



Sillansuunnittelun täydentävät ohjeet 2008

Sillansuunnittelun täydentävät ohjeet 2008

Suunnitteluvaiheen ohjaus

Tiehallinto

Helsinki 2008

Kansikuva: Karisalmen silta Asikkalassa / Lentokuva Vallas Oy

Verkkojulkaisu pdf (www.tiehallinto.fi/sillat)

ISBN 978-952-221-035-7

TIEH 2100003-v-08

Asiatunnus (diaarinumero) 8206/2006/30/27

Helsinki 2008

Tämä julkaisu on saatavana vain internetistä.

TIEHALLINTO

Keskushallinto

Opastinsilta 12 A

PL 33

00521 HELSINKI

Puhelin 0204 22 11

VASTAANOTTAJA

Tiepiirit
Konsultit
SÄÄDÖSPERUSTA
Maantielaki 109 §

KORVAA

Sillansuunnittelun täydentävät ohjeet 30.12.2002
(TIEH 2100003-01)

KOHDISTUVUUS

Tiehallinto

VOIMASSA

1.1.2009 - TOISTAISEKSI

ASIASANAT

Ohjeet, sillansuunnittelu, sillanrakennus

Sillansuunnittelun täydentävät ohjeet 2008 (TIEH 2100003-v-08)

Tämä ohje korvaa aikaisemman "Sillansuunnittelun täydentävät ohjeet 30.12.2002" ja se lähetetään käytettäväksi 1.1.2009 alkaen.

Ohje on julkaistu vain sähköisessä muodossa, koska siihen tulee jo varsin nopeasti uusia muutostarpeita esimerkiksi otettaessa tulevat eurokoodit käyttöön.

Ohje löytyy tiehallinnon internetsivuilta.

www.tiehallinto.fi/sillat/

Yksikön päällikkö
Tekniset palvelut



Matti Piispanen

Kehittämispäällikkö
Siltatekniikka, suunnittelu



Olli Niskanen

LISÄTIETOJA

Olli Niskanen
Tiehallinto, Asiantuntijapalvelut
Puh. 0204222390

ALKUSANAT

Julkaisu Sillansuunnittelun täydentävät ohjeet julkaistiin ensimmäisen kerran joulukuussa 2002. Tämän jälkeen on tullut tarve uusille ohjeille siltojen suunnitteluun, ja erillisiä ohjeita on liitetty tähän ja lisäksi joitakin aikaisemmin tässä ohjeessa olleista asioista on siirretty erikoisohjeisiin.

Tällaisia ovat esimerkiksi muita tieympäristön betonirakenteita koskevat vähimmäisvaatimukset, kallioon tukeutuvan kaivinpaalun alapään mitoitusohje ja laakerien mitoituksen tekeminen jatkossa laakeristandardin mukaan.

Kesken olevien tutkimusten tuloksia, kuten sillan ja maan yhteistoiminasta ei tähän ole täysin voitu ottaa mukaan.

Ohjeen tämän version on muokannut TkT Vesa Järvinen A-insinöörit Oy:stä ja työryhmään ovat lisäksi kuuluneet Tiehallinnosta Olli Niskanen pj, Kyösti Juvonen, Kaisa Kortelainen, Heikki Lilja ja Markku Nousiainen.

Helsingissä joulukuussa 2008

Tiehallinto
Asiantuntijapalvelut

SISÄLTÖ

1	SOVELTAMISALA	9
2	SUUNNITTELUMENETTELY	9
3	RAKENTEELLISET OHJEET	10
3.1	Perustukset	10
3.1.1	Yleistä	10
3.1.2	Paalut	10
3.1.3	Peruslaatat	10
3.1.4	Täyttövalut	11
3.2	Maa- ja välituet	11
3.2.1	Yleisohjeet	11
3.3	Päällysrakenne	12
3.3.1	Yleisohjeet	12
3.3.2	Laatta- ja palkkisillat	13
3.3.3	Kehäsillat	13
3.3.4	Ulokesillat	14
3.3.5	Teräksiset palkkisillat	14
3.4	Kannen pintarakenteet	14
3.5	Varusteet ja laitteet	14
3.5.1	Laakerit	14
3.5.2	Liikuntasaumalaitteet	15
3.5.3	Vedenjohtolaitteet	16
3.5.4	Suojalaitteet	16
3.5.5	Muut varusteet ja laitteet	16
3.6	Tietyöt siltapaikalla	17
3.7	Kaukalarakenteet	18
3.8	Betonirakenteiden vähimmäisvaatimukset	18
4	LASKELMA- JA MITOITUSOHJEET	21
4.1	Kuormat	21
4.1.1	Onnettomuuskuormat	21
4.1.2	Jääkuorma	21
4.2	Käyttörajatilavaatimukset	21
4.2.1	Kevyen liikenteen sillan värähtely	22
4.3	Väsymismurtorajatila	22
4.4	Perustukset	23
4.4.1	Paalut	23
4.4.2	Teräsbetonisen lyöntipaalun nurjahdus	23
4.4.3	Peruslaatat	24
4.5	Maa- ja välituet	24
4.5.1	Maa- ja välitukien yleisohjeet	24
4.5.2	Välituet	25
4.6	Päällysrakenne	25
4.6.1	Sillan päädyn ja maan yhteistoiminta	25
4.6.2	Ulokesillat	26
4.7	Varusteet ja laitteet	27
4.7.1	Laakerit	27
4.7.2	Liikuntasaumalaitteet	27

LIITTEET

KALLIOON TUKEUTUVAN KAIVINPAALUN ALAPÄÄN MITOITUS	Liite 1.1
SUURPAALUJEN JA VEDENALAISTEN BETONOINTIEN LAADUNVARMISTUS	Liite 1.2
PERUSTUSTEN VÄHIMMÄISRAUDOITUS	Liite 1.3
MAA- JA VÄLITUKIEN VÄHIMMÄISRAUDOITUS	Liite 2.1
REUNAPALKKI, VÄHIMMÄISMITAT JA MUOTOILUPERIAATTEET	Liite 3.1
SILLAN KOHOTUKSET	Liite 3.2
JÄNNITETTY KAAREVA BETONIPALKKISILTA	Liite 3.3
TERÄSBETONISEN LAATTAKEHÄN SUUNNITTELUSTA	Liite 3.4
PÄÄLLYSRAKENTEEN VÄHIMMÄISRAUDOITUS	Liite 3.5
KANNEN PINTARAKENTEET	Liite 4.1
REUNAPALKIN JA ASFALTIN VÄLINEN SAUMA	Liite 4.2
LAAKERIALUSTA	Liite 5.1
LAAKERIN ALUSLEVYN MINIMIKOON MÄÄRÄÄMINEN	Liite 5.2
LIIKEVARA JA ENNAKKO LAAKEREISSA JA LIIKUNTASAUMALAITTEISSA	Liite 5.4
SILTOJEN SIIRTYMÄLAATAT	Liite 5.6
KONTAKTITAPPIEN ESITTÄMINEN SILTASUUNNITELMASSA	Liite 5.9

1 SOVELTAMISALA

Tämä ohje täydentää Tiehallinnon sillansuunnittelua varten voimassa olevia ohjeita.

Tätä ohjetta noudatetaan kaikissa Tiehallinnon siltakohteissa. Ohje koskee siltojen ohella myös muita pysyviä rakenteita, kuten tunneleita, paalulaattoja, tukimuureja ja meluseiniä.

2 SUUNNITTELUMENETTELY

Jos sillansuunnittelija haluaa poiketa Tiehallinnon voimassa olevista sillansuunnittelun ohjeista, on hänen etukäteen varmistettava, että tarkastava viranomainen (Tiehallinnon siltatekniikka) hyväksyy suunnitteluratkaisun.

Tässä ohjeessa oleviin liitteisiin ei suunnitelmassa viitata, vaan niissä olevat asiat siirretään tarpeen mukaan piirustuksiin tai siltakohtaisiin laatuvaatimuksiin.

3 RAKENTEELLISET OHJEET

3.1 Perustukset

3.1.1 Yleistä

Suurpaalujen ja vedenalaisten betonointien laadunvarmistus on suunniteltava liitteen 1.2 mukaisesti.

3.1.2 Paalut

Teräsbetonisia lyöntipaaluja käytettäessä paalutusluokka on II tai IB. Normaalityypauksessa suunnitellaan paalutusluokkaa II käyttäen. Paalutusluokkaa IB käytettäessä pitää kohteesta tehdä vähintään ohjeen ”Sillan geotekniset suunnitteluperusteet” luokan 2 mukaiset pohjatutkimukset. Lisäksi kalliolla on oltava moreenia, eikä kallionpinta saa olla jyrkästi viettävä. Tarkeemmin paalutusluokkien määrittämistä on käsitelty ohjeen LPO-2005 kohdassa 7.3.

Ellei rakenteellinen mitoitus vaadi suurempaa raudoitettavuutta, suurpaalujen raudoituksen tulee täyttää liitteessä 1.3 esitetyt vähimmäisvaatimukset.

