



# Siltapilareiden kuoret



# **Siltapilareiden kuoret**

**Suunnittelu- ja toteuttamisvaiheen ohjaus**

ISBN 951-803-056-1  
TIEH 2000007-03

Verkkoversio (<http://www.tiehallinto.fi/julkaisut>) pdf  
ISBN 951-803-057-X  
TIEH 2000007-v-03

Edita Prima Oy  
Helsinki 2003

Julkaisua myy:  
Tiehallinto, julkaisumyynti  
Telefaksi 0204 22 2652  
S-posti [julkaisumyynti@tiehallinto.fi](mailto:julkaisumyynti@tiehallinto.fi)



**Tiehallinto**  
Siltatekniikka  
Opastinsilta 12 A  
PL 33  
00521 HELSINKI  
Puhelinvaihte 0204 2211

VASTAANOTTAJA  
Jakelun mukaan

SÄÄDÖSPERUSTA  
TL 117 §

KORVAA/MUUTTAA

KOHDISTUVUUS  
Tiehallinto

VOIMASSA  
1.12.2003 - toistaiseksi

ASIASANAT  
sillansuunnittelu, sillanrakennus, pilarit, pintarakenteet

---

**Siltapilareiden kuoret, TIEH 2000007-03 (TIEH 2000007-v-03 pdf)**

Siltapilareiden kuoret julkaisua käytetään suunniteltaessa ja rakennettaessa siltojen pilari- ja muita vastaavia pystyrakenteita, joilta edellytetään hyviä säilyvyysominaisuuksia. Julkaisua voidaan soveltaa myös korjauskohteissa pilareiden pintakerrosten uusimisessa.

Julkaisussa käsitellään erilaisista betonimateriaaleista valmistettavia sekä kiinnivalettuja kuoria että erilliskuoria. Kuorien raudoitteina käytetään austeniittista ruostumatonta (haponkestävää) teräslaatua.

Julkaisu on ensimmäinen siltapilareiden kuorirakenteiden suunnittelua ja rakentamista käsittelevä Tiehallinnon julkaisu.

Apulaisjohtaja  
Siltatekniikka



Juhani Vähäaho

Kehittämispäällikkö



Jouko Lämsä

JAKELU

Jukka Isotalo

Tiepiirit

Tiepiirien siltaisinöörit

Hankinta / Investointi

Suunnittelu / Suunnittelun tietotuki

Suunnittelu / Tie- ja liikenneolojen suunnittelu, päätiet

Tekniset palvelut / Tie- ja geotekniikka

Tekniset palvelut / Siltatekniikka, tekninen henkilökunta

Tekniset palvelut / Siltatekninen tuki, tekninen henkilökunta

Kirjasto 2 kpl

Tiehallinnon ulkopuolinen jakelu / luettelo

## **ALKUSANAT**

Siltapilareiden kuoret julkaisu on ensimmäinen siltapilareiden kuorirakenteiden suunnittelua ja rakentamista käsittelevä Tiehallinnon julkaisu. Julkaisussa käsitellään sekä kiinnivalettuja kuoria että erilliskuoria.

Julkaisun ovat kustantaneet Tiehallinto, Betoniteollisuuden Laaduntarkastus BLT ry ja Parma Oy.

Julkaisun laatineeseen työryhmään ovat kuuluneet puheenjohtajana Ossi Räsänen (Tiehallinnon siltatekniikka) ja jäsenenä Esko Matela (Oy VR-Rata Ab), Riitta Mustonen (EkoMassat Oy), Aarno Oinonen (Tieliikelaitos), Matti Piispanen (Tiehallinnon siltatekninen tuki), Jouni Punkki (Parma Oy), Lauri Salmi (Tiehallinnon Uudenmaan tiepiiri) ja Matti T. Virtanen (Betoniteollisuuden Laaduntarkastus BLT ry).

Konsultteina ovat olleet Seppo Matala (Kymenlaakson AMK), Juhani Hyvönen (Insinööritoimisto Pontek Oy) ja Pertti Pitkänen (VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka).

Helsingissä lokakuussa 2003

Tiehallinto



## SISÄLTÖ

1	JULKAISUN TARKOITUS JA SOVELLUSALUE	9
2	MÄÄRITTELYT	9
3	MATERIAALIT	10
3.1	Yleistä	10
3.2	Betonit	10
3.2.1	Yleistä	10
3.2.2	Lujuus	11
3.2.3	Tiiviys	11
3.2.4	Pakkassuolakestävyys	11
3.3	Betonimuovit	11
3.4	Raudoitteet ja teräsosat	12
3.5	Saumaus- ja täyttömateriaalit	12
4	SUUNNITTELUPERUSTEET	12
4.1	Materiaalien suunnitteluarvot	12
4.1.1	Betoni ja betoniterästagot	12
4.1.2	Ruostumattomat betoniterästagot	12
4.1.3	Betonimuovit	13
4.2	Kuormitukset	13
4.2.1	Uusi rakenne	13
4.2.2	Jälkeenpäin kuorella varustettu pilari	13
4.2.3	Rakennusaikaiset kuormat	14
4.3	Voimasuureiden laskenta	14
4.3.1	Yleiset periaatteet	14
4.3.2	Poikkileikkausarvot	14
4.3.3	Voimasuureet	14
5	MITOITUS	15
5.1	Yleistä	15
5.2	Mitoitus murtorajatilassa	15
5.2.1	Yleiset periaatteet	15
5.2.2	Kuoren huomioon ottaminen	15
5.3	Mitoitus käyttörajatilassa	15
5.3.1	Yleiset periaatteet	15
5.3.2	Halkeamat pilarin suuntaisista voimista	16
5.3.3	Halkeamat pilarin kehän suuntaisista voimista	16
6	RAKENTEELLISET VAATIMUKSET JA OHJEET	16
6.1	Mitat, saumat ja pinnat	16



