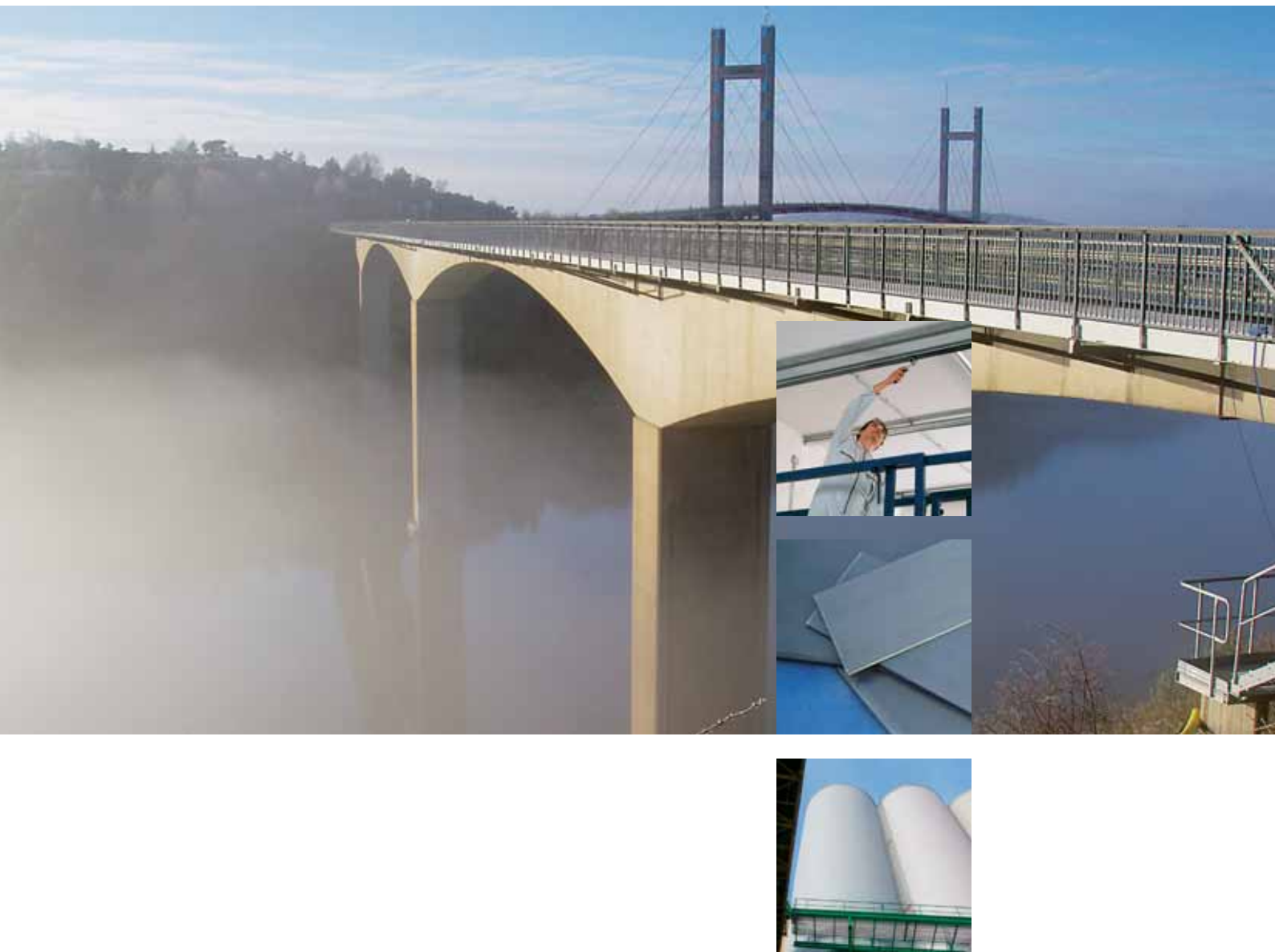


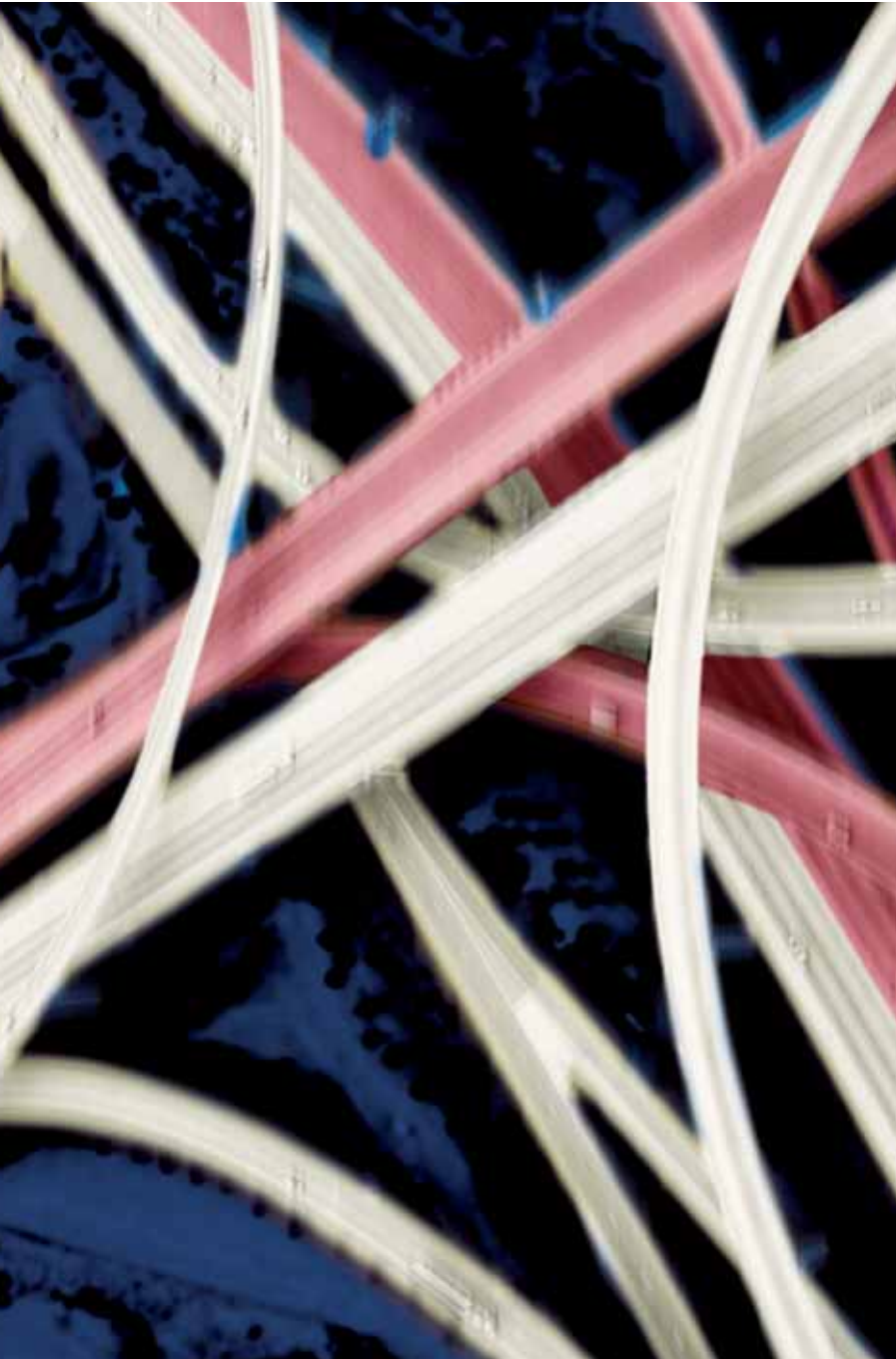


Sto Finexter Oy | **Betoninkorjaus**

**Kantavien rakenteiden
vahventaminen StoFRP
järjestelmien avulla**

Älykäs tekniikka kestäviin ratkaisuihin

Kantavia rakenteita teräsbetonista on käytetty vuosikymmeniä. Ajan kuluessa voi tapahtua paljon, mikä pahimmassa tapauksessa aiheuttaa sen, että myöhemmin tehtävä vahventaminen on välttämätöntä.

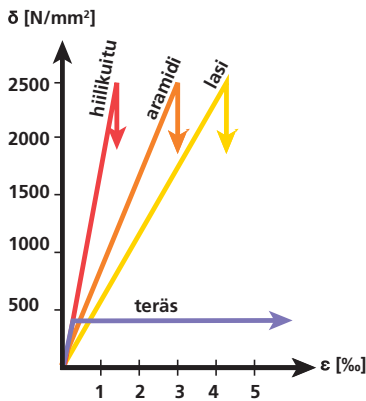


Sillat tai pysäköintitalot – mitkään rakennuskohteet eivät kestä ikuisesti. Usein jonkin ajan kuluttua tehtävät kantavien rakenteiden vahventamistoimenpiteet ovat välttämättömiä. Tämä voi johtua olosuhteiden muuttumisesta tai siitä että rakenteelle asetetaan uusia kantavuusvaatimuksia. Jälkeenpäin voidaan tarvita myös parannuksia, silloin kun rakenteisiin kohdistuu suunniteltua suurempi kulutusrasitus. Ulkoinen vaikutus esim. myrsky, on voinut aiheuttaa vahinkoa, joka pitää korjata rakennuksen turvallisuuden takaamiseksi. Myös uudet lait ja asetukset voivat vaatia toimenpiteitä.