Teräsputkipaalun maahan lyötävällä osuudella ei (vaurioitumisriskin vuoksi) hyväksytä ulkopuolista pinnoitetta paalun korroosiosuojana, jos putkiteräs käytetään hyväksi paalun rakenteellisessa mitoituksessa.

Betonoimattomia teräsputkipaaluja ei tavallisesti käytetä silta- ja rakenteissa.

Halkaisijaltaan alle 600 mm:n raudoitettuja teräsputkipaaluja ei ole suositeltavaa betonoida vedenalaisena valuna. Jos valu kuitenkin tehdään vedenalaisena, pitää laadunvarmistustoimenpiteet esittää erikseen suunnitelmassa. Vedenalaisessa betonoinnissa ei sallita työsaumoja, ellei niiden pintoja voida käsitellä ennen seuraavan osan betonointia siten, että rakenteesta tulee monoliittinen ja kaikki muut laatuvaatimukset täyttävä rakenne.

Käytettävien suurpaalujen kalliokärkien tulee olla valmistettu Tiehallinnon hyväksymien piirustusten mukaan.

3.1.3 Peruslaatat

Rakenneratkaisua, jossa tuki perustetaan pengerlaatan yläpuolelle lyöntipaalujen varaan, ei käytetä, koska rakennetta ei pystytä luotettavasti toteuttamaan.

Ellei rakenteellinen mitoitus vaadi suurempaa raudoitettavuutta, peruslaattojen raudoituksen tulee täyttää liitteessä 1.3 esitetyt vähimmäisvaatimukset.

Perustettaessa kalliolle, voidaan kallion pinta tasata murskepatjalla.

3.1.4 Täyttövalut

Täyttövalujen tulee olla lujuudeltaan vähintään betonia K30. Täyttövalun paksuuden ollessa yli 300 mm, käytetään valun yläpinnassa pintaverkkoa: raudoitetankojen halkaisija 12 mm, jako 250 mm.

3.2 Maa- ja välituet

3.2.1 Yleisohjeet

Maa- ja välitukien kaikki pinnat raudoitetaan. Ellei rakenteellinen mitoitus vaadi suurempaa raudoitemäärää, sijoitetaan pintoihin vähimmäisraudoitus noudattaen liitteessä 2.1 esitetyjä periaatteita.

Siipimuurien alareuna sijoitetaan vähintään 0,5 m:ä alemmaksi kuin maanpinta luiskassa kyseisellä kohdalla.

Maa- ja välitukien 120° terävämmät näkyviin jäävät nurkat varustetaan viistein 20x20 mm, ellei siltakohtaisesti toisin sovita. Viistämisestä mainitaan piirustuksissa.

Maatukiin, joissa on useampikuminen liikuntasaumalaite, tehdään tarkastus- ja huoltotila laitteen alle. Tilan minimileveys on 600 mm ja siinä on oltava seisomakorkeus ja laitteeseen on yletyttävä tekemään käsin huoltotoimenpiteitä.

Päällysrakenteen ja laakeritason välin on oltava kumilevylaakereita käytettäessä vähintään 200 mm ja muita laakerityyppejä käytettäessä 250 mm. Tästä poiketen kaikille laakerityypeille hyväksytään vähimmäisväli 150 mm, jos pilarin yläpinnan pinta-alan pienuudesta johtuen laakerin kunto on helposti tarkastettavissa joka puolelta.

Jos sillan päällysrakenne tukeutuu vapaasti seisoviin yksittäisiin suurpaaluihin tai suurpaalun jatkeena oleviin pilareihin, joiden sivuttaisvakavuus on ympäröivän maan sivuvastuksen varassa, on suurpaalut tai pilarit tuettava vaakasuuntaan kansirakenteeseen jäykällä kiinnityksellä, kiinteällä laakerilla tai liikerajaajalla.

Suurehkoista sijainti- ja kaltevuuspoikkeamariskeistä johtuen ei teräsputki-paaluja saa suunnitella suoraan päällysrakenteeseen liittyväksi, mikäli paalu on jäämässä näkyviin. Samaisista syistä paalua ei tule suunnitella mantteloitavaksi ohuin betonikuorin näkyviltä osiltaan. Rajaus ei koske porapaaluja, joiden mittapoikkeamavaatimukset ovat vähintään ”Porapaalutusohjeen” kohdan 7.6.1 hyvin vaativan luokan mukaiset. Mikäli toteutuneiden mittapoikkeamien seurauksena paalun betonimantteli on jäämässä jostain kohtaa alle 100 mm paksuksi, katkaistaan paalu ja yhdistetään se näkyviltä osiltaan betonipilarilla päällysrakenteeseen.

3.3 Päälysrakenne

3.3.1 Yleisohjeet

Ajoneuvoliikenteen sillan päälysrakenteella tulee olla vääntöjäykkä tuenta sillan päätytuella, jolla estetään väännöstä aiheutuva päälysrakenteen päädyn kiertymä poikkisuunnassa.

Silloissa, joissa sillan päälysrakenteen pääty liikkuu penkereessä, saa liikepituus liikuntakeskiöstä penkereeseen olla ajoneuvoliikenteen sillassa enintään 35 m ja kevyen liikenteen sillassa enintään 45 m.

Penkereessä liikkuvan sillan päälysrakenteen päädyn vinous saa olla enintään 30°.

Liikuntasaumalaitteetonta siltaa, jossa päälysrakenne jatkuu lippana maatuen otsamuurin päälle, ei käytetä uudiskohteissa.

Kevytrakenteisien siltarakenteiden, kuten jännitettyjen elementtisiltojen, puusiltojen ja terässiltojen ml. teräksisien putkisiltojen, päälysrakenne on sijoitettava vähintään 1 m alitse kulkevalle ajoneuvoliikenteen tielle määritellyn vapaan korkeuden yläpuolelle ajoneuvon törmäysvaaran välttämiseksi.

Betoni- ja teräspalkkisiltojen kansilaattojen paksuuden ajoneuvoliikenteen silloissa tulee täyttää seuraavat vaatimukset:

- Vähimmäispaksuus suurimpien taivutusmomenttien kohdalla sekä pääkannattimien puolivälissä että pääkannattimien kohdalla on 230 mm.
- Vähimmäispaksuus koko kansilaatan alueella on 200 mm.

Rautatiealueelle rakennettavien pysyvien tai tilapäisten rakenteiden suunnitelmat tulee olla Ratahallintokeskuksen ohjeiden mukaisia.

Rautatiealueelle rakennettaville pysyville tai tilapäisille rakenteille (sillat, tukimuurit, telineet ja työnaikaiset rakenteet) laaditaan maadoitussuunnitelma, jonka Ratahallintokeskus tai tämän valtuuttama organisaatio hyväksyy.

Sähköistetyin radan ylittävien tai sen lähellä sijaitsevien siltojen tai muiden rakenteiden reunoihin suunnitellaan kosketussuojaseinämät tai -lipat.

Reunapalkin korkeuden valinnassa noudatetaan seuraavia periaatteita:

- Risteyssiltoihin, alikulkukäytäviin ja rautatien ylittäviin siltoihin tulee korkea reunapalkki.
- Vesistösiltojen reunapalkki voi olla tapauskohtaisesti korkea tai matala. Korkean reunapalkin tarve määritellään sillan tuotevaatimuksissa esim. ympäristösyistä.

Reunapalkin vähimmäisleveys on ajoneuvoliikenteen silloissa 400 mm ja kevyen liikenteen silloissa 300 mm. Reunapalkin sivupinnan korkeus on ajoneuvoliikenteen silloissa vähintään 450 mm ja kevyen liikenteen silloissa

vähintään 400 mm. Reunapalkin yläpinta tehdään matalassa reunapalkissa kaltevaksi ulospäin ja korkeassa sisäänpäin. Kaltevuus on vähintään 1:20.

Reunapalkin nokan (ulkopinnan alanurkan) muotoilulla ja alapinnan tippauralla vähennetään sade- ja sulamisvesien aiheuttamaa reunapalkin likaantumista ja rapautumista. Reunapalkin ja sen tippauran muotoilussa noudatetaan liitteessä 3.1 esitettyjä periaatteita ja vähimmäismittoja. Reunapalkin raudoituksen vähimmäisvaatimukset on esitetty liitteessä 3.5.

Reunapalkin muoto- ja käyryysvaatimuksia voidaan tiukentaa siltakohtaisesti mm. siltapaikkaluokan mukaan.

Kaidepylvään ja reunapalkin kiinnittyminen päällysrakenteeseen varmistetaan kaidepylvään leikkauskestävyyttä vastaavalle voimalle. Kaiteen kiinnityspultteihin kohdistuva voima on siirrettävä reunapalkin ajoradan puoleiseen reunaan lisähaoituksella tai lenkkiraudoituksella ($d = 20$ mm). Kansilaa-tasta reunapalkkiin ulottuvien poikittaisen raudoituksen enimmäisetäisyys reunapalkin ulkoreunasta on 50 mm.

Päällysrakenteen 120° terävämmät näkyviin jäävät nurkat viistetään 20x20 mm, ellei siltakohtaisesti toisin sovita. Viistämisestä mainitaan piirustuksissa.