---

6.2	Raudoitus	17
6.3	Eriyisohjeet	17
7	ESIMERKKIRAKENTEITA	18
8	VALMISTUS	20
8.1	Yleistä	20
8.2	Vanhan pilarin kunto	20
8.3	Vanhan pilarin korjaus	20
8.4	Kiinnivalettu kuori	21
8.5	Erilliskuori	21
9	LAADUNVALVONTA JA VAATIMUKSEN MUKAISUUDEN OSOITTAMINEN	21
9.1	Yleistä	21
9.2	Laadunvalvonta	22
9.2.1	Rakenne	22
9.2.2	Materiaalit	22
9.2.3	Työnsuoritus	22
9.3	Vaatimuksen mukaisuuden osoittaminen	23
9.3.1	Rakenne	23
9.3.2	Materiaalit	23
9.3.3	Työnsuoritus	23
9.3.4	Valmis rakenne	23
KIRJALLISUUS		23

---

## 1 JULKAISUN TARKOITUS JA SOVELLUSALUE

Tätä julkaisua käytetään erityisesti suunniteltaessa siltojen pilari- ja muita vastaavia pystyrakenteita, joilta edellytetään hyviä säilyvyysominaisuuksia.

Tällaisia rakenteita ovat mm. risteyssiltojen ja alikulkusiltojen alusrakenteet, jotka ovat 5 m lähempänä tien reunaa, kun alittava tie on valta- tai kantatie tai muu tie, jonka talvikunnossapidossa käytetään runsaasti suolaa. Vesistösiltojen merellä suojaamattomina olevat alusrakenteet ovat myös rakenteita, joilta edellytetään hyviä säilyvyysominaisuuksia.

Tämän julkaisun mukaisesti mitoitettavat pilarit ja vastaavantyyppiset muut tukirakenteet kuuluvat yleisimmin Betonirakenneohjeen kohdan 4.1.1 taulukon 4 ankaran rasituksen luokkaan. Tiehallinnon Betonirakenneohjeen /1/ kohdassa 4.1.1 on esitetty pakkasenkestävyysvaatimukset eri ympäristöluokissa.

Pilareihin kohdistuu tavallisen pakkasuolarasituksen lisäksi voimakas suolasumuvaikutus, jonka raudoitteita korrodoiva vaikutus on huomattava. Sen vuoksi hyvän pakkasenkestävyyden lisäksi rakenteilla on oltava myös hyvä kloridien tunkeumavastus.

Julkaisua voidaan soveltaa myös korjauskohteissa pilareiden pintakerrosten uusimisessa.

Pilareiden kuorirakenteet voidaan jakaa kahteen pääryhmään:

- kiinnivaletut kuoret ja
- erilliskuoret.

Kiinnivaletut kuoret toimivat myös työaikaisena valumuottina ja niiden käyttöalue on lähinnä uustuotannossa. Tartunnattomat erilliskuoret soveltuvat käytettäviksi pilareiden pintakerrosten korjaustöissä. Erilliskuoren suunnittelussa tulee varmistua siitä, että missään tilanteessa kuorirakenteen tartunta ei aiheuta siltarakenteelle merkittäviä rasituksia.

Kuorissa voi käyttää kaikkia betonimateriaaleja, jotka täyttävät kohdassa 3 materiaaleille asetetut vaatimukset. Materiaalien laadunvalvonta ja vaatimuksemukaisuuden (kelpoisuuden) osoittaminen on esitetty kohdassa 9. Suunnitteluohjeet on esitetty kohdissa 4-6.

## 2 MÄÄRITTELYT

Kiinnivalettu kuori on liittorakenne, jossa kuori otetaan huomioon pilarin jäykkyyttä laskettaessa.

Erilliskuori on rakenne, jossa kuorta ei oteta huomioon pilarin jäykkyyttä laskettaessa.

### 3 MATERIAALIT

#### 3.1 Yleistä

Käyttökohteesta riippuen kuorirakenteen materiaaleina voidaan käyttää mm. seuraavia:

- korkealujuusbetoni
- hyvät säilyvyysominaisuudet omaava tavallisen lujuustason betoni
- itsetiivistyvä betoni
- kuitubetoni (ei teräskuitubetoni)
- ruiskubetoni
- polymeerisementtibetoni (PCC)
- polymeerimuunnosbetoni (PMC)
- betonimuovi (PC)
- muu laatuvaatimukset täyttävä betoni
- haponkestävä teräs.

Betonin ja betonimuovin ominaisuudet tulee valita siten, että asetetut laatuvaatimukset täyttyvät.

Erilliskuorien ja vanhan pilarin välissä voidaan käyttää täyttömateriaalia.

#### 3.2 Betonit

##### 3.2.1 Yleistä

Kuorirakenteen betonin tulee täyttää Suomen rakentamismääräyskokoelman ohjeen B4 (RakMk B4) /2/ kohdassa 4 ja Sillanrakentamisen yleisten laatuvaatimusten Betonirakenteet – SYL 3:n /3/ kohdassa 3.3 asetetut vaatimukset jäljempänä esitetyin poikkeuksin.

Edellisen lisäksi betonin tulee täyttää sillan rakennussuunnitelmassa esitettävät erityisvaatimukset. Tällaisia erityisvaatimuksia voidaan asettaa esimerkiksi, kun käytetään itsetiivistyvää betonia, korkealujuusbetonia, ruiskubetonia tai kuitubetonia.

Erityisvaatimuksia voidaan asettaa myös osa-aineiden, kiviaineksen raekoon, sementtilaadun, seosaineiden, lisäaineiden, kuitujen yms. suhteen.

Jos suunnittelussa materiaalille asetetaan erityisvaatimuksia, sillan rakennussuunnitelmassa tulee esittää myös betonin laadunvalvonta ja vaatimuksen mukaisuuden osoittaminen erityisvaatimuksien suhteen.

Kuorirakenteen betoneiden laatuvaatimuksista tärkeimmät ovat:

- lujuus
- pakkassuolakestävyys
- tiiviys (kloridien tunkeumavastus)
- vesisideainesuhde.

### 3.2.2 Lujuus

Kuoren betonin lujuusvaatimus määräytyy suunnittelu- ja asennusvaatimuksista.