Syystä huolimatta tavoite on selvä: Kyseessä on tehokkaan ratkaisun löytäminen rakennuksen suojelemiseksi mutta myös sen sopeuttamiseksi muuttuneiden vaatimusten mukaisesti.



* FRP = Fibre Reinforced Polymer



kuitutyyppi	E-moduuli [kN/mm²]	vetolujuus [Mpa]
C (hiilikuitu)	240-650	2500-4000
A (aramidi)	125	3000-4000
G (lasi)	65-70	1700-3000
polyesteri	12-15	2000-3000
verrattuna betoniteräs	210	550

Nykyaikaiset komposiittimateriaalit ratkaisevat klassiset menetelytavat.

Pitkään käytettiin ainoastaan perinteisiä menetelmiä, esim. vahventamista lisäämällä poikkipintaan ruiskubetonia, teräspalkeilla tai ulkopuolisella vahventamisella teräslevyjen avulla. Nämä tavanomaiset menetelmät aiheuttavat kuitenkin tiettyjä ongelmia, kuten rakenteen osan lisääntyvää painoa sekä tilan rajoittumista tai että näin rakentaminen tuli kalliimmaksi ja vei enemmän aikaa, aiheutuen pitkistä tuotannonseisauksista, melusta tai likaisuudesta.

Komposiittimateriaalit hiilikuitu, lasikuitu tai aramidikuitu, jotka asetetaan rakenteen ulkopuoliseksi vahvikkeeksi, saavat nykyään yhä laajempaa hyväksyntää markkinoilla. Näille materiaaleille on ensi sijassa tunnusomaista pieni paino (tiheys) sekä mahdollisuus vaihdella jäykkyyttä ja vetolujuutta tarpeen mukaan.

Nykyaikaisista materiaaleista käytetään pääasiassa lasikuitua lujitteena sellaisissa rakenteissa joissa on suuri korroosioriski tai joissa käytetään herkkiä teknisiä laitteita, jotka eivät kestä magneettisia kenttiä, joita voi muodostua teräslujitetta käytettäessä.

Aramidi sitävastoin on kuitumateriaali joka koostuu filamentista ja hartsista. Hyvin korkean aksiaalisen vetolujuuden ansiosta aramidi soveltuu erityisesti materiaaliksi jännitetyissä ratkaisuissa. Mitä kestävyys tulee, aramidilla on se etu, että karbonatisoitunut betoni ei syövy eikä altistu kloridien vaikutukselle. Tietenkään ei voida poissulkea mekaanisen vaikutuksen vahinkoja käytön aikana.

Hiilikuitu on osoittanut jo kauan

ominaisuutensa kevyenä ja kestäväenä rakennusmateriaalina monilla alueilla. Hiilikuidun erityinen etu on minimaalinen lämpölaajeneminen, vähäinen aineen väsyminen ja erittäin hyvä korroosionkestävyys. StoFRP* järjestelmät hyödyntävät näitä ominaisuuksia optimaalisesti ja tekevät mahdolliseksi sekä laadulliset että taloudelliset ratkaisut rakennusosien myöhemmin tapahtuvalle vahventamiselle.

StoFRP järjestelmät osaavat enemmän

StoFRP järjestelmät ovat hyvin joustavia, helpot asettaa ja kevyet kuljettaa. Järjestelmät lisäävät kantavien rakenteiden veto-, puristus- ja taivutusvetolujuutta painon muuttuessa merkityksettömästi. Vahvennustoimenpiteet ovat hillittyjä ja voidaan tehdä optisesti "näkymättömiksi".

