenottotiheys vaihtelee eri lähteissä
- Esim. BY66a 2021.
 - Suoritetaan valuittain.
 - Ensimmäisestä toimitettavasta kuormasta otetaan kolme näytettä. Kuorman purun alusta, keskivaiheilta ja lopusta.
 - Jatkossa otetaan yksi näyte joka viidennestä kuormasta.

Teräskuitubetonin katsotaan olevan vaatimuksenmukaista, jos näytteet täyttävät ehdot:

- Yksittäinen näyte $\geq 0,8 \times$ määritelty vähimmäisarvo (mitoitusarvo kg/m³)
- Kolmen näytteen keskiarvo $\geq 0,85 \times$ määritelty vähimmäisarvo (mitoitusarvo kg/m³)

ArcelorMittal Fibres

Reinforced concrete solutions



Ajankohtaiset ja tulevat asiat

ArcelorMittal Fibres

Reinforced concrete solutions

Ajankohtaiset ja tulevat asiat

ArcelorMittal Fibres

Reinforced concrete solutions

- ”Teräskuitueurokoodi”
 - EN 1992-1-1:2023 Betonirakenteet julkaistu.
 - Tämä ei ole ”Teräskuitueurokoodi” vaan ”Betonieurokoodi”.
 - Poiketen aikaisemmista EC verisoista. Tähän on lisätty ”Liite: L” joka koskee teräskuitubetonirakenteiden suunnittelua.
 - ”Liite L” on informatiivinen.
 - Suomessa aloitettu työt kansallisesta liitteestä joka koskee teräskuitubetonirakenteiden suunnittelua.
 - ”Liite L” sisältää myös vaatimuksia teräskuitubetonin laadunvarmistukseen ja ennakkotestaukseen.
 - Suomessa nämä on päätetty siirtää SFS 7022 (Betonin valmistus) ja SFS 5975 (Betonirakenteiden toteuttaminen) alle. Joten näistäkin on tulossa päivitys.

Keskustelua ja kysymyksiä?

ArcelorMittal Fibres

Reinforced concrete solutions

Smarter
Steels for
People &
Planet

**Let's talk
fibres.**

Torbjörn Brusas
+358 50 3410124
torbjorn.brusas@arcelormittal.com