### 3.2.3 Tiiviys

Kun betonin korkea lujuus muodostuu alhaisen vesisementtisuhteen ansiosta, lujuudella on välillinen vaikutus sekä betonin pakkassuolakestävyys- että tiiviyteen.

Käytettävän betonin tulee kloridien tunkeumavastuksen suhteen vastata betonia, jonka

- vesisideainesuhde on enintään 0,40
- sementtimäärä on vähintään 340 kg/m<sup>3</sup>
- sementtilaatu on CEM I
- silikamäärä on 5 % sideaineen painosta
- betonin jälkihoito vastaa 28 vuorokauden kostejälkihoitoa.

### 3.2.4 Pakkassuolakestävyys

Kuoren betonin tulee pakkassuolakestävyydeltään vastata vähintään luokan P50 tasoa.

Jos P-lukumenettelyä ei voida käyttää, kuten esimerkiksi ruiskubetonin yhteydessä, pakkassuolakestävyys määritetään 56 kierroksen kokeella standardin SS 13 72 44 /4/ mukaisesti. Kokeen tulos 56 kierroksen rapautum arvona ei saa ylittää arvoa 0,10 kg/m<sup>2</sup>.

## 3.3 Betonimuovit

Betonimuoveissa sideaineena ei käytetä rakennussementtejä. Sideaineet ovat synteettisiä polymeerejä, jotka sitovat kiviaineksen. Polymeerityyppeinä käytetään mm. epokseja, polymetyylimetakrylaatteja ja polyuretaaneja. Riippuen käytettävän polymeerin laadusta ja määrästä (yleensä alle 300 kg/m<sup>3</sup>) betonimuovin fysikaaliset ominaisuudet vaihtelevat suuresti.

Betonimuoveilla voidaan päästä 100...200 MPa puristuslujuustasoon. Veto- lujuus on noin 5...8-kertainen ja taivutusvetolujuus 10-kertainen tavalliseen betoniin verrattuna. Kimmokerroin on selvästi pienempi kuin betonilla. Betoniin verrattuna betonimuovin lämpöpitene- miskerroin laadusta riippuen voi olla jopa kolminkertainen. Tämä tulee ottaa huomioon kuoren suunnittelussa.

Koska betonimuovien fysikaaliset ominaisuudet poikkeavat merkittävästi betonin ominaisuuksista ja koska betonimuovilaadut poikkeavat käytettävien sideaineiden ja runkoainelaadun vuoksi merkittävästi toisistaan, käytettävän betonimuovin seuraavat ominaisuudet tulee tutkia joko hyväksytyssä tai akreditoitussa koetuslaitoksessa tai Tiehallinnon hyväksymässä laboratoriossa:

- puristuslujuus
- pakkassuolakestävyys
- kimmokerroin
- viruma

- veto- tai taivutusvetolujuus
- lämpöpiteneumiskerroin
- muodonmuutoskyky lämpötila-alueella  $\geq -40$  °C.

Lämpöpiteneumiskertoimen suuruus aiheuttaa sen, että betonimuovien murtovenymän arvo ylittyy, jos pilarin betoni valetaan kiinni kuoren kanssa. Näin ollen betonimuovikuoret tehdään tartunnattomina erilliskuurina.

### 3.4 Raudoitteet ja teräsosat

Raudoitteiden laatuvaatimukset on esitetty kohdissa 4.1.1-2.

Kuorien raudoitteet ja teräsosat tulee valmistaa käyttäen austeniittista ruostumatonta (haponkestävää) teräslaataa.

### 3.5 Saumaus- ja täyttömateriaalit

Kuorien saumausaineina käytetään SILKO-hyväksytyjä saumausmassoja (SILKO-ohje 3.731 kohta 1 Reunapalkkien saumat).

Täyttömateriaali ei saa vaikuttaa kovettuaankaan siltarakenteen voimasuureiden jakautumaan eikä heikentää kuoren ja vanhan pilarin lujuus- ja säilyvyysominaisuuksia.

## 4 SUUNNITTELUPERUSTEET

### 4.1 Materiaalien suunnitteluarvot

#### 4.1.1 Betoni ja betoniterästangot

Betonin ja betoniteräksen laskentalujuuksina ja muina materiaaliominaisuuksina käytetään RakMK B4:ssä esitettyjä arvoja Betonirakenneohjeissa /1/ esitetyin tarkennuksin.

#### 4.1.2 Ruostumattomat betoniterästangot

Austeniittisten ruostumattomien terästen (haponkestävien terästen) lujuudet ja muut materiaaliominaisuudet määräytyvät standardien SFS-EN 10088 /5,6,7/ mukaan. Käytettävän teräksen 0,2 %-rajan tulee olla  $\geq 300$  MPa, kun kuori liittyy monoliittisesti kantavaan rakenteeseen ja  $\geq 200$  MPa, kun kuori on irti kantavasta rakenteesta. Normaalisti voidaan suunnittelussa käyttää teräksille seuraavia parametreja:

- tiheys  $8000 \text{ kg/m}^3$
- kimmokerroin  $200\,000 \text{ MPa}$
- lämpöpiteneumiskerroin  $16 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ .

### 4.1.3 Betonimuovit

Betonimuovien lujuudet ja muut suunnittelussa tarvittavat materiaaliominaisuudet (kimmokerroin, kutistuminen, viruminen, lämpöpiteneemiskerroin ja muodonmuutoskyky) on selvitettävä valmistajan toimesta Tiehallinnon hyväksymässä tutkimuslaitoksessa ennen betonimuovin käyttöä.

## 4.2 Kuormitukset

### 4.2.1 Uusi rakenne

Rakennetta rasittavat normaalit ohjeen Siltojen kuormat /8/ mukaiset pilarin mitoituskuormat. Jos kuori toimii varsinaisessa pilarivalussa muottina ja tulee monoliittisesti (kuten yhtenä osana valettuna) kiinni pilariin, kuormat rasittavat koko poikkileikkausta. Jos kuori on irti varsinaisesta kantavasta pilarirakenteesta, kohdistuu siihen lopputilanteessa vain kiinnityksistä, kutistumasta, lämpötilakuormista ja mahdollisista törmäyskuormista syntyvät rasitukset.

Kiinnivalettua kuorta rasittavat kantavan rakenteen ja kuoren kutistuma- ja virumaerot. Rakenne on kuitenkin pyrittävä tekemään niin, ettei kuoreen synny näistä vetorasituksia. Toisin sanoen kantavan rakenteen valuhetkellä kuoren jäljellä olevan kutistuman pitäisi olla pienempi kuin valettavan rakenteen kutistuman. Jos kuoren suurempaa lujuutta ei oteta huomioon mitoituksessa, niin sen viruma voi olla valettavan rakenteen virumaa suurempi. Jos kuoren suurempi lujuus halutaan käyttää hyväksi on virumille käytettävä mahdollisimman oikeita arvoja.

Kuoren raudoitusmäärän ollessa huomattava (> 2 %) on haponkestävän raudoitteen lämpölaajenemisen vaikutukset tutkittava käyttörajatilassa. Tällä on kiinnivaletussa kuoressa merkitystä yleensä vain pilarin kehän suunnassa.

Kuormien yhdistely suoritetaan ohjeen Siltojen kuormat mukaisesti.

### 4.2.2 Jälkeenpäin kuorella varustettu pilari

Jos pilari varustetaan kuorella jälkikäteen, on suositeltavaa, että kuorta ei liitetä osaksi rakenteellisesti toimivaa poikkileikkausta.

Jos kuori kiinnitetään vanhaan pilariin monoliittisesti, niin kuori saa rasituksia sillan lyhytaikaisista kuormista. Koska pilarin jäykkyys kasvaa yleensä merkittävästi, on sekä pilarin että siihen monoliittisesti kiinnittyvän päällysrakenteen mitoitus tarkistettava liikennekuormalle, jarrukuormalle, lämpöliikkeille ja epätasaiselle lämpötilaerolle.

Jos pilari, jossa kuori on valettu monoliittisesti kiinni, liittyy päällysrakenteeseen kiinteän laakerin (nivel) välityksellä, riittää pelkästään pilarin mitoituksen tarkistaminen lämpöliikkeille ja mahdollisesti jarrukuormalle. Jos pilari liittyy päällysrakenteeseen liikkuvan laakerin välityksellä, ei pilarin mitoitusta tarvitse tarkistaa.

Kuoren liittäminen jälkikäteen vanhaan pilariin poikkileikkauksen toimivaksi osaksi ei ole suositeltavaa, jos pilari liittyy päällysrakenteeseen muuten kuin

liikkuvan laakerin välityksellä. Jos näin kuitenkin tehdään, on vanhan rakenteen mitoitus ehdottomasti tarkastettava edellä esitettyjen periaatteiden mukaan.

Kun kuori jätetään irti alkuperäisestä pilarista, kuorta rasittavat käyttötilassa vain kiinnityksistä, kutistumasta, lämpötilan muutoksista ja mahdollisista törmäyksistä syntyvät kuormat. Iskukuormana kuoren tulee kestää standardin EN 1794-2:2003 mukainen testi (class 3, Test 0,5 kJ, Result C) /9/. Kokeessa kuoren kiinnityksen tulee vastata kuoren todellista kiinnitystä valmiiseen rakenteeseen.

### 4.2.3 Rakennusaikaiset kuormat

Nostojen, siirtojen ja asentamisen aiheuttamat kuormat selvitetään tapauskohtaisesti. Niiden tulee vastata todellisia kuormitustilanteita.

Kiinnivalettavaa kuorta rasittavat varsinaista kantavaa pilaria valettaessa valupaineet. Normaaliille betonille valupaineet lasketaan ohjeen Tukitelineet, RIL 147-1993 /10/ mukaan. Itsetiivistyvän betonin valupaineet lasketaan hydrostaattisena paineena.

Jos pilari varustetaan jälkeinpäin kiinnivalettavalla kuorella, kuoreen mahdollisesti kohdistuvat valupaineet on selvitettävä tapauskohtaisesti.

## 4.3 Voimasuureiden laskenta

### 4.3.1 Yleiset periaatteet

Koko rakenteen malleina käytetään normaaleja 1-, 2- tai 3-ulotteisia malleja. Uuden sillan ollessa kyseessä voimasuureiden laskenta ei poikkea mitenkään normaalista. Varustettaessa vanhan sillan pilareita monoliittisesti kiinnitettävillä kuorilla laskennan laajuus määräytyy edellä kohdassa 4.2.2 esitettyjen periaatteiden mukaan.

Jos kuoria ei kiinnitetä vanhoihin pilareihin monoliittisesti, ei pilarin voimasuureet muutu, eikä niitä siten ole tarpeen laskea.

### 4.3.2 Poikkileikkausarvot

Yleensä kuoribetonin suurempi lujuus ja sen myötä suurempi kimmokerroin tulee ottaa huomioon, kun kuori liittyy monoliittisesti varsinaiseen pilariin. Tämä voi tapahtua joko rakennemallin pilari-sauvan poikkileikkausarvoja vastaavasti kasvattamalla tai antamalla poikkileikkauksen osille omat kimmokerroimet. Näin tulee tehdä riippumatta siitä, hyödynnetäänkö kuoren suurempi lujuus itse mitoituksessa.

### 4.3.3 Voimasuureet

Jos kuori kiinnittyy varsinaiseen pilariin monoliittisesti, lasketaan voimasuureet koko poikkileikkaukselle. Poikkileikkauksen erilaiset osat otetaan huomioon vasta poikkileikkauksen mitoituksessa.

---

Irti oleva kuori ei vaikuta kantavan pilarirakenteen voimasuureisiin tai niiden laskentaan muuten kuin, että kuoren paino on pilarin kuormana.

## **5 MITOITUS**

### **5.1 Yleistä**

Irti varsinaisesta kantavasta rakenteesta oleva kuori ei vaikuta mitenkään kantavan pilarirakenteen mitoitukseen.

Kantavaan pilarirakenteeseen monoliittisesti kiinnivalettu kuori toimii poikkileikkauksen osana, ja otetaan yleensä huomioon mitoituksessa.

### **5.2 Mitoitus murtorajatilassa**

#### **5.2.1 Yleiset periaatteet**

Pilari mitoitetaan normaalivoimalle, taivutukselle ja leikkausvoimalle periaatteessa RakMK B4:n /2/ ja Betonirakenneohjeen /1/ mukaan.

Kuoren kiinnittyessä monoliittisesti kantavaan pilariin, sen oletetaan toimivan mukana mitoituspoikkileikkauksessa.

Vain varsinaisen pilarin rauditus otetaan huomioon murtorajatilassa mitoitettaessa.

#### **5.2.2 Kuoren huomioon ottaminen**

Yleensä kuori voidaan olettaa mitoitustarkasteluissa olevan samaa betonia kuin varsinainen pilari. Näin menettelemällä pilariin saadaan jonkin verran enemmän taivutusraudoitusta kuin ottamalla kuoren suurempi lujuus huomioon. Käytännössä ero on merkityksetön, jos kuoren paksuus on alle 1/10 pilarin halkaisijasta/sivumitasta ja kuoren lujuus  $\leq K70$ . Näin meneteltäessä on kuitenkin huolehdittava siitä, että kuoren jäljellä oleva kutistuma on pienempi kuin varsinaisen pilarin.

Haluttaessa voidaan kuoren suurempi lujuus ottaa mitoituksessa huomioon. Tällöin on otettava tarkemmin huomioon myös kuoren ja varsinaisen pilarin kutistuma- ja virumaero.

### **5.3 Mitoitus käyttörajatilassa**

#### **5.3.1 Yleiset periaatteet**

Kun kuori on monoliittisesti kiinni varsinaisessa pilarissa, tarkastellaan vain kuoren halkeamia. Kun kuori on irti kantavasta pilarista, tarkastellaan pilarin halkeamat normaalilla tavalla. Kuoren halkeamia ei tällöin tarvitse tarkastella, jos sen rauditus täyttää kohdassa 6.1 annetut ehdot.

Halkeamaleveydet lasketaan RakMK B4:n mukaan.



Varsinaisessa pilarissa monoliittisesti kiinni olevan kuoren halkeamaleveyttä laskettaessa otetaan huomioon vain kuoren raudoitus. Pinta-alaa  $A_{ce}$  (RakMK B4:n kohta 2.3.3.3) laskettaessa otetaan huomioon vain kuoren paksuus.

### 5.3.2 Halkeamat pilarin suuntaisista voimista

Pilarin taivutuksesta syntyvän halkeamaleveyden raja-arvot ovat lyhytaikaiskuormille  $w_k \leq 0,3$  mm ja pitkäaikaiskuormille  $w_k \leq 0,1$  mm seuraavin poikkeuksin. Valupaineen aiheuttamia halkeamia pidetään pitkäaikaisina. Monoliittisesti pilarissa kiinni olevan kuoren vaakasaumojen kohdalla halkeamaleveys lasketaan varsinaiselle pilarille.

Näin sauman kohdalla lasketun lyhytaikaisenkin halkeamaleveyden tulee jäädä  $\leq 0,2$  mm.

Teräksen vetojännitys ei kuitenkaan saa ylittää 90 % kuoren raudoituksen 0,2-rajasta.

### 5.3.3 Halkeamat pilarin kehän suuntaisista voimista

Kehän suuntaisia halkeamia kuoreen aiheuttavia voimia ovat valupaine, kutistuminen ja haponkestävien terästen betonia suuremmasta lämpöpienemiskertoimesta lämpötilan noustessa betoniin syntyvät vetovoimat. Kohdassa 4.2.1 on edellytetty, että pilarin valuhetkellä kuoren jäljellä olevan kutistuman tulee olla pienempi kuin valettavan pilarin.

Valupaineen aiheuttamat halkeamat luokitellaan pysyviksi, lämpötilan muutoksesta syntyvät lyhytaikaisiksi.

## 6 RAKENTEELLISET VAATIMUKSET JA OHJEET

### 6.1 Mitat, saumat ja pinnat

Raudoitettun kuoren rakennepaksuuden tulee olla  $\geq 60$  mm. Raudoittamattoman (kuitubetonista valmistetun) kuoren paksuuden tulee olla  $\geq 45$  mm.

Betonipeitteen tulee olla  $\geq 25$  mm, joka on hyväksymisraja. Betonipeitteen hylkäysraja on 20 mm.

Kuoren sisäpinnan betonipeitteen tulee olla  $\geq 15$  mm, joka on hyväksymisraja. Hylkäysraja on 10 mm.

Kuoren suurin sallittu halkeamaleveys on 0,1 mm. Halkeamien määrän tulee täyttää SYL 3:n kohdan 3.2.2.5.13 vaatimukset.

Kuoren vaakasaumat tulee olla säännöllisin välein. Monoliittisesti kiinni valettujen kuorien vaakasaumat tulee sijoittaa siten, että kohdassa 5.3.2 halkeamien leveydelle asetettu ehto täyttyy.

Kiinnivalettavan kuoren liitospinnan karkeuden tulee olla  $\geq 3$  mm ja se tulee saada aikaan muotilla tai suihkupuhdistuksella, jonka karheus vastaa SILKO-ohjeen 1.203:n voimakkaan suihkupuhdistuksen karheutta.

Näkyviin jäävien pintojen laatuvaatimukset ovat SYL 3:n kohdan 3.2.2.5 mukaiset. Kaikkiin näkyviin jääviin särmiin tehdään 5x5 mm:n viisteet, ellei suunnitelmissa muuta esitetä.

## 6.2 Raudoitus

Monoliittisesti kiinni valetun kuoren raudoitusmäärän tulee olla pilarin suunnassa vähintään

$$A_s = (f_{ctk}/f_{yk}) \cdot A_c \quad (f_{yk} \text{ on teräksen } 0,2\text{-raja})$$

ja kehän suunnassa vähintään puolet tästä.

Irti olevan kuoren raudoitusmäärän tulee olla sekä pilarin että kehän suunnassa vähintään

$$A_s = 0,5 \cdot (f_{ctk}/f_{yk}) \cdot A_c \quad (f_{yk} \text{ on teräksen } 0,2\text{-raja})$$

Hitsattuja verkkoja ei saa käyttää kuorien raudoituksena ajoneuvoliikenteen silloissa, joissa kuori on monoliittisesti kiinni varsinaisessa pilarissa. Muulloin hitsattujen verkkojen käyttö on sallittua.

Raudoitustankojen jaon tulee olla molemmissa suunnissa pienempi kuin kaksinkertainen kuoren paksuus.

## 6.3 Erityisohjeet

Ennen kuin vanha pilari voidaan varustaa kuorella, on siitä tehtävä kuntoselvitys ja tarvittaessa pilari on korjattava.

Erilliskuoren ja vanhan pilarin väli voidaan tuulettaa, jos pilarin betonin karbonatisoituminen ei ole edennyt yli puoleen betonipeitteestä tai pilari kunnostetaan ennen kuoren asentamista.

Kuorissa mahdollisesti käytettävien ruuvien ja niihin liittyvien kiinnitysosien tulee olla austeniittistä ruostumatonta (haponkestävää) terästä. Myös kuorien saumoissa käytettävien tuki-/kiinnitysterästen tulee olla samaa materiaalia. Hitsauksen lisäaineiden tulee olla materiaalitoimittajien suositusten mukaisia.

Hitsisaumat tulee käsitellä siten, että niiden korroosionkesto-ominaisuudet vastaavat perusaineen ominaisuuksia.

Pilari voidaan tehdä myös edellä kuvatulla tavalla raudoitettuna ('kuoren' haponkestävä raudoitus ulommaisena ja varsinainen rakenteellinen raudoitus sen sisäpuolella), mutta koko pilarin poikkileikkaus kerralla valaen. Tällöin haponkestävän raudoituksen vähimmäismäärää, raudoitustankojen jakoa ja halkeamatarkastelussa pinta-alaa  $A_{ce}$  laskettaessa betonikerroksen paksuutena käytetään etäisyyttä pilarin pinnasta haponkestävän ja rakenteellisen

raudoituksen välin keskilinjalle. Pilarin mitoituksessa ja halkeamien laskennassa noudatetaan muutoin edellä esitettyjä ohjeita.

Kiinnivalettavana 'kuorena' voidaan käyttää myös haponkestävää teräsvaippaa, jos se ulkonäön kannalta on mahdollista /12/.

Kaikkia kuorirakenteita - ja erityisesti erilliskuoria - suunniteltaessa on sillan ulkonäköön kiinnitettävä riittävästi huomiota.

## 7 ESIMERKKIRAKENTEITA

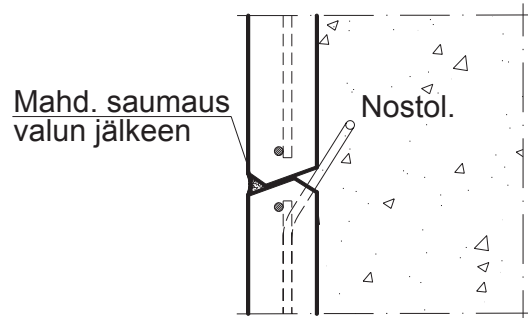
Erilliskuoren ja pilarin väli voidaan täyttää esimerkiksi seuraavilla tavoilla:

- Vanhan rakenteen pintaan tehdään (mahdollisen kunnostuksen jälkeen) SYL 3:n kohdan 3.2.7.2 mukainen kaksinkertainen kumibitusively. Kuoren asentamisen jälkeen sen ja vanhan rakenteen väli valetaan (injektoidaan) koko korkeudelta täyteen.
- Kuoren ja vanhan rakenteen väli täytetään kuivalla pestyllä hiekalla, jonka rakeisuuden alanimellisraja on 0,5 mm. Tällöin veden suora pääsy ja kertyminen väliin on estettävä.
- Kuoren ja vanhan rakenteen väliin tehdään pystysuuntaiset tukikaistat määräväleihin (esim. pyöreän pilaripoikkileikkauksen 1/6-pisteisiin). Tukikaista voidaan tehdä muotoon leikatusta joustavasta, mutta riittävän jäykästä materiaalista, tai pursottamalla polyuretaania väliin pystyyn asennettuihin 'letkuihin'.

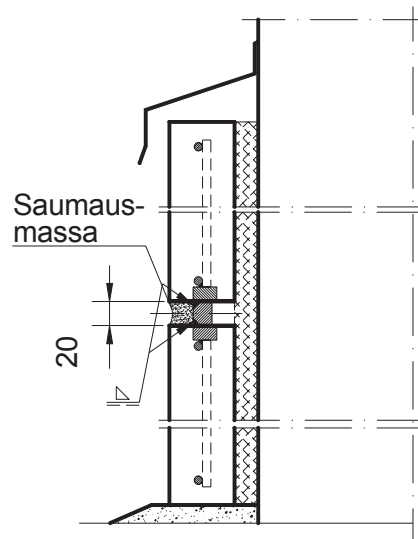
Jos kuoren ja pilarin väliin voi päästä tai suotautua vettä, rakenteeseen tehdään tarvittavat vedenpoistoaukot.

Kuoriin voidaan asentaa läpimeneviä säätöruuveja, joilla kuori voidaan säätää ja tukea oikeaan asemaansa ennen välin täyttöä. Kun rakenne on saatu valmiiksi, ruuvit katkaistaan kuoren ulkopinnan tasosta. Leikkauspinnat käsitellään niin, että niiden korroosio-ominaisuudet ovat perusainetta vastaavat.

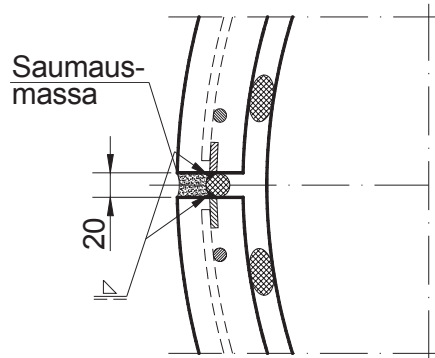
Esimerkkejä kuorien saumarakenteista on esitetty sivulla 19.



KIINNIVALETUN KUOREN VAAKASAUMAT



ERILLISKUOREN VAAKASAUMAT



ERILLISKUOREN PYSTYSAUMAT

## 8 VALMISTUS

### 8.1 Yleistä

Valmistuksessa noudatetaan yleisesti Sillanrakentamisen yleisten laatuvaatimusten osan Betonirakenteet – SYL 3 koskevia määräyksiä.

Kuoret voidaan valmistaa elementtitehtaalla tai työmaalla.

Kuoria valmistettaessa on kiinnitettävä huomiota

- raudoituksen asemaan ja riittävään tuentaan
- tavalliset ja ruostumattomat raudoitteet eivät ole kosketuksessa toisiinsa
- betonin riittävään tiivistykseen
- betonin lämpötilaan valmistettaessa kuoria työmaalla
- betonin jälkihoitoon.

Itsetiivistyvää betonia käytettäessä noudatetaan Tiehallinnon asettamia ohjeita.

Elementtien saumauksessa käytettävät hyväksyttävät saumausmassat on esitetty SILKO-ohjeessa 3.731.

### 8.2 Vanhan pilarin kunto

Pilarin kunto tutkitaan ennen vanhan pilarin varustamista kuorella. Kunnan tutkiminen edellyttää ainakin seuraavien seikkojen selvittämistä:

- pintaosien kunto silmämääräisen tarkastuksen perusteella (lohkeamat, irtoamassa olevat pintaosat, raudoituksen korroosion aiheuttamat halkeamat)
- karbonatisoitumissyvyys
- kloridipitoisuus (eri syvyyksillä)
- raudoituksen kunto.

Irti olevat pintaosat voidaan paikallistaa vasaralla koputtelemalla. Kloridipitoisuus selvitetään eri syvyyksiltä otetuista jauhenäytteistä (SFS 5451). Raudoituksen kunnan selvittämiseksi voidaan paikallisesti piikata betoniterästankoja esille. Raudoituksen korroosiota voidaan selvittää korroosionopeusmittauksella tai potentiaalimittauksella.

Tarvittaessa voidaan selvittää betonin puristuslujuus ja betonipinnan tartuntavetolujuus.

Tutkimuksissa noudatetaan Tiehallinnon Sillantarkastusohjeessa /11/ annettuja ohjeita.

### 8.3 Vanhan pilarin korjaus

Ennen kuoren asentamista vanha pilari korjataan.

Irtonaiset lohkeamassa olevat pintaosat ja heikkolaatuinen betoni poistetaan. Kloridipitoinen betoni poistetaan niin syväälle, että betonin kloridipitoisuus alittaa betonin painosta 0,07 % happoliukoisena mitattuna ja 0,05 % vesiliukoisena mitattuna. Karbonatisoitunut betoni poistetaan kokonaan, jos karbonatisoituminen on edennyt raudoitukseen asti.

Raudoituksen uusimisessa ja korjaamisessa sekä betonipaikkauksissa käytettäviä työtapoja ja menetelmiä on esitetty SILKO-ohjeissa 2.231, 2.232, 2.233, 2.234 ja 2.262.

#### **8.4 Kiinnivalettu kuori**

Kiinnivaletut kuoret toimivat valunaikaisina muotteina. Kuoret on tuettava ja asennettava siten, että ne kestävät valun aiheuttamat rasitukset ja että mahdollinen kuoren osien jälkisaumaus voidaan toteuttaa suunnitellulla tavalla.

#### **8.5 Erilliskuori**

Erilliskuoret asennetaan siten, että ne eivät merkittävästi vaikuta siltarakenteen toimintaan. Yleensä tämä edellyttää, että kuori irrotetaan vanhasta rakenteesta.

Erilliskuoren asennuksessa voidaan noudattaa jotakin seuraavista periaatteista:

- välitila betonoidaan
- käytetään täyttömateriaalia
- kuori jätetään irti.

Jos välitila betonoidaan, tulee täyttöbetonin tartunta erilliskuoresta tai korjattavasta pilarista poistaa, esimerkiksi bitumisivelyin (SYL 3 kohta 3.2.7.2) tai muuta vastaavaa menettelyä käyttäen.

Välitilan koon tulee vastata välitilan täyttömateriaalin ja työnsuorituksen vaatimuksia.

### **9 LAADUNVALVONTA JA VAATIMUKSEN MUKAISUUDEN OSOITTAMINEN**

#### **9.1 Yleistä**

Kuorirakenteessa käytettävien materiaalien, työnsuorituksen ja valmiin rakenteen laadunvalvonnassa, vaatimuksen mukaisuuden osoittamisessa ja dokumentoinnissa noudatetaan Suomen Rakentamismääräyskokoelman osassa B4, SYL 1:ssä ja SYL 3:ssa esitetyt menettelyt.

Jos käytetyt materiaalit ja työnsuoritus poikkeavat tässä julkaisussa ja SYL 3:ssa esitetyistä vaatimuksista tulee materiaalien, työnsuorituksen ja valmiin rakenteen laadunvalvonta toteuttaa ja vaatimuksen mukaisuus osoittaa sillan rakennussuunnitelmassa esitetyn mukaisesti.

## 9.2 Laadunvalvonta

### 9.2.1 Rakenne

Muottina käytettävä kuori tulee tukea siten, että pilarin asemalle ja muodolle asetetut toleranssivaatimukset täyttyvät.

Korjauskohteissa pilarin kunnan tarkastuksesta kohdan 8.3 mukaan tehdyt havainnot kirjataan korjauskohteesta tehtävään laaturaporttiin.

Kun kuori jätetään irti alkuperäisestä pilarista, kuoren iskukuormakestävyys tulee selvittää standardin EN 1794-2:2003 mukaisella kokeella (kohta 4.2.2) ennen kuoren asentamista Tiehallinnon hyväksymässä aineenkoetuslaitoksessa. Iskukuormakestävyuden arvioimisessa voidaan käyttää aikaisemmista vastaavista kohteista käytettävissä olevaa tietoa.

### 9.2.2 Materiaalit

Pilarikuorien betonimassa ja/tai elementit valmistetaan SYL 3:n mukaisesti tarkastetun valmistuksen piiriin kuuluvassa valmistuslaitoksessa

Muiden materiaalien osalta valmistajalla on oltava Tiehallinnon hyväksymä toimiva laadunhallintajärjestelmä, joka sisältää soveltuvin osin SYL 3:n kohdassa 3.4.10.1.2 esitetyt asiat.

Kuorissa käytettävien materiaalien laatua valvotaan SYL 3:n kohtien 3.3.1.4, 3.3.2.3, 3.3.2.6, 3.3.3-10 mukaisesti tai sillan rakennussuunnitelmassa esitettyä menettelyä noudattaen.

Betonin tiiviysvaatimukseksi asetetun vesisideainesuhteen enimmäisarvon ja osa-aineiden laadun ja määrän täyttymiseksi valvoja tarkastaa betonin suhteitustiedot. Muiden materiaalien osalta tarkastetaan, että materiaalin kloriditunkeumavastus vastaa vertailubetonin kloriditunkeumavastusta.

Jos betonin pakkassuolakestävyys määritetään standardin SS 13 72 44 mukaisesti, valmistetaan em. standardissa esitetyn mukaisesti kolme koekappaletta, joille tehdään sahatulle pinnalle 56 kierroksen rapaumakoe. Vaihtoehtoisesti koekappaleet voidaan leikata valmiista elementistä. Tällöin koekappaleet tulee irrottaa siten, että em. standardin mukainen esikäsittely 7 vuorokauden jälkeen on mahdollinen.

Kovettuneen betonin huokosmääritystä voidaan käyttää ennakkokoeluoontoisesti arvioitaessa huokostuksen onnistumista.

### 9.2.3 Työsuoritus

Työsuorituksen laatua valvotaan SYL 3:n kohtien 3.4.3.5, 3.4.4.9 ja 3.4.10 mukaisesti tai sillan rakennussuunnitelmassa esitettyä menettelyä noudattaen.

Työsuorituksen aikana valvotaan, että työ tehdään laaditun työvaihekohtaisen laatusuunnitelman mukaan.

### 9.3 Vaatimuksen mukaisuuden osoittaminen

#### 9.3.1 Rakenne

Rakenneosien vaatimuksen mukaisuus osoitetaan laadunvalvonnasta saatujen mittaustietojen ja työnsuorituksen aikana tehtyjen havaintojen perusteella.

#### 9.3.2 Materiaalit

Pilarikuorien materiaalien vaatimuksen mukaisuus osoitetaan SYL 3:n kohtien 3.3.1.5, 3.3.2.4, 3.3.2.7, 3.3.3-10 mukaisesti tai sillan rakennussuunnitelmassa esitettyä menettelyä noudattaen.

Betonin vesisementtisuhteen enimmäisarvo on 0,40. Mikäli arvo ylittyy, tulee betonin kloriditunkeumavastus todeta Tiehallinnon hyväksymää menettelyä noudattaen.

Jos betonin pakkassuolakestävyys on määritetty standardin SS 13 72 44 mukaisesti, neljän koekappaleen keskiarvotulos 56 kierroksen rapautumiarvona saa olla enintään 0,10 kg/m<sup>2</sup>. Yksi koetulos saa ylittää vaatimusrajan enintään 20 %.

#### 9.3.3 Työnsuoritus

Työnsuorituksen vaatimuksen mukaisuus osoitetaan työaikaisten mittaustulosten ja työn aikana tehtyjen havaintojen perusteella.

#### 9.3.4 Valmis rakenne

Kun kuori jää irti alkuperäisestä pilarista, kuoren tulee kestää iskukuormana standardin EN 1794-2:2003 mukainen testi (kohta 4.2.2).

Valmiin rakenteen vaatimuksen mukaisuus todetaan laadunvalvontatietojen perusteella.

## KIRJALLISUUS

- /1/ Betonirakenneohjeet. Tiehallinto, Siltayksikkö. TIEL 2172073. Helsinki 2000.
- /2/ Ympäristöministeriö. Suomen rakentamismääräyskokoelma. B4 Betonirakenteet. Ohjeet 2001.
- /3/ Sillanrakentamisen yleiset laatuvaatimukset. Betonirakenteet – SYL 3. Tiehallinto TIEH 2210005-2001. Helsinki 2001.
- /4/ SS 13 72 44. Betongprovning - Hårdnad betong - Avflagningsprovning). 1995. SIS, Swedish Standards Institute.
- /5/ SFS-EN 10088-1. Ruostumattomat teräkset. Osa 1: Ruostumattomien terästen luettelo, Suomen Standardisoimisliitto, 1995



- 
- /6/ SFS-EN 10088-2. Ruostumattomat teräkset. Osa 2: Yleiseen käyttöön tarkoitetut levyt ja nauhat. Tekniset toimitusehdot. Suomen Standardisoimisliitto, 1995
- /7/ SFS-EN 10088-3. Ruostumattomat teräkset. Osa 3: Yleiseen käyttöön tarkoitetut tangot, valssilangat, profiilit ja vastaavat puolivalmisteet. Tekniset toimitusehdot. Suomen Standardisoimisliitto, 1995
- /8/ Siltojen kuormat. Tiehallinto, TIEL 2172072-99, Helsinki 1999.
- /9/ EN 1794-2:2003. Road traffic noise reducing devices - Non-acoustic performance - Part 2: General safety and environmental requirements.
- /10/ Tukitelineet RIL 147-1993. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. Helsinki 1993.
- /11/ Sillantarkastusohje. Tiehallinto, TIEL 2232219-99, Helsinki 1999.
- /12/ Siltojen betonirakenteiden pinnat. Suunnittelu. Tiehallinto, TIEL 2170012, Helsinki 2000.