Päällysrakenteen kaikki pinnat raudoitetaan. Ellei rakenteellinen mitoitus vaadi suurempaa raudoitemäärää, sijoitetaan pintoihin vähimmäisraudoitus noudattaen liitteessä 3.5 esitettyjä periaatteita.

3.3.2 Laatta- ja palkkisillat

Silloissa, joiden alittavan ajoneuvoliikenteen väylän vapaa korkeus on < 5 m, päällysrakenteen alanurkat vahvistetaan kolhaisuja vastaan ajoradan kohdalla tyyppipiirustuksen R15/DM 6 mukaisella kolhaisusuojuilla.

Jänneraudoitteiden tai niiden suojaputkien keskinäisten välien tulee olla sellaisia, että betoni voidaan valaa ja tiivistää ja että betonin ja jänneraudoituksen välille saadaan aikaan riittävä tartunta. Jänneraudoitteiden sijoittelussa noudatetaan SFS-EN 1992-1-1 kohdan 8.10.1 vaatimuksia. Pystykaarevia ankkurijänteiden suojaputkia ei saa niputtaa päällekkäin.

Arvioitaessa jännitetyn laattapalkin päissä ankkurista aiheutuvan jännevoiman jakaantumista sillan poikkileikkaukselle, on laipan leikkautumistarkaste-lujen lisäksi varmistettava, että laipan pituussuuntainen raudoitus on riittävä ottamaan myös laipan nurkka-alueen ja päätypalkin mukaan rakenteen kokonaistoimintaan. Vastaavasti päätypalkin etupintaan aiheutuu vetojännitystiloja, joihin on varauduttava lisäraudoituksin.

Käytettäessä laatussa kevennysputkia on betonoinnin onnistumiseksi niiden etäisyyden laatan alapinnasta oltava vähintään 250 ja yläpinnassa 200 mm.

3.3.3 Kehäsillat

Jos kehäsillan jalka valetaan jäykästi anturaan kiinni, betoni suhteutetaan mahdollisimman vähän kutistuvaksi ja käytetään runkoaineelle vähintään 16 mm:n

maksimiraekokoa. Betonin laatuvaatimukset kutistuman pitämiseksi pienenä on esitettävä siltakohtaisissa laatuvaatimuksissa.

3.3.4 Ulokesillat

Ulokesilloja, joissa ulokkeen pituus on > 2,5 m, ei sallita moottoriteillä, moottoriliikenneteillä eikä valta- ja kantateillä.

3.3.5 Teräksiset palkkisillat

Yli 65 metrin pituisten siltajänteiden pääkannattimet varustetaan alapuolisella vaakaristikolla, joka ulotetaan viereiseen aukkoon vähintään jännemitan neljännespisteeseen. Vaakaristikon kuormaa jakava vaikutus voidaan ottaa huomioon mitoituksessa.

Jäykistysristikoiden sauvoina (pysty- ja vaakaristikot) tulee käyttää suljettuja profiileja. Pystyristikon yläsauva suunnitellaan yleensä poistettavaksi kannen valun jälkeen. Ristikoiden suunnittelussa on otettava huomioon mahdolliset valukuormien vaikutukset.

Erityisesti I ja II luokan siltapaikoilla teräspalkkien alapaarteen leveyttä vaihdellaan mahdollisimman vähän. Tarvittavat levyn poikkipinta-alan muutokset tehdään 1-aukkoisissa silloissa ja jatkuvien siltojen kenttäalueella pääasias-
sa levyn paksuutta muuttamalla. Jatkuvien siltojen tukialueella alapaarteen leveyden muutos tehdään juohevasti, ellei poikkipinta-alan muutosta voida tehdä levyn paksuutta muuttamalla.

3.4 Kannen pintarakenteet

Kannen pintarakenteiden valintaa ja suunnittelua koskevat ohjeet ovat liitteessä 4.1.

Suojabetonin ja betonipäällysteen rasitusluokat ovat julkaisun Betonirakennusohjeet taulukon S3 reunapalkkien (Ro22) mukaisia. Niiden lujuusluokkaa ja pakkasenkestävyysvaatimukset ovat julkaisun InfraRYL kohtien 42320.1.2 ja 42332 mukaisia. Lisäksi on laatuvaatimuksissa edellytettävä, että betoni täyttää julkaisun Siltabetonien P-lukumenettely vähimmäisementsäntimäärää ja vesi-sementtisuhteen enimmäisarvoa koskevat vaatimukset.

3.5 Varusteet ja laitteet

3.5.1 Laakerit

Kumilevylaakeroiduissa silloissa, joiden päällysrakenteen pääty liikkuu penkereessä, liikerajaajien käytössä noudatetaan seuraavia periaatteita:

- Jos päällysrakenteen pääty on kohtisuora liikesuuntaa vastaan, poikittaisia liikkeenrajaajia ei tarvita, ellei rajaajien käyttämiseen ole erityisiä perusteita.

- Jos päällysrakenteen pääty on vino, tarvitaan poikittaisia siirtymiä estävät liikkeenrajaajat, jotka mitoitetetaan niihin kohdistuville rasituksille.

Kumilevylaakerin suunnitteluohjeet ja vakiokoot on esitetty standardissa SFS-EN 1337-3 Rakennelaakerit. Osa 3: Kumilevylaakerit.

Laakerialustan muoto, mitat, materiaalivaatimukset ja raudoitusperiaate on esitettävä suunnitelmassa. Laakerialustan vähimmäismitat, vähimmäisetäisyydet rakenteen reunaan ja raudoitusperiaate on esitetty liitteessä 5.1.

Laakerit on tehtävä betonisissa silloissa irrotettaviksi kiinnittämällä niiden ala- ja ylälevyt pulteilla.

Laakerit on varustettava pölysuojuksin (ei koske kumilevylaakereita).

Kumipesälaakerien tulee olla testattu -40°C:ssa InfaRYL kohdan 42420.01 vaatimusten mukaisesti.

3.5.2 Liikuntasaumalaitteet

Silloissa käytetään vain Tiehallinnon hyväksymiä liikuntasaumalaitteita. Liikuntasaumalaitteille asetetaan siltasuunnitelmassa seuraavat vähimmäisvaatimukset:

- Saumalaitteen liikemäärä saa olla yhtä kumielementtiä kohden enintään 60 mm moottori- ja moottoriliikennetien silloilla ja 80 mm muiden teiden sekä kevyen liikenteen väylien silloilla. Saumalaitteen liikemäärän raja-arvot määritetään sillan liikkeen suunnassa.
- Puukantisissa silloissa käytetään puristetussa tilassa olevaa kumiprofiilia, jonka liikevara on 0...50 mm.
- Teräskantisissa silloissa laite kiinnitetään joko hitsaamalla tai ruuveilla.
- Piirustuksissa on ilmoitettava laitevaatimus, todellinen tarvittava liikevara ja kumiprofiilien määrä.

Reunapalkin kohdalla saumalaite voidaan taittaa ylöspäin jotta vesi ei valu laitetta pitkin luiskaan kun sillan pituuskaltevuus on $\geq 2,0$ %.

Liikuntasaumalaitteen kumi- ja teräsprofiili ulotetaan 100 mm reunapalkin ulkopuolelle, mikäli liikuntasaumalaite laskee reunapalkkia kohden. Teräsprofiilin alalaipat leikataan tältä osin pois. Käytettäessä matalaa reunapalkkia on saumalaite taitettava kannen reuna-alueilla reunapalkin yläpinnan kaltevuuteen siten, ettei saumalaitteen yläreuna jää reunapalkin yläpintaa korkeammalle tasolle.

Useampikumisen liikuntasaumalaitteen poikkikannattajat (traverssit) on asennettava sillan liikkeen suuntaisiksi.

Massaliikuntasauaman tarve ja käyttömahdollisuus harkitaan erikseen. Massaliikuntasaumaa voidaan käyttää, kun liikuntasauaman kokonaisliikemäärä on enintään 35 mm. Uudisrakentamisessa massaliikuntasaumalaitteen käyttöä tulee välttää vilkasliikenteisillä teillä sauman nastarengaskulumalttiuden vuoksi.

3.5.3 Vedenjohtolaitteet

Sillan kuivatuslaitteet suunnitellaan Siltojen korjausohjeen (SILKO 1.601) mukaan.

Ellei hankekohtaisesti muuta sovita, suunnitellaan sillan päiden kuivatus siten, että pintavedet kootaan pintavesikaivoon, josta vesi johdetaan umpiputkessa sivuojaan. Suojattavilla pohjavesialueilla tai muilla vastaavasti suojeltavilla alueilla on pintavesien käsittely suunniteltava hankekohtaisesti suojelutarve huomioonottaen ”Siltojen korjausohjeen” 1.601 mukaisesti.

Maatukien laakeritasoille kertyvät vedet kerätään kouruun laakeritason takareunaan ja johdetaan ruostumattomalla putkella maatuen sisällä maatuen eteen tai sivulle siten, että putki päättyy luiskän yläpuolella. Putken koko on > 50 mm.

Mattosalaojia ei käytetä sillan pintarakenteen salaojituksessa ajoratojen kohdalla.

Pintavesi- ja tippuputket on sijoitettava alla olevan ajoradan ulkopuolelle.

3.5.4 Suojalaitteet

Kaidetyyppien valinnan yleiset periaatteet ja muut suunnitteluperusteet esitetään sillankaideohjeessa.

Mikäli on tarpeen korottaa teräskaidetta yläjohteen yläpuolisilla korokeosilla, voidaan se tehdä esim. piir. R15/DK 12-8 mukaista betonikaiteen korokeosaa käyttäen.

Teräspalkkisiltojen pääkannattimien alapaarteille pääsyn estämiseksi voidaan käyttää nousuestettä (piir. R15/DM 3-3). Esteen käyttö määritellään hankekohtaisesti.

- Este on yleensä tarpeen silloissa, joiden pääkannattimien korkeus on suurempi kuin 1,30 m ja alapaarteen leveys uumasta paarteen reunaan > 0,20 m.
- Esteen pituus ja sijoitus valitaan siten, että vapaa korkeus sillan alla esteen silta-aukon puoleisen pään kohdalla on suurempi kuin 2,4 m. Esteen tulee kuitenkin ulottua vähintään pääkannattimen korkeuden verran maatuen etupinnan etupuolelle.
- Este voidaan sisällyttää teräsrakennepiirustuksiin tai esittää omana piirustuksenaan.

3.5.5 Muut varusteet ja laitteet

Siirtymälaatan käytön yleiset periaatteet sekä siirtymälaatan pituuden ja korkeusaseman määrittämisperusteet on esitetty liitteessä 5.6.

Silloissa varaudutaan tarvittavien putkien ja kaapeleiden vientiin, joista on hankekohtaiset tiedot. Betonin kanssa kosketuksiin joutuvat varausputket

eivät saa olla alumiinia. Myöhemmin mahdollisesti suoritettavaa kaapelointia varten varaudutaan seuraavasti, ellei hankekohtaisesti ole tietoa suuremmasta määrästä:

- Massiivisiin betonikansiin sijoitetaan kaksi varausputkea läpimitaltaan 110 mm, yksi kannen kummallekin puolelle.
- Betonisiin laatta- ja kotelopalkkisiltoihin ja betonikantisiin teräspalkkisiltoihin sijoitetaan kaksi varausputkea läpimitaltaan 110 mm sillan päihin. Päälysrakenteen osalle vastaaville kohdille sijoitetaan sisäkierrtartunnat tarvittavin välein siten, että kaapelihylly voidaan niihin kiinnittää. Myös poikkipalkeissa ja muissa rakenneosissa varaudutaan kaapelihiilyn rakentamiseen.

Varausputket on sijoitettava sillan päissä lähtökohtaisesti siirtymälaatan alapuolelle ja putket johdetaan sähkökaivoon piir. R15/DV-4 mukaisesti.

Betonirakenteiden sähkökemiallisia mittauksia varten sijoitettavat kontaktitapit suunnitellaan liitteen 5.9 ohjeiden mukaisesti.

Sillan rakennusvuosi esitetään vesistö- ja risteyssilloissa kaiteeseen kiinnitettävällä metallisella vuosilaatalla. Merkittäviin alikulkukäytäviin tehdään valun yhteydessä vuosiluku. Ohjeita sijoituksesta siltaan on tyyppipiirustuksessa R15/DM 4-13.

Tarkastussilta suunnitellaan siltaan hankekohtaisen harkinnan pohjalta. Sille pääsy estetään portilla tai luukulla.

Siltojen maatumien etuluiskiin rakennetaan vähintään 0,5 m levyiset huoltotasanteet ja vesistösiltoihin 0,5 m levyiset jätkänpolut. Korkeissa penkereissä harkitaan erikseen välitasanteiden rakentamista.

Sillan sisään johtavat kulkuaukot suljetaan luukulla ja riippulukolla.

3.6 Tietyt siltapaikalla

Luiskien verhoilu suunnitellaan Siltojen korjausohjeen (SILKO 1.901) mukaisesti.

Etuluiskan kaltevuuden valinnassa noudatetaan seuraavia periaatteita:

- Etuluiskan kaltevuuden tulee tiesilloilla liikenneturvallisuussyistä olla yleensä 1:2. Muilla silloilla, jos etuluiskan verhoilu tehdään sitomattomasta pintamateriaalista kuten murskeverhous, kaltevuus voi olla 1:1,75 tai loivempi.
- Jos etuluiska verhotaan tiivissaumaisella materiaalilla kuten kivilaatta- tai betonikiviverhouksella tai verhous sidotaan yhteen väliaineella kuten maakostealla betonilla, tulee luiskan kaltevuuden olla 1:1,5 tai loivempi.

3.7 Kaukalorakenteet

Kaukalorakenteen tärkeä ominaisuus on vesitiiveys ulkopuolelta tulevaa vedenpainetta vastaan. Kaukalon kuivanapito edellyttää erillistä kuivatusjärjestelmää ja pumppaamoja.

Kaukalorakenteen vesitiiveys varmistetaan käyttämällä erillistä vesieristystä, esim. kumibitumikermiä tai bentoniittimattoa. Ulkopuolisia täyttötöitä tehtäessä on huolehdittava, etteivät eristeet vaurioidu. Laatuvaatimuksissa on edellytettävä, että täyttötöitä tehdään InfraRYL 42013.3.2.4 vaatimuksia noudattaen.

Kaukalorakenteen työsaumojen vesitiiveys varmistetaan injektointiletkuja käyttäen. Liikuntasaumojen suunnittelussa voidaan soveltaa tyyppipiirustusta R15/DM 9. Liikuntasaumojen yhteydessä käytetään seinissä ponttausta.

Kaukalorakenteen seinien alaosassa on oltava riittävä pituussuuntainen rauditus tasaamassa pohjalaatan ja seinien välisen kutistumaerojen aiheuttamia halkeamia.

Routasuojaus toteutetaan joko riittävän laajalla routimattomalla massanvaiholla tai routasuojalevyillä. Toteutettaessa kaukalorakenne pysyvien tukiseinien avulla routivaan maaperään, on tukiseinän etupinta lämpöeristettävä.

Kaukalorakenteen seinien yläosat on varustettava kaiteilla alueilla, missä on putoamisvaara.

3.8 Betonirakenteiden vähimmäisvaatimukset

Siltojen betonirakenteiden vähimmäisvaatimukset ovat julkaisun ”Betonirakenneohjeet” kohdan 4.1 mukaisia. Siltojen vähimmäisvaatimuksia sovelletaan sellaisenaan myös kaukalorakenteisiin sekä tunneleihin ja niiden suuaukon rakenteisiin. Seinämärakenteet ja kehän jalat ovat rinnastettavissa maa- ja välitukirakenteisiin. Ajoin yläpuolisien rakenteiden vaatimukset ovat sillan päällysrakenteen mukaisia. Pienen peittosyvyyden omaavat peruslaatat (peruslaatan yläpuolisen täyttökerroksen paksuus < 0,7 m) rinnastetaan rengaskehän peruslaattoihin.

Tunnelien osalta poikkeuksen muodostaa suolasumurasituksen vaikutus-alue: kuuden metrin rajausta tien yläpuolisille rakenteille ei ole voimassa, vaan suolarasitus kohdistuu niihin, vaikka ne olisivat korkeammalla. Tien suolauksen aiheuttaman suolasumurasituksen vaikutus ei pitkällä tunneleilla ulotu koko tunnelin matkalle. Ulottuma määritellään hankekohtaisesti Tiehallinnon edustajan kanssa.

Muille tieympäristön betonirakenteille vähimmäisvaatimukset ovat oheisen taulukon 2 mukaisia. Julkaisussa ”Siltabetonien P-lukumenettely” on esitetty rakenneosien vähimmäissementtimäärää ja vesisementtisuhteen enimmäisarvoa koskevat laatuvaatimukset.

Betonin vähimmäislujuusluokka aggressiivisissa kemiallisissa ympäristöissä on: K40 (XA1), K45 (XA2) tai K50 (XA3). Vastaavat vähimmäissementtimäärät ovat: 300 (XA1), 320 (XA2) ja 330 kg/m³ (XA3).

Betonipeitteen sallitun mittapoikkeaman arvo silloille ja tunnelirakenteille on julkaisun "Betonirakenneohjeet" kohdan 2.5.1.1 mukaisia. Paikalla valetuille paaluhatuille, paalulaatoille, tieympäristön rakenteiden peruslaatoille sekä muille niihin rinnastettaville rakenteille käytetään julkaisun "Betonirakenneohjeet" mukaisia peruslaattojen arvoja. Muilta osin käytetään ohjeen B4 kohdan 2.5.1.1 mukaisia arvoja.