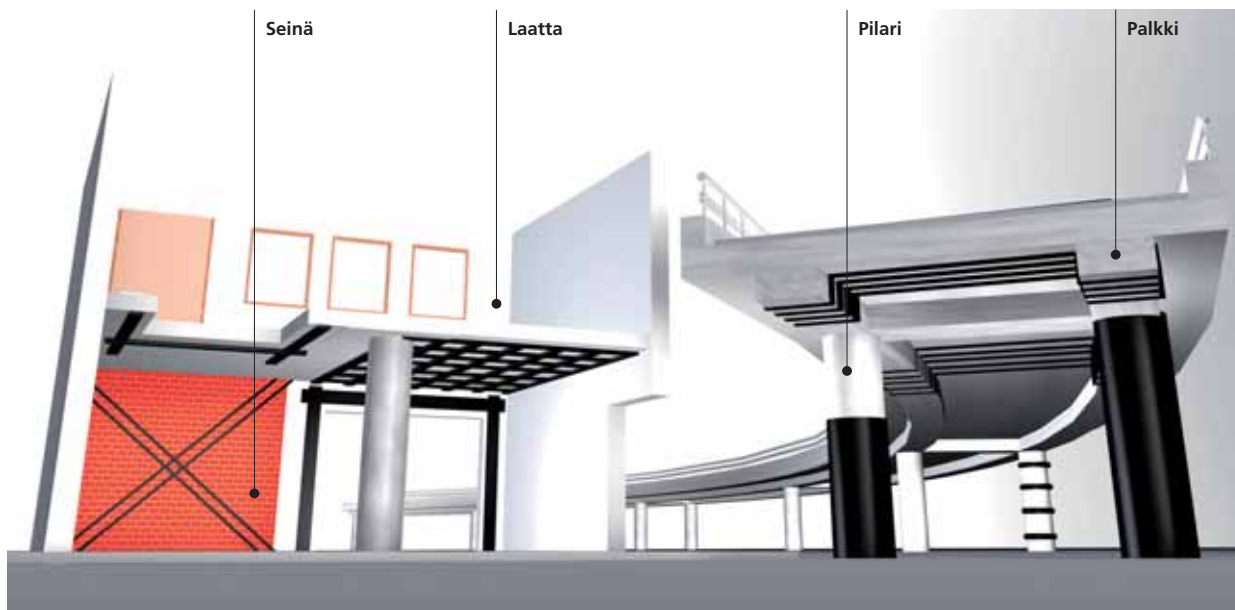
StoFRP järjestelmät sopivat betoni- ja teräsbetonirakenteiden vahventamiseen jälkepäin.

Järjestelmän edut

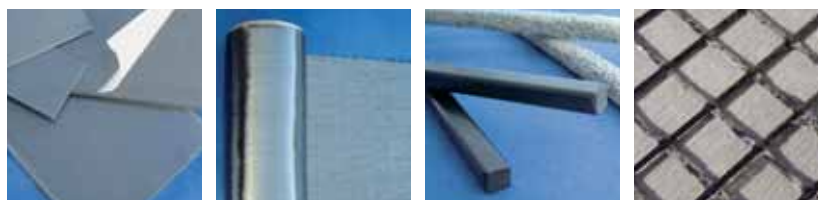
- Korkea vetolujuus ja jäykkyys suhteessa painoon
- Ohuet vahvennuskerrokset
- Vähäinen aineen väsyminen ja hyvä korroosionkestävyys
- Helppo käsitellä ja kuljettaa
- Nopea asennus ja siksi lyhyet ja harvoin tapahtuvat tuotantoseisokit
- Hyvä työskentelyn joustavuus
- Ongelmaton visuaalinen yhdistäminen rakentamisessa
- Hyvin taloudellinen
- Mahdollisuus esijännitykseen

Laaja käyttöalue

StoFRP järjestelmät kattavat laajan käyttöalueen. Järjestelmiä voidaan käyttää esimerkiksi sekä kohteen rakenteen sisässä kuten siltavahvistuksessa että talonrakennuksessa, jossa välipohjien vahvistaminen on yksi mahdollisuus, rei'itys toinen. Anturoiden ja pilarien vahventaminen on siten yksinkertaista ja ennen kaikkea mahdollista toteuttaa.



Yksi järjestelmä jokaiselle käyttöalueelle:



Rakenteen osa	Kuormitus	StoFRP järjestelmäratkaisu			
		StoFRP Plate	StoFRP Sheet	StoFRP Bar	StoFRP Grid
	Pystykuorma	●	●	●	●
	Taivutus	●	●	●	●
	Leikkausvoima		●		●
	Taivutus	●	●	●	●
	Rei'itys		●		
	Taivutus	●	●	●	●
	Rei'itys		●		●



Selitykset

Seuraavat rakenneosat soveltuvat hiilikuituvahventamiseen:

Pilari

Pilari on pystysuora tuki jonka tehtävänä on kestää keskistä tai epäkeskistä kuormitusta. Tuen kantokyky riippuu valitun materiaalin kestävydestä, poikkileikkausmitasta ja poikkileikkausmuodosta, tuen pituudesta ja korkeudesta. Teräsbetonipilarit ovat yleensä suorakaiteen muotoisia tai pyöreitä.

Palkki

Palkit ovat vaakatasoon asetettuja rakenneosia jotka yleensä kantavat välipohjia, sillan kansirakenteita, kattorakennelmia, seinän osia aukkojen yläpuolella, jne. Palkin pituus on suuri verrattuna muihin mittoihin, ja sen kuormitus kohdistuu pääasiassa kohtisuoraan pituussuuntaa vastaan, minkä jälkeen ne taipuvat. Palkkeihin kohdistuva rasitus tapahtuu pääasiassa taivutusmomentilla ja leikkausvoimalla mutta myös vääntömomentilla.

Seinä

Seinä määritellään pystyrakenteeksi, jonka vaakasuunta on paljon suurempi kuin toiseen suuntaan, mikä voidaan rinnastaa pystysuoraan asetetuksi levyksi.

Laatta/Levy

Määritellään horisontaalisesti kantavaksi tai erottavaksi pinnaksi. Pystykuorman kantamisen lisäksi sen pitää usein myös pystyä siirtämään vaakakuormia stabiloiville rakenteille. Laatta voi olla joko yksi- tai kaksiaksiaalisesti rasitettu.

Yhteen suuntaan kantava tarkoittaa sitä, että laatta kantaa kuormia vain yhteen suuntaan tuelta tuelle. Kahteen suuntaan kantava tarkoittaa laattaa, jossa tukireunoja on enemmän kuin kaksi.

Kuormat

Ottaen huomioon kuormien pysyvyyden ja vaikutusajan tulee kuormia tarkastella:

- pysyvinä
 - muuttuvina
 - onnettomuuskuormina
- Kuormia pitää lisäksi tarkastella joko staattisina tai dynaamisina riippuen kuormitusajasta ja -tiheydestä. Kuorman tyypistä riippuen voi kuorma joissakin tapauksissa olla sekä pysyvä että muuttuva, esimerkiksi lumikuormitus.

Pysyvä kuormitus

Pysyvä kuormitus on kaikkien muuttumattomien kuormien summa. Tämä muodostuu kaikkien rakenteenosien omapainoista, maankuormituksesta ja maanpaineesta. Staattinen kuormitus on siksi suurelta osin riippuvainen käytetystä rakennusmateriaalista.

Muuttuva kuormitus

Muuttuva kuormitus on rakenteen suuruudeltaan tai sijainniltaan muuttuva kuorma. Se voi muodostua eri kuormien yhdistelmästä, ihmisistä, sisustuksesta, varastomateriaaleista, kulkuneuvoista, koneista ja tuulesta.

Lisääntyvät muuttuvat kuormat voivat aiheuttaa seuraavaa:

Taivutusmomentti

Teknisessä mekaniikassa taipuminen tarkoittaa rakeneosageometrian mekaanista muutosta taivutusmomentin seurauksena, joka aiheuttaa pääakselin taipumisen. Tämä taivutus voi olla yksi- tai kaksiaksiaalista.

Leikkausvoima

Määritellään voimaksi, joka esiintyy rakenteen poikkileikkauksessa aiheuttaen leikkausjännityksiä. Monissa tapauksissa voivat leikkausjännitykset olla mitoittavia.

StoFRP järjestelmät: Täydellinen ohjelma

StoFRP vahvennusjärjestelmien nopea menestys on intensiivisen tutkimuksen ja johdonmukaisen jatkuvan kehittelyn tulos. Tänään voimme tarjota täydellisen ohjelman moniin eri tarkoituksiin.



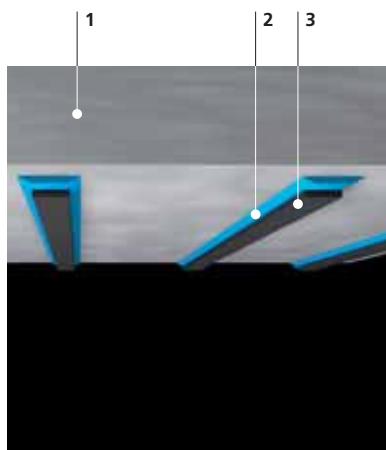
Käyttöalue:

- Tasaiset tai pyöristetyt elementit joilla on suuri läpimitta
- Betoni-, teräsbetoni-, teräs-, puu- ja tiilialustat
- Vahvistus taivutusmomentille

Järjestelmän edut:

- Nopea asennus esivalmistettujen lamellien (laminaatti) avulla
- Useita erilaisia poikkipintoja saatavana vakiomallina
- Useita erilaisia kimmomoduuleja saatavana vakiomallina
- Optimoitu tartunta molempien puolisten suojamuovien avulla
- Korroosionkestävä
- Kestää kemikaaleja ja ilmasto-olosuhteita

- 1 Alusta
2 Epoksiharts
3 StoFRP Plate



StoFRP Plate

Järjestelmä koostuu millimetrin ohuista laminaateista, joita käytetään ulkopuolisina vahvikkeina ja kiinnitetään rakenteeseen liimaamalla. Vahventamisen optimoimiseksi, osittain tarpeen mukaan mutta myös materiaalista riippuen, StoFRP Plate on olemassa kolmena erilaisena kimmomoduulivaihtoehtona; M, S ja E. M tarkoittaa korkeaa kimmomoduulia, S korkeaa vetolujuutta ja E taloudellista kimmomoduulia.

Kaikki kuitu on suunnattu lamellin pituussuuntaan ja pysyy se yhdessä epoksihartsin avulla. StoFRP Plate on 150 mm leveää ja sitä on saatavana 200 metrin pituuteen asti. StoFRP Plate:lla on korkea vetolujuus, pieni omapaino ja se on hyvin helppo ja nopea asettaa.

Suojamuovi laminaatin molemmilla puolilla takaa siistin työn ja ehdottoman puhtaat liimapinnat, mikä puolestaan optimoi tartunnan.

Jälkikäsitellyissä käytettävillä muilla Sto-tuotteilla StoFRP Plate voidaan peittää lähes kokonaan.



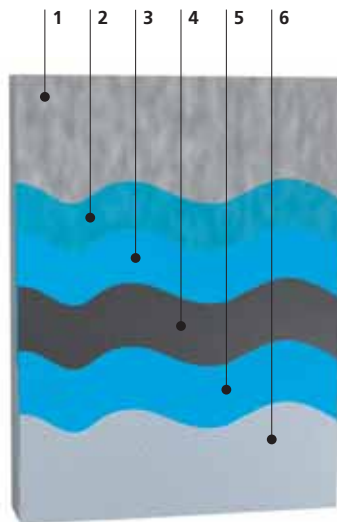
Käyttöalue:

- Tasaiset ja pyöreät rakennuselementit
- Betoni-, teräsbetoni-, teräs-, puu- ja tiilialustat
- Vahvistus taivutusmomentille
- Leikkausvoimavahvistus

Järjestelmän edut:

- Voidaan verhota
- Erilaisia poikkipintoja saatavana vakiomallina
- Erilaisia kimmomoduuleja saatavana vakiomallina
- Yksinkertainen ja hintansa arvoinen verrattuna perinteisiin materiaaleihin

- 1 Alusta
- 2 Pohjustusaine
- 3 Epoksiharts
- 4 StoFRP Sheet
- 5 Epoksiharts
- 6 Mahdollinen pinnoite



StoFRP Sheet

Sheet on kuiva yksisuuntaisesta kuidusta valmistettu verkko, joka pysyy koossa poikittaislankojen avulla. Tämä tuote asetetaan tavallisen tapetoinnin tavoin ja se muodostaa kuitukomposiitin vasta kun se liimataan epoksihartsilla rakenteeseen.

StoFRP Sheet:n molemmat vaihtoehdot, S (korkea vetolujuus) ja M (korkea kimmomoduuli), sopivat erinomaisesti leikkausvoimien ulkopuoliseen vahventamiseen. Näitä voidaan myös käyttää StoFRP Plate:n ankkurointiin. Yhdessä StoFRP Plate:n kanssa voidaan myös toteuttaa massiivisten rakennneosien vahvistus vääntövoimia vastaan.

StoFRP Sheet voidaan peittää pinnoitteella.



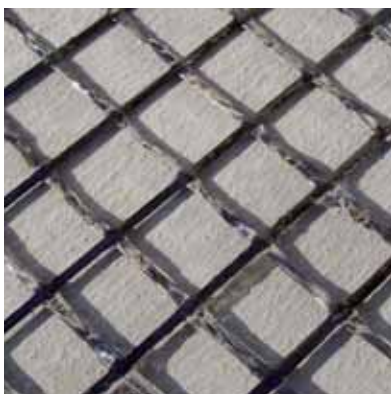


Käyttöalue:

- Tasaiset tai pyöristetyt rakenteet joilla on suuri läpimitta
- Betoni-, teräsbetoni-, puu- tai tiilialustat
- Vahvistus taivutusmomentille

Järjestelmän edut:

- Esivalmistetut sauvat helpottavat käsittelyä
- Useita erilaisia kimmomoduuleja saatavana vakiomallina
- Parempi voimansiirto kun kolme sivua sidotaan vahvistettavaan alustaan
- Asennetaan suoraan betonin sisään, minkä vuoksi se on melkein näkymätön
- Sauvat ovat suojassa ulkoiselta mekaaniselta vaurioilta



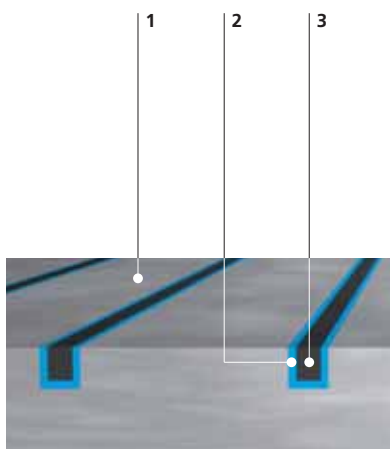
Käyttöalue:

- Tasaiset tai pyöreät rakenteet
- Betoni- tai teräsbetonalustat
- Ulkopuolinen verkotus

Järjestelmän edut:

- Esivalmistettu verkko helpottaa käsittelyä
- Useita silmäkokoja
- Hengittävä
- Suhteellisella kosteudella ei vaikutusta työskentelyyn
- Luonnollinen palosuoja upotettuna betonin sisään
- Voidaan asentaa matalilla lämpötiloilla
- Voidaan asentaa märille alustoille

1. Alusta
2. Epoksihartsit tai laasti
3. StoFRP Bar



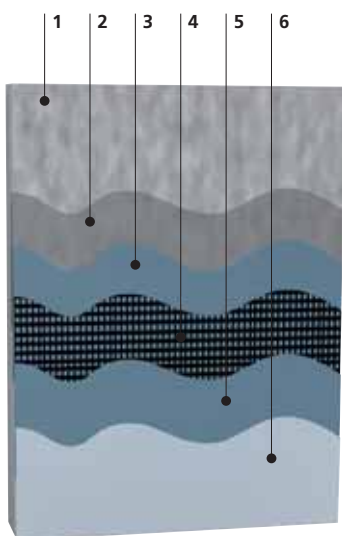
StoFRP Bar

Vahvennusjärjestelmä koostuu neoliömäisistä sauvoista joissa on vakio poikkileikkaus. Kaikki kuitu sauvassa on sijoitettu pituussuuntaan. Ominaisuudet ja asentaminen vastaa StoFRP Plate:a, mutta vahvennus laitetaan rakenteen sisään.

Kapeat urat, noin 15-30 mm syvät, jyrksitään alustaan. Sitten nämä urat täytetään epoksihartsilla tai laastilla ja sen jälkeen komposiittisauva painetaan uran sisään. Sisään jyrksitty vahvennus antaa paremman voiman siirron verrattuna pinnalle liimattuun vahvennukseen. Näin voidaan komposiitin korkeaa vetolujuutta hyödyntää täydellisesti.

Jotta StoFRP Bar järjestelmää voidaan paremmin soveltaa materiaalin ja rakenteiden mukaan järjestelmällä on kaksi eri kimmomoduulivaihtoehtoa, E (taloudellinen) ja M (korkea kimmomoduuli).

1. Alusta
2. Pohjustusaine
3. Laasi
4. StoFRP Grid
5. Laasti
6. Mahdollinen pinnoite



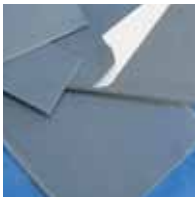
StoFRP Grid

StoFRP Grid järjestelmässä on hiilikuituverkko jonka alustaan kiinnittämisessä käytetään epoksihartsin tilalla mineraaliperustaista laastia. Tämä puolestaan saa aikaan monia positiivisia ominaisuuksia kuten hengittävyys ja parempi toleranssi matalissa lämpötiloissa, mikä tekee mahdolliseksi työt koko vuoden.

Järjestelmä soveltuu erityisesti rakennuksiin jotka altistuvat veden, suolan tai kemikaalien vaikutukselle ja myös rakenteiden vahventamiseen. StoFRP Grid soveltuu myös palkkien ja seinien halkeamaraudoitukseen tai koristeellisten rakennosien vahventamiseen.



Materiaaliominaisuudet

	Tuote	Kimmomoduuli	Vetolujuus	Elastisuus
	StoFRP Plate E	> 150 GPa	> 1800 MPa	15,0 ‰
	StoFRP Plate S	> 163 GPa	> 2800 MPa	16,0 ‰
	StoFRP Plate M	> 245 GPa	> 2000 MPa	7,7 ‰
	StoFRP Sheet S 300 (kuitu)	> 228 GPa	> 4500 MPa	18,0 ‰
	StoFRP Sheet M 300 (kuitu)	> 377 GPa	> 4200 MPa	11,0 ‰
	StoFRP Bar E	> 150 GPa	> 1800 MPa	15,0 ‰
	StoFRP Bar M	> 245 GPa	> 2000 MPa	7,7 ‰
	StoFRP Grid (kuitu)	242 GPa	3800 MPa	17,0 ‰

Älä jätä mitään sattuman varaan!

Kantavien rakenteiden vahventaminen asettaa suuria vaatimuksia projektin kaikkiin vaiheisiin. Analyysivaiheessa esiin tulee ratkaisevia kriteerejä jotka määräävät vahvennusjärjestelmän valinnan. Käytännön tavoitehakuiset toimet ja koko prosessin ajan seuraavat laadunvarmistustoimenpiteet takaavat kestävästi toimivuuden.



Seuraavat laadunvarmistustoimenpiteet auttavat takaamaan StoFRP järjestelmien toimivuuden:

Ennen vahventamista

Alustan tarkistaminen:

- Visuaalinen betonialustan tarkistus (tasainen, pölytön)
- Alustan lämpötilan määrittäminen
- Kastepisteen määrittäminen
- Betonin vetolujuuden $>1,5 \text{ N/m}^2$ tarkistus

Komposiitin tarkistaminen:

- Tyyppi
- Kimmomoduuli
- Vetolujuus
- Venymä

Hartsin tarkistaminen:

- Parasta ennen -päivämäärän tarkistus
- Chargenumeron merkitseminen pöytäkirjaan
- Vetolujuus
- Puristus- ja taivutusvetolujuuden tarkistus

Ympäristöolosuhteet:

- Ilman lämpötilan merkitseminen pöytäkirjaan
- Ilmankosteuden merkitseminen pöytäkirjaan

Vahvennuksen jälkeen

Asentamisen tarkistaminen:

- Työn tarkistaminen visuaalisesti
- Ankkurointipituus
- Vetolujuus
- Laadunvarmistus koputustestillä
- Laadunvarmistus IR-termografilla



Palosuojelu

Lämpötilakuormitus asettaa periaatteessa erityisiä vaatimuksia rakennusmateriaalille. Tämä koskee myös vahvennusjärjestelmiä.

Eräissä tapauksissa vaaditaan teknisiä toimenpiteitä palontorjuntamääräysten vuoksi. Näissä tapauksissa vaaditaan neuvottelua paloviranomaisten kanssa. Niissä tapauksissa joissa staattiseen järjestelmään on tehty muutoksia, esim. rei'ityksellä, palosuojelu on välttämättömyys. Muuten riittää useimmiten rakenteen jäännöskapasiteetti täyttämään palosuojamääräykset.



Sto:n palvelu

Sto ei tarjoa vain tuotteita vaan tarjoaa asiakkaalle myös palveluita. Tavoitesuuntautuneella teknisellä neuvonnalla, kohteen neuvonnalla ja käytännön koulutuksella autamme teitä valitsemaan aluksi oikean järjestelmän. Sen lisäksi tarjoamme mielellämme apuvälineitä, kuten laatu- ja kohdekansioita. Ajattelempa myös tulevaisuutta tekemällä intensiivistä tutkimus- ja kehittämistyötä

Lisätietoja

Yhteistyössä Luleå Tekniska Universitet kanssa Sto Scandinavia on kehittänyt yksinkertaisia laskentamalleja käytännön toimiin, jotka voi tilata cd-muodossa. Suosittelemme myös seuraavia professori Björn Täljsten,

Luleå Tekniska Universitet julkaisuja

- "Förstärkning av existerande betongkonstruktioner med kolfiberlaminat – dimensionering, material och applicering", ISSN: 1402-1536
- "FRP Strengthening of Existing Concrete Structures, Design Guidelines", ISBN: 91-89580-03-6

Molempia julkaisuja voi tilata rakennustekniikan kansliasta, puh. vaihde +46 920-49 10 00.

Sto Finexter Oy

Puh. 0201 104 728
asiakaspalvelu@sto.com
www.sto.fi

Vantaa

Suokallionkuja 8 G
01740 VANTAA
Puh. 0201 104 728

Tampere

Aunankorvenkatu 2
33840 TAMPERE
Puh. 0201 104 729

Turku

Niitunniskantie 18 A
20320 TURKU
Puh. 0201 104 730