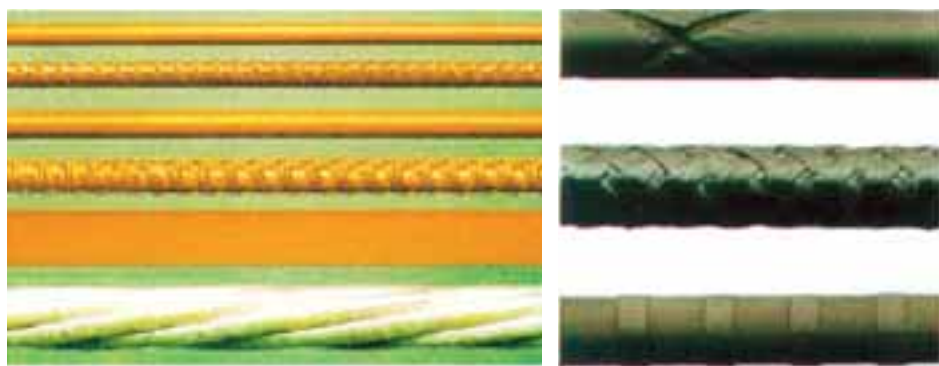


# RAUDOITTEIDEN KORVAAMINEN HIILI- JA LASIKUITUTANGOILLA JA -PUNOKSILLA

Juha Ratvio, kehityspäällikkö, Contesta Oy  
Ossi Räsänen, diplomi-insinööri, Tiehallinto, Asiantuntijapalvelut



1

Betonirakenteiden jännittämättömien ja jännitettyjen raudoitteiden korvaamista hiili- ja lasikuidusta valmistetuilla tangoilla ja punoksilla on tutkittu *Contesta Oy:n* tekemissä tutkimuksissa /1/ ja /2/. Ne keskittyivät siltasovelluksiin, mutta näiden tuotteiden käyttömahdollisuuksia löytyy myös muista infrakohteista ja talonrakentamisesta.

## HIILI- JA LASIKUITUTANKOJEN JA -PUNOSTEN OMINAISUUDET

Hiili- ja lasikuitutangot ja -punokset valmistetaan hiili- tai lasikuidusta, hartsista ja lisäaineista. Sideaineena toimivana hartsina on usein epoksi. Näiden tankojen ja punosten käyttö silloissa perustuu niiden erikoisominaisuuksiin kuten hyvään korroosionkestävyyteen ja vetolujuuteen sekä keveyteen. Toisaalta näiden tuotteiden korkea hinta ja mm. se, että ne (esimerkiksi haat) pitää taivuttaa rakenteen edellyttämään muotoon valmistusvaiheessa tehtaalla, rajoittaa niiden käyttöä.

Näiden tuotteiden pakkassuolakestävyyttä Suomen olosuhteissa ei ole selvitetty riittävästi. Suppeassa laboratoriotutkimuksessa /2/ käytettiin kanadalaisia sileitä kvartsihiekkapinnoitettuja tankoja. Kokeissa todettiin, että suola- ja pakkassuolarasitus pienensivät sekä lasikuitu- että hiilikuitutankojen vetolujuutta merkittävästi, kun tangot eivät olleet betonin sisässä. Pakkassuolarasituksen vaikutukset jäivät oleellisesti pienemmiksi, kun tangot olivat betonin sisässä. Huonokin betoni ja pienikin betonipeite estivät kokeissa lasi- ja hiilikuitutankojen oleelliset taivutusvetolujuuden muutokset 100 syklin pakkassuolarasituksessa. Lisäksi todettiin lasikuitutankojen tartuntavoiman pienentyminen pakkassuolakokeen jälkeen tehdyssä tartuntavetokokeessa.

## KÄYTÖN KUSTANNUKSET

Kirjallisuustutkimuksen /1/ tuloksissa todetaan, että sillan rakentamiskustannusten osalta hiili- ja lasikuitutangot ja -punokset eivät ole vielä kilpailukykyisiä, mutta kun laskelmiin otetaan mukaan rakenteen 100 vuoden suunnittelukäyttöön aikaiset elinkaarikustannukset, tilanne on toinen.

Elinkaarikustannuslaskelmissa (v. 2005 alun hintataso) todettiin, että keskikokoisessa maantiesillassa lasikuitu- ja hiilikuitutankojen käyttö on edullista sillan reunapalkeissa. Lasikuitutangot ovat edullisia myös koko sillan raudoituksen korvaajina. Jänneraudoitteita ei kannata vielä korvata ei-metallisilla punoksilla.

Myös ruostumattomasta teräksestä valmistettujen tankojen käyttöä reunapalkeissa tarkasteltiin elinkaarikustannuslaskelmalla. Ruostumaton teräs osoittautui reunapalkeissa edullisemmaksi tankojen materiaaliksi kuin betoniteräs mutta kalliimmaksi kuin lasi- ja hiilikuitu.

Teräksen voimakas hinnannousu viime vuosina on parantanut ei-metallisten tankojen kilpailukykyä. Korkeita materiaalikustannuksia korvaavat mm. hyvän korroosionkeston ansiosta alentuneet ylläpitokustannukset ja rakenteen keventynyt paino.

## KÄYTÖN EDELLYTYKSET SILLOISSA

Ulkomailla, kuten Kanadassa, USA:ssa ja Japanissa hiili- ja lasikuitutankoja ja -punoksia on jo käytetty silloissa lujitteina raudoitteiden sijasta. Euroopassa on rakennettu muutamia koesiltoja. Suomessa näitä tuotteita ei valmisteta ja niiden käyttö ja tutkimus on ollut vielä vähäistä.

Ennen laajamittaista lasikuitu- ja hiilikuitutankojen käyttöä Suomen olosuhteissa, on tarpeen tar-

kontaa niiden em. maissa laadittuja suunnitteluperusteita ja rakentaa koerakenteita. Hiili- tai lasikuitutankojen ja -punosten käyttö siltarakenteissa edellyttää suunnittelua ja rakentamista koskevien ohjeiden ja laatuvaatimusten laatimista. Myös EU:n puitteissa on kehitystyötä käynnissä tällä sektorilla.

Liimattavia hiilikuitunauhoja on käytetty Suomessa siltojen betonirakenteiden vahvistamiseen vuodesta 1998 lähtien.

## INFRAKOHTTEIDEN MUITA ESIMERKKEJÄ

### *Tunnelien vahvistaminen*

Japanissa on testattu em. ei-metallisia tuotteita (lasikuitukangassovellus) katostaan vaurioituneen rautatie- ja maantietunnelien betonirakenteiden vahvistamiseen ja näin tunnelien käyttöiän pidentämiseen. Tulokset ovat olleet lupaavia, mutta on myös todettu jatkotutkimusten tarve.

Valmistajan mukaan em. ei-metallisia tuotteita on käytetty mm. Pariisin ja Ateenan metro tunnelleissa.

### *Satamarakenteet*

Hiili- ja lasikuitutankojen kestävyys tekee niistä sopivia ankariin olosuhteisiin kuten satama-altaat, telakat, aallonmurtajat ja laiturit (toteutettu esimerkiksi Qatarissa).

### *Paalut*

Paaluraudoituksena hiili- ja lasikuitutankoja on käytetty sekä sillan- että talonrakennuksessa.

### *Pengerrykset*

Hiilikuitumaaperäneuloja ja -kalliopultteja on käytetty monissa raudoiteverkon kiinnityksissä pengerrysten ja kallioseinämien tuennassa.

### *Sähköpylväät*

Saksassa on vuonna 2000 rakennettu sähköpylväitä, jossa on käytetty esijännitettyjä hiilikuitujännelankoja.



2

### TALONRAKENTAMISEN ESIMERKIT

Talonrakentamisessa em. ei-metallisia tuotteita on käytetty ulkomailla seuraavissa sovelluksissa: betonipalkkien ja laattojen vahvistaminen liimattavilla hiilikuitunauhoilla, paaluissa raudotteiden asemasta, julkisivujen verhoukslevyissä ja ikkunapenkeissä, betonisandwich-elementtien sideneuloina, parveke-elementeissä, uima-altaissa sisätiloissa, harkkoseinien saumoissa tai seinien vahvistuksina, pysäköintitaloissa ja laattojen yläpinnan vahvistuksina (pysäköintitalon korjaus).

Em. mahdollisia käyttösovelluksia ei ole vielä Suomessa tutkittu tarkemmin paitsi betonirakenteiden vahvistamisen osalta. Hiili- ja lasikuitutankojen melko huonot palo-ominaisuudet rajoittavat niiden käyttöä talonrakentamisessa.

#### Raportit:

- /1/ Siltojen raudotteiden korvaaminen ei-metallisilla tangoilla ja punoksilla. Contesta Oy, tutkimusselostus A-5552, 2005.
- /2/ Ei-metallisten tankojen pakkas-suolakestävyys. Contesta Oy, tutkimusselostus A-6565M1, 2006.

#### Kuvien alkuperäiset lähteet:

- /3/ <http://www.shef.ac.uk/uni/project/tmrnet/galleries/products.3htm>
- /4/ Use of fibre composites in concrete bridges, CBDG/010/(Concrete Bridge Development Group), Englanti 2001, 36 s.
- /5/ ConFibreCrete EU TMR Network-järjestö, <http://www.shef.ac.uk/uni/project/tmrnet/>



3



4

1  
Hiili- ja lasikuitutankoja ja lasikuitupunos /3/.

2  
Kaksiaukkoinen maantiesilta Japanissa. Sillassa on käytetty ei-metallisia tankoja ja punoksia /4/.

### REPLACING REINFORCEMENT WITH CARBON FIBRE AND GLASS FIBRE RODS AND STRANDS

Carbon fibre and glass fibre rods and strands are manufactured of carbon fibre or glass fibre, resin and additives. Epoxy is often used as the resin that serves as a binder. The use of such rods and strands in bridges is based on their special properties, such as good corrosion resistance and tensile strength, as well as light weight.

The resistance of the product to deicing salt in Finnish conditions has not been investigated sufficiently. A limited laboratory study has been conducted using Canadian rods that were smooth and coated with quartz sand. The tests showed that exposure to salt and deicing salt impaired the tensile strength of both glass fibre and carbon fibre rods significantly, when

3  
Hiilikuitutankon tartuntavetokoe pakkassuolarasituksen jälkeen /2/.

4  
Fidgett-kävelysilta Englannissa. Raudotus on korvattu sillassa ei-metallisilla tangoilla /5/.

the rods were not embedded in concrete. The influence of deicing salt exposure was considerable smaller on rods embedded in concrete. Even concrete of poor quality and a thin concrete cover prevented any essential changes in the flexural tensile strength of glass fibre and carbon fibre rods in a 100-cycle deicing salt exposure test. Another test carried out after the deicing salt exposure test showed that the adhesive strength of glassfibre rods had also decreased.

In Canada, USA and Japan carbon fibre and glass fibre rods and strands have already been used in stead of reinforcement in bridges. Only a few test bridges have so far been built in Europe. There are no manufacturers of these products in Finland, and they have only been used and studied to a limited extent. Adhesive carbon fibre tape has been used to reinforce concrete structures in Finnish bridges since 1998.