Mikäli sillan siirtymälaatta valetaan maata vasten, on betonipeitteen nimellisarvon oltava vähintään 50 mm. Siirtymälaatan jänneraudoituksen betonipeitteen nimellisarvovaatimus on myös 50 mm kaikissa rasisluokkaryhmissä. Arvot poikkeavat julkaisun "Betonirakenneohjeet" taulukossa S3 esityistä. Oheisessa taulukossa 1 on tarkennettu "Betonirakenneohjeen" taulukon S4 alaviitteen 7 mukaisia peruslaatan betonipeitteen vähimmäisarvoja. Halkeilulaskennassa käytettävä betonipeitteen arvo on tämän ohjeen kohdan 4.2 määritysten mukainen.

Taulukko 1. Sillan peruslaattojen betonipeitteen vähimmäisarvot.

Sillan osa	Sillan osan tunnus	Rasisluokka-ryhmä	Betonipeitteen vähimmäisarvo [mm]
Peruslaatta yleensä	Ro03	R4	25
Peruslaatta vedessä	Ro04	R4	25
Peruslaatta meressä	Ro05	R4	40
Rengaskehän peruslaatta	Ro06	R1	35
		R2	35
		R4	25
Peruslaatta ajokaistojen välillä ja suolasumurasituksen ulottuma-alueella	Ro07	R1	35
		R2	35

Taulukko 2. Tieympäristön betonirakenteiden vähimmäisvaatimukset eri rasisluokkaryhmissä. Taulukko ei sisällä valaisinpylväiden, opastustaulujen ja liikennemerkkien jalustojen laatuvaatimuksia.

Rakenneosa	Rakenneosan tunnus	Rasitusluokkaryhmä	Rasitusluokat	Vaatimukset				Suunnittelukäyttöikä
				Lujuusluokka	P-lukuvaatimus	Betonipeitteen nimellisarvo [mm]	Raudoitustyyppi (1)	
Paaluhatut, paalulaatat ja niihin liittyvät siirtymälaatat yleensä (4)	Ro30	R4	XC2	K30 (7)	-	50/100 (30) (3)	tr	100
						50/100 (40) (3)	jr	
Suolaveden rasittamat paaluhatut, paalulaatat ja niihin liittyvät siirtymälaatat (4)	Ro31	R1 R2	XC2, XD1	K35	-	50/100 (40) (3)	tr	100
						55/100 (50) (3)	jr	
Tieympäristön varusteet yleensä (5)	Ro40	R4	XC3, XC4, XF2	K35	P25	35 (6)	tr	50
						45 (6)	jr	
Suolasumurasitetut tieympäristön varusteet (2) (5)	Ro41	R1	XC3, XC4, XD3, XF4	K45	P40	50 (6)	tr	50
						60 (6)	jr	
		R2	XC3, XC4, XD2, XF2	K35	P25	45 (6)	tr	50
						55 (6)	jr	
		R3	XC3, XC4, XS1, XF2	K40	P25	40 (6)	tr	50
						50 (6)	jr	
Tieympäristön varusteiden peruslaatat yleensä (5)	Ro50	R4	XC2	K30	-	30/80 (25) (3)	tr	50
Tieympäristön varusteiden peruslaatta ajokaistojen välillä ja suolasumurasituksen ulottuma-alueella (2)	Ro51	R1	XC2, XD1, XF4	K35	P40	40/90 (35) (3)	tr	50
		R2	XC2, XD1, XF2	K35	P25	40/90 (35) (3)	tr	50
Tieympäristön varusteiden sokkelit ja pilariperustukset yleensä (5)	Ro52	R4	XC3, XC4, XF2	K35	P25	35 (6)	tr	50
						45 (6)	jr	
Suolasumurasitetut tieympäristön varusteiden sokkelit ja pilariperustukset (2) (5)	Ro53	R1	XC3, XC4, XD3, XF4	K45	P40	50 (6)	tr	50
						60 (6)	jr	
		R2	XC3, XC4, XD1, XF2	K35	P25	40 (6)	tr	50
						50 (6)	jr	
		R3	XC3, XC4, XS1, XF2	K40	P25	40 (6)	tr	50
						50 (6)	jr	

- 1) jr = jänneraudoite, tr = tavanomainen raudoite
- 2) Suolarasituksen oletetaan vaikuttavan kuuden metrin etäisyydelle suolattavan tien reunasta. Se vaikuttaa myös tien sekä pientareen ja sivuluiskien alla oleviin rakenteisiin. Meren suolasumurasitus vaikuttaa kaikkiin ulkoilman kanssa kosketuksissa oleviin pintoihin.
- 3) Muottia vastaan paikalla valettu tai laatan yläpinta / maata tai kalliota vastaan valettu. Suluissa 5 mm:n betonipeitteen sallittua mittapoikkeamaa vastaava betonipeitteen nimellisarvo, jota voidaan käyttää ohjeen B4 kohdan 2.5.1.1 mukaisesti. Betonipeitteen vähimmäisarvo on tavanomaiselle raudoitteelle suluissa annettu arvo vähennettynä 5 mm:n mittapoikkeamalla.
- 4) Annettuja arvoja voidaan käyttää kun rakenteen päällä olevan penkereen korkeus on vähintään 1,5 m. Sitä pienemmillä pengerkorkeuden arvoilla, on rakenteet suunniteltava siltarakenteena.
- 5) Melusteet, kaiteet, tukimuurit, aidat ym.
- 6) Nimellisarvovaatimusta voidaan pienentää 5 mm, mikäli betonipeitteen sallittu mittapoikkeaman arvo, joka on tällöin myös esitettävä suunnitelmassa, on 5 mm ohjeen B4 kohdan 2.5.1.1 mukaisesti.
- 7) Vähintään K35 mikäli betonipeitteen nimellisarvo on alle 50 mm.

4 LASKELMA- JA MITOITUSOHJEET

4.1 Kuormat

Rakenteissa, joissa pysyvien kuormien osuus on suuri kuten paalulaatoissa, suurimmissa silloissa ja eräiden siltojen asennusaikaisissa tilanteissa, on muistettava tarkastaa varmuus myös pelkälle pysyvälle kuormalle (1,35).

Siirtymälaatan tukireaktio siltaan lasketaan seuraavilla otaksumilla:

- Siirtymälaatta on yksinkertainen palkki, jonka jännemitta on 60% siirtymälaatan pituudesta. Loppuosa siirtymälaatasta tukeutuu suoraan penkereeseen.
- Tukireaktio otetaan huomioon päällysrakenteen kuormana vain jos se vaikuttaa mitoituskuormaa lisäävästi.

4.1.1 Onnettomuuskuormat

Siltaan kohdistuva ajoneuvoliikenteen, alusten tai junan törmäys käsitellään suunnittelussa onnettomuuskuormana.

Sillan reunan tulee kestää kaikissa tilanteissa onnettomuuskuorma, joka koostuu reunapalkin ulkoreunaan sijoitetusta pyöräkuormasta ja samanaikaisesti kaiteeseen vaikuttavasta törmäyskuormasta samassa kohdassa.

Tieh H2 sillankaiteen onnettomuusrajatilan törmäyskuorma kaidepylvästä kohden reunapalkin yläpinnan korkeudella on 64 kN sillan poikkisuuntaisena vaakakuormana ja 8,5 kNm samanaikaisesti vaikuttavana pylvästä sillan poikkisuuntaan taivuttavana momenttina. Tiehallinnon betonisillankaiteen onnettomuuskuormat on määritetty kaiteiden tyyppipiirustuksissa. Betonikaiteen kohtisuoran törmäyskuorman korkeus ajoradan pinnasta on $\leq 0,8$ m.

4.1.2 Jääkuorma

Vesistösillan tukiin kohdistuu vaihtoehtoisesti myös poikittainen jääkuorma, joka aiheutuu jääpeitteen lämpötilan muutoksesta.

4.2 Käyttörajatilavaatimukset

Kloridirasitukset eivät aseta vaatimuksia rakenteen halkeilun suhteen RakMK B4 taulukossa 2.16, mikäli kloridirasitetut pinnat on suojattu julkaisun "Betonirakenneohjeet" kohdan 4.1 mukaisesti.

Ohjeen by 50 mukainen halkeilulaskenta on kalibroitu 50 vuoden suunnittelukäyttöikään. Täten halkeilulaskennassa käytettävä betonipeitteen vähimmäisarvovaatimus c_{min} on 50 vuoden käyttöiän mukainen, vaikka rakenteen suunnittelukäyttöikävaatimus olisi suurempi. Ulkorakenteella 50 vuoden betonipeitteen vähimmäisarvo on lähtökohtaisesti 5 mm vähemmän kuin 100 vuoden vastaava arvo. Sallitun halkeamaleveyden laskennassa ja by 50 ohjeen taulukoiden 2.16b...2.16d yhteydessä käytettävä betonipeitteen vähimmäisarvo c on rakenteelta vaaditun suunnittelukäyttöiän pohjalta määritetty arvo (= todellinen betonipeitteen nimellisarvo - sallittu mittapoikkeama). Suurempaa betonipeitteen c arvoa kuin $1,5 c_{min}$ ei laskelmissa käytetä.

Jarrukuorman aiheuttama päällysrakenteen laskennallinen vaakasiirtymä saa olla enintään ± 50 mm.

4.2.1 Kevyen liikenteen sillan värähtely

Ulkona sijaitsevien kevyen liikenteen siltojen jalankulkijoista aiheutuva sillan pystysuuntaisen värähtelyn kiihtyvyys ei saa olla mitoitusherätteillä suurempi kuin $0,5 \text{ m/s}^2$. Kaikille kevyen liikenteen silloille lasketaan alin ominaistajuus (taivutusmuoto). Kiihtyvyys on laskennallisesti tarkistettava, jos sillan alin ominaistajuus on alle $3,5 \text{ Hz}$.

Näille värähtelyn kannalta kriittisille silloille on tarvittaessa määritettävä myös alle $3,5 \text{ Hz}$:n alueella olevat ylempiä taivutusmuotoja sekä vääntömuotoja vastaavat ominaistajuudet ja niitä vastaavat kiihtyvyydet.

Mitoitusherätteenä käytetään jalankulkijamääriltään normaaleilla silloilla taajuusalueella $f_1 < 2,3 \text{ Hz}$ kahden kävelijän herätettä ja taajuusalueella $2,3 \leq f_1 < 3,5 \text{ Hz}$ yhden juoksijan aiheuttamaa herätettä. Jalankulkijan painoksi oletetaan 70 kg .

Herätevoima määritetään lausekkeesta:

$$F = k \cdot \alpha \cdot P$$

missä k on määräkerroin, $k = \sqrt{n}$ (jalankulkijat epätahdissa)
 n on jalankulkijoiden määrä, normaalitapauksessa 2 kävelijää tai 1 juoksija
 α on kuormakerroin
 P on yhden kävelijän paino (700 N)

Kuormakerroin lasketaan kaavoilla

$$\alpha = 0,83 \cdot e^{-0,35 \cdot f} \leq 0,45 \quad \text{kävelyherätteelle ja}$$

$$\alpha = 5,25 \cdot e^{-0,45 \cdot f} \leq 1,50 \quad \text{juoksuherätteelle.}$$

missä f on rakenteen ominaistajuus.

Jos kevyen liikenteen silta sijaitsee kävelijämäärältään erittäin vilkkaalla reitillä, on suositeltavaa mitoittaa silta suuremmalle kävelijäryhmälle. Tällöin voidaan kävelijämäärää suurentaa esim. arvoon $n = 5$.

Vaimennussuhteena käytetään arvoa $\zeta = 0,01$, ellei toisin ole sovittu.

Jos sillan ominaistajuus vaakatasossa on alle $2,5 \text{ Hz}$ on myös vaakasuuntainen kiihtyvyys tutkittava. Kiihtyvyys ei saa ylittää arvoa $0,25 \text{ m/s}^2$ käytettäessä herätteenä 10% :a edellä mainituista herätevoiman F arvosta, joka aiheutuu jääpeitteen lämpötilan muutoksesta.

4.3 Väsymismurtorajatila

Bamtec mattoraudoitteen väsymislujuuden laskennassa käytetään betoniterästankojen halkaisijoilla $12 \dots 20 \text{ mm}$ kertoimen k_2 arvona $0,8$ tavanomaisen hitsejä sisältävän raudoitteen kertoimen $k_2 = 0,4$ sijasta.

4.4 Perustukset

4.4.1 Paalut

Kallioon tuetun kaivinpaalun alapään mitoituksessa noudatetaan liitteen 1.1 ohjeita.

Suurpaalujen muodostamalle paalutetulle päätytuelle määritetään maanpaine julkaisun "Sillan geotekniset suunnitteluperusteet" liitteen 10 mukaisesti.

Suurpaalujen muodostaessa paalupukkirakenteen, ankkuroidaan paalut alusrakenteeseen niiden geoteknistä vetokapasiteettia vastaavalle voimalle

Teräspaalujen korroosiotutkimukset ja -mitoitus tehdään ohjeen "Sillan geotekniset suunnitteluperusteet" liitteen 3 mukaisesti. Korroosiotutkimuksia edellytetään tehtäväksi siltapaikoilla, vaikka korroosio-olosuhteet arvioitaisiin tavanomaisiksi. Tehdyt suunnitteluratkaisut on perusteltava rakennelaskelmissa.

Liittorakennepaaluissa on varmistettava yläpuoliselta rakenteelta tulevan voiman siirtyminen liittorakenteelle. Voiman siirtymämatkalla paalu on mitoitettava teräsbetonirakenteena.

Lyöntipaalutusohjeen (LPO-2005) mukaisien paalujen muodostama paaluryhmä suunnitellaan normaalitapauksessa siten, että paalujen sijainnin ollessa suunnitelman mukainen sallitut paalukuormat eivät ylity. Paalutustyön jälkeen tehtävillä mittauksilla selvitetään todelliset mittapoikkeamat. Jos ne ylittävät sallitut arvot, tehdään tarkistuslaskelmat. Tällöin yksittäiselle paalulle voidaan sallia 15 %:n ylitys kantavuuteen. Tätä suuremmat ylitykset on korvattava lisäpaaluilla. Vain muutaman paalun muodostaman paalupukki- tms. rakenteen mitoitus tehdään siten, että suunnitelmassa edellytettyjen sijainti- ja suunta-poikkeamien toteutuessa sallitut paalukuormat eivät ylity.

Suurpaalutusohjeen (SPO-2001) mukaisien paalujen sallitut toleranssit otetaan huomioon paalukuormissa ja rakennesuunnittelussa.

Paalujen sijaintipoikkeamat on otettava huomioon paalulaattojen rakennesuunnittelussa, esim. vaikutukset laatan jännemittoihin. Paalujen sallittujen sijaintitoleranssien ylityksien vaikutukset on tarkistettava myös paalukuormien osalta.

4.4.2 Teräsbetonisen lyöntipaalun nurjahdus

Nurjahdusalttiin teräsbetonisen paalun rakenteellinen kapasiteetti tarkastellaan osoittamalla sen poikkileikkauksien kestävyys normaalivoimalle ja samanaikaisesti koko paalun mitalla vaikuttavalle taivutusmomentille, joka aiheutuu normaalivoimalle otaksutusta perusepäkeskisyydestä ja paalun taipuman aiheuttamasta lisäepäkeskisyydestä. Menettelyssä noudatetaan Suomen Rakentamismääräyskokoelman ohjeen B4 Betonirakenteet kohtaa 2.2.5 seuraavin täydennyksin:

- Lisäepäkeskisyys poikkileikkauksessa, e_2 , voidaan määrittää laskemalla paalun taipuma edellä mainitulla otaksumalla normaalivoiman epäkeskisyydestä. Paalun jäykkyytenä käytetään $EI = 0,15 E_c I_c + E_s I_s$. Tarkastelussa otetaan huomioon, että paalun taipuma lisää sen taivutusmomenttia normaalivoimasta 2-kertaluvun teorian mukaisesti. Lisäepäkeskisyyden laskentaan tarkoitettu ohjeen B4 kaava 2.54 voi antaa mitoituksen kannalta epätaloudellisen varmallalla puolella olevia arvoja.

Maassa olevan nurjahdusalttiin paalun nurjahduskapasiteetin laskennassa tarkistetaan myös maan murtuminen LPO-2005 kohdan 7.11.3 mukaisesti.

4.4.3 Peruslaatat

Kalliokuoppaan ohuen täyteen varaan perustetun tuen siirtymäksi oletetaan 10 mm, vaikka kuoppaa ei kuivateta.

4.5 Maa- ja välituet

4.5.1 Maa- ja välitukien yleisohjeet

Jos seinämäinen pitkänomainen tuki valetaan jäykästi kiinni perustukseen tai kallioon, on kutistuminen otettava huomioon vaakaraudoitteen mitoittamisessa halkeamakoon rajoittamiseksi.

Maasilloissa pohjaveden pinnan tasossa oleva jäänyt maa voi estää tukien vaakaliikkeen. Rakenne on tällöin mitoitettava myös vaakaliikkeen estäville kuormille. Samoin mitoitetaan myös vesistösiltojen välituet.

Laakerin alla halkaisuvoimat ja halkaisuraudoitteiden tarve lasketaan RakMK:n ohjeen B4 mukaan ja erilliset halkaisuraudoitteet sijoitetaan betonin vetojännityskuvion mukaan.

Siltaan vaikuttavan liikennekuorman maanpainetta laskettaessa otaksutaan ajoneuvoliikenteen silloilla tasaiseksi liikennekuormaksi koko ajoradan leveydelle 20 kN/m^2 julkaisun ”Sillan geotekniset suunnitteluperusteet” kohdan 4.7.1 mukaisesti. Kevyen liikenteen sillan päissä vastaavana arvona käytetään 10 kN/m^2 .

Maatuen siipimuurin mitoituksessa hyötykuormana on liikennekuorman aiheuttama maanpaine ja pyöräkuorma siipimuurin päällä. Siiven päällä olevaa pyöräkuormaa ei tarvitse ottaa huomioon halkeilulaskennassa.

Ellei tarkemmin analysoida, käytetään siipien vedetyissä sisänurkissa vinoa lisäraudoitetta, jonka raudituspinta-ala on 50 % siiven sisäpinnan raudoituspinta-alasta julkaisun RIL 125 Teräsbetonirakenteet kuvan 66 mukaisesti.

500 mm ja sitä paksummissa siivissä käytetään siiven sisänurkassa lisäviistettä ja siiven ulkonurkan rauditus sidotaan lisäviisteessä kulkevaan vino-raudoitukseen julkaisun RIL 125 Teräsbetonirakenteet kuvan 66 mukaiselle voimalle, ellei siiven ulkoreunan lohkeamista ja halkeilua tarkempien analyysien mukaan toisin estetä.

4.5.2 Välituet

Pilarimaiset välituet mitoitetaan murtorajatilassa ulkoisten kuormien lisäksi myös muodonmuutoskuormista aiheutuville pakkovoimille. Tämän johdosta sallittu halkeamakoko ei niissä tavallisesti ylitä eikä halkeamakoon tarkastelua tarvitse suorittaa kaikissa tarkasteltavissa poikkileikkauksissa. Suunnittelijan tulee kuitenkin huolehtia, että sallittu halkeamakoko ei ylitä.

Pilareiden yläpää mitoitetaan halkaisuvoimalle, joka muodostuu maksimi laakerivoimasta suunnitelman edellyttämän laakerin aluslevyn päällä.

Pilarin rakenteellisen kapasiteetin laskennassa betonipeitteen arvo vedenalaisen valun yhteydessä on 50 mm. Betonipeitteen nimellisarvo vedenalaisessa valussa on julkaisun Betonirakenneohjeet taulukon S4 alaviitteen 6 mukainen.

4.6 Päälysrakenne

Teräsrakenneohjeessa taipumarajatilaa käsittelevässä kohdassa 3.6 on maininta siitä, että liikennekuormasta aiheutuva kannen poikittaiskallistuma ei saa olla haitallisen suuri.

Kallistuman ei katsota olevan vielä haitallinen, jos se on korkeintaan 1 %. Sama rajoitus koskee kaikkia kaksi- tai useampipalkkisia siltoja palkkien rakennusmateriaalista riippumatta.

Ulokkeen taipumaa laskettaessa otetaan huomioon kiinnityskohdan kiertymä, mutta rinnakkaisten palkkien taipumaerosta johtuvaa kannen poikittaiskallistumaa ei tarvitse ottaa huomioon.

Yksipalkkisilla ja poikkileikkaukseltaan kotelomaisilla silloilla ei kannen reunaulukkeen taipuma saa ylittää julkaisussa "Betonirakenneohjeet" ilmoitettuja sallittuja arvoja. Taipumaa laskettaessa otetaan kannen kiertymän vaikutus huomioon.

Reunapalkkeja ei oteta mukaan laattapalkkisillan toimivan leveyden määrittelyyn. Kannen reunaulukkeen laskennassa niiden reunaa jäykistävä vaikutus voidaan kuitenkin ottaa huomioon.

Jänneankkurin paikallisen puristuksen halkaisuvoimat on analysoitava sekä yksittäiselle ankkurille että ankkuriryhmälle pysty- ja vaakasuuntaan. Jännebetonisillan väliankkurin voima on välitettävä rakenteeseen raudoitetangoin.

Ripustusraudoitus sijoitetaan standardin SFS-EN 1992-1-1 kohdan 9.3.1.2 kuvan 9.7 mukaisesti.

4.6.1 Sillan päädyn ja maan yhteistoiminta

Silloissa, joissa päälysrakenteen pääty liikkuu penkereessä, noudatetaan seuraavia ohjeita:

- Silta tulee mitoittaa kestämiään päällysrakenteen 30°C lämpötilanmuutoksesta aiheutuvat sillan ja penkereen vuorovaikutuksesta syntyvät voimat.
- Penkereen vaakasuuntaisia kimmo-ominaisuuksia ja passiivisen maanpaineen kehittymistä arvioidaan julkaisun Sillan geotekniset suunnittelu- perusteet kohdan 4.7.2 mukaan. Maanpaineen voidaan otaksua päällysrakenteen päädyn ja maan välisestä kitkasta johtuen vaikuttavan pääty- pintaa vasten vinossa kulmassa seuraavasti:
 - Sillan vinous $< 20^{\circ}$: maanpaineen resultantin suunta poikkeaa sillan keskilinjan suuntaan pääty pintaa vastaan kohtisuorasta suunnasta puolet sillan vinouskulmasta.
 - Sillan vinous $\geq 20^{\circ}$: maanpaineen resultantin suunta poikkeaa sil- lan keskilinjan suuntaan pääty pintaa vastaan kohtisuorasta suunnasta 10° (n. $1/4$ maan kitkakulmasta).
- Maksimi passiivipainekerroin sillan päädyssä on 11 murskeelle ($\varphi = 42^{\circ}$) ja 8 soralle ($\varphi = 38^{\circ}$) eurokoodin SFS-EN 1997-1 liitteen C kuvan C.2.1 mukaisesti, kun maan ja sillan päädyn välinen kitkakulma on $\varphi / 2$. Pen- kereessä liikkuvan sillan päädyn ja maan välisestä kitkakulmasta johtu- en, pyrkii passiivipaine nostamaan ylös pääty palkkia. Aktiivipaine voi- daan olettaa nolaksi.
- Penkereellä olevan liikennekuorman aiheuttama maanpaine sillan pää- dyissä lasketaan lepopaineena.
- Päällysrakenteen päädyn rakenteet ja kiinnitys päällysrakenteeseen on mitoitettava passiivipaineelle käyttäen murtotilassa passiivipaineelle osa- varmuuskerrointa 1,20.
- Vinopäisissä silloissa päällysrakenteen päätyihin syntyvä maanpaine aiheuttaa siltaan päällysrakennetta pysty akselin suhteen kiertävän mo- mentin, joka tulee ottaa huomioon mitoituksessa. Maan sekä siirtymälaa- tan ja siipimuurien välisiä reaktiivoimia ei oteta huomioon näissä tarkas- teluissa. Murtotilatarkasteluissa maanpaineen osavarmuuskertoimena käytetään arvoa 1,2.
- Sovellettaessa tyyppisiltojen tyyppipiirustuksia vinopäisiin siltoihin on aina varmistettava, että alusrakenne pystyy ottamaan päällysrakenteen päädyn ja penkereen vuorovaikutuksesta syntyvät voimat.
- Tyyppisiltojen piirustuksia sovellettaessa niiden käyttöohjeessa mainittu- jen raja-arvojen ulkopuolella, on tehtävä mitoituksen tarkistuslaskelmat.

4.6.2 Ulokesillat

Ulokesiltojen päädyn taipuma (kokonaisliike) suunnittelukuormasta rajoite- taan arvoon $\pm 20\text{ mm}$. Suunnittelukuormana on Lk I:n kaavio 1 sijoitettuna kahdelle kaistalle epäedullisimpaan asentoon.

Taipumaa laskettaessa otetaan huomioon ulokkeen oma taipuma sekä tuki- kiertymä.

Ulokkeen pituudeksi otetaan tien keskilinjan suuntainen mitta tuelta sillan päätyyn (siirtymälaatan sillan puoleiseen reunaan). Ellei laattasillan kuorman jakautumista haluta tarkemmin selvittää, voidaan laatan jäykkyys laskea todellisten mittojen mukaan 8,5 metrin hyötyleveyteen asti. Leveämpien laattojen leveydestä otetaan jäykkyyttä laskettaessa huomioon 8,5 m.

Betonipoikkileikkaus voidaan otaksua halkeilemattomaksi muodonmuutoksia laskettaessa.

Ulokkeen tulee kestää myös liikennekuorma otaksumalla, että ulokkeen pääty tukeutuu penkereeseen, mille otaksumalle tarkistetaan ulokkeen alapinnan kestävyys.

Ulokesillan päädyissä on oltava siirtymälaatta.

4.7 Varusteet ja laitteet

4.7.1 Laakerit

Laakereiden kitka-arvona käytetään laskelmissa 6 %.

Laakerin ylä- ja alalevyjen vähimmäiskoko lasketaan ja merkitään suunnitelmiin liitteen 5.2 mukaisesti. Vinossa sillassa kuormituspinnan A_{c0} nurkka sijaitsee usein lähinnä pilarin tai rintamuurin reunaa. Suure A_{c1} lasketaan tämän nurkan reunaetäisyyden perusteella. Ympyränmuotoisen alalevyn vaadittavaa minimikokoa laskettaessa reunaetäisyytenä käytetään pinta-alaltaan vastaavan suuruisen neliön reunaetäisyyttä.

Laakerien liikevaran sekä ennakon suuruus lasketaan liitteen 5.4 mukaisesti ja tällöin on otettava huomioon rakenteen muunnetun paksuuden vaikutus kutistumis- ja virumisnopeuteen esim. julkaisun by16 kuvien S12 ja S15 mukaan. Liikevaran suuruutta laskettaessa on otettava huomioon myös päällysrakenteen kiertymästä johtuvat vaakasuorat siirtymät.

Laskettaessa laakeritappien tai liikerajaajatappien leikkausvoimakapasiteettia on otettava vähentävänä tekijänä huomioon vaakavoiman vaikutuspisteen todellinen etäisyys betonin pinnasta. Laskenta voidaan tehdä esim. teoksen Leonhardt, Vorlesungen über Massivbau, Zweiter Teil, 1975 kohdan 3.6 mukaisesti.

Laakerointipiirustuksessa esitetään laakerien mitoituskuormat käyttörajatilassa sekä vaatimus siitä, että mitoitettaessa laakereita murtorajatilassa käytetään kokonaisvarmuuskerrointa 1,5.

Yhteen suuntaan liikkuvien laakereiden suuntaus ja siitä aiheutuvat pakko-voimasuureet on tarkasteltava laskelmissa.

4.7.2 Liikuntasaumalaitteet

Liikuntasaumalaitteen liikevaran sekä ennakon suuruus lasketaan kuten laakerien arvot. Liikevaraa pienentävänä voidaan ottaa huomioon päällysrakenteen ikä laitteiden asennusajankohtana.

LIITE 1.1 KALLIOON TUKEUTUVAN KAIVINPAALUN ALAPÄÄN MITOITUS

Kallionvaraisen kaivinpaalun alapään toimintaa ja kapasiteettia voidaan tutkia betonirakenteiden rajatilamitoitusohjeiden (RakMK B4) säännöillä murto-rajatilassa olevana raudoittamattomana betonirakenteena, joka pystyy vastaanottamaan vain puristavaa normaalivoimaa. Voima voi olla epäkeskeinen (taivutusmomentti). Rajatilana tällöin ovat betoninormin mukaiset betonin murtopuristuma-arvot, 2 ‰ poikkileikkauksen painopisteakselilla ja 3,5 ‰ poikkileikkauksen reunalla. Edellä esitetyllä otaksumilla voidaan laskea poikkileikkauksen taivutuskapasiteetti normaalivoiman funktiona.

Kallioon tukeutuvan paalun voimasuureet lasketaan kaivinpaalun alapää jäykästi kiinnitettynä. Paalun alapään taivutuskapasiteetin vastaavalle normaalivoimalle tulee olla näin laskettua suurempi:

$$M_u(N_{vast}) > M_d(N_{vast})$$

Pysyville kuormille (pitkäaikaisosuus > 50 %) tulee kaivinpaalun alapään poikkileikkauksen olla täysin puristettu.

Jos paalun alapää ei pysy täysin puristettuna, on tarkistettava yläpuolisten rakenteiden kestävyys myös mahdolliselle paalun alapään pienemmälle kiinnitysmomentille.

Ankkurointitarve

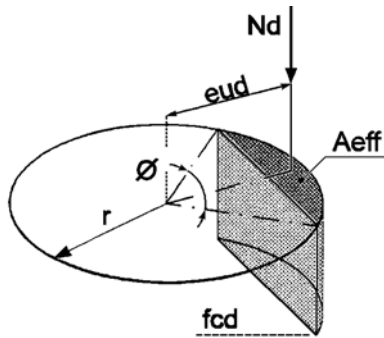
Kun paalun alapään taivutusmomentti on pienempi kuin raudoittamattoman poikkileikkauksen kapasiteetti, ei paalua tarvitse ankkuroida. Seuraavalla sivulla on laskuesimerkki. Ankkurointi mitoitetaan kuten teräsbetonipoikkeikkaus

Geotekniset reunaehdot

Jos kallion lujuus on pienempi kuin suurpaalun rakenteellinen kapasiteetti, on paalun geotekninen kantavuus määriteltävä Suurpaaluohjeen (SPO-2001) mukaan. Myös mahdollisten muiden geoteknisten reunaehtojen tulee täyttyä.

LASKUESIMERKKI

Raudoittamattoman betonipoikkileikkauksen taivutuskapasiteetti



Voimasuureet

$$N_d = 5,4 \text{ MN}$$

$$M_d = 630 \text{ kNm}$$

Materiaali- ja poikkileikkauksiedot

(K35-1, D=900 mm)

$$f_{cd} = 12,3 \text{ MN/m}^2$$

$$r = 450 \text{ mm}$$

Aksiaalkuorman tehollinen poikkileikkausala

$$A_{eff} = N_d / f_{cd}$$

$$A_{eff} = 0,439 \text{ m}^2$$

Aksiaalkuorman maksimiepäkeskisyys

Iteroidaan segmentin keskuskulmaa niin, että löydetään A_{eff} :ä vastaava kulma.

segmentin keskuskulma

$$\Phi = 3,76 \text{ rad}$$

tehollinen ala

$$A = (\Phi - \sin(\Phi)) * r^2 / 2$$

$$A = 0,439 \text{ m}^2$$

.. jolloin maksimiepäkeskisyys

$$e_{ud} = (2r^3 / 3A_{eff}) * \sin^3(\Phi/2)$$

$$e_{ud} = 120 \text{ mm}$$

Poikkileikkauksen taivutuskapasiteetti

$$M_u = e_{ud} * N_d$$

$$M_u = 646 \text{ kNm}$$

$$M_d / M_u = 98 \%$$

$M_d < M_u$ ∴ Ei tarvitse ankkuroida, kestävyys on riittävä

LIITE 1.2 SUURPAALUJEN JA VEDENALAISTEN BETONOINTIEN LAADUNVARMISTUS

1. Soveltamisalue

Nämä ohjeet täydentävät InfaRYL kohdissa 42018 ja 42020.3.7 annettuja laatuvaatimuksia suurpaalujen ja vedenalaisten betonointien laadunvarmistuksessa.

Siltakohtaisissa laatuvaatimuksissa esitetään mitä menetelmää tai menetelmiä kussakin tapauksessa käytetään.

Kaivinpaalujen kalliokontakti varmistetaan aina kohdan 2 mukaisesti.

Paalun varren betonoinnin laadunvarmistus suunnitellaan kohdan 3 mukaisesti.

Vedenalaisten betonointien laadunvarmistus suunnitellaan kohdan 4 mukaisesti.

Kunkin tarkastusmenetelmän yhteydessä kohdissa 2-4 on esitetty myös mahdollinen korjausmenetelmä.

Tarkastusmenetelmä voi olla myös edellä mainituista suosituksista poikkeava. Urakoitsija voi tarjouksensa perusteella käyttää tällöin omaan laadunhallintajärjestelmäänsä sisältyvää vaihtoehtoista tarkastusmenetelmää, jos sen käyttö on hyväksytty sitä ennen Tiehallinnon toimesta.

2. Kaivinpaalun kalliokontaktin varmistus injektioletkun avulla

Kallioon ulottuvien kaivinpaalujen pohjakontaktin varmistamiseksi laitetaan aina paalun alapäähän tyyppipiirustuksen R15/DM 5 mukaisesti injektioletku kiepille. Injektointipaineen tulee olla < 35 baria. Paalun tulee olla vähintään 7 vrk:n ikäinen ennen injektointia. Injektointiin soveltuvat letkutyyppit on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Injektointiin soveltuvat letkutyyppit

Injektointi-aine	Polyuretaani	Harts	Mikro sementti	Sementti	Yhteystiedot
Letkutyyppi					
Infiltra-Stop	x	x			DE NEEF Finland Oy
JOCO 10	x	x	x		Muottikolmio Oy
JOCO RC 500	x	x	x	x	

3. Paalun varren betonoinnin laadunvarmistus

Paalujen varren betonoinnin laadunvarmistukseen soveltuvia tarkastusmenetelmiä ovat ultraäänimittaus (kohta 3.1), PIT-mittaus (kohta 3.2), injektointi (kohta 3.3) tai radiometrinen mittaus (kohta 3.1) ja työnaikainen valvonta seuraavin rajoituksin:

- Kaivinpaaluissa PIT-mittausta ei voi käyttää paaluissa, joiden pituus on suurempi kuin 40 x halkaisija ($L > 40 D$).
- Frankipaaluissa varren betonoinnin kelpoisuus todetaan työnaikaisen valvonnan avulla. Paaluissa, joiden pituus on pienempi kuin 40 x halkaisija ($L < 40 D$) käytetään lisäksi PIT-mittausta.
- Raudoitetuissa teräsputkipaaluissa käytetään ultraäänimittausta kohdan 3.1 mukaan, jos betonointi tapahtuu vedenalaisena valuna. Kun teräsputkipaalun halkaisija on < 600 mm, ei paalua voida normaalisti suunnitella valettavaksi vedenalaisena valuna (ks. tämän julkaisun kohta 3.1.2). Raudoitamattomissa ja kuivana valettavissa raudoitetuissa teräsputkipaaluissa betonoinnin kelpoisuus todetaan työn aikaisen valvonnan avulla.
- Injektointimenetelmää käytetään vaikeissa pohjaolosuhteissa, esimerkiksi silloin, kun maassa on virtaavaa pohjavettä.

Ultraäänimittauksen sijasta voidaan käyttää myös kuituoptista mittausmenetelmää.

3.1 Kaivinpaalun varren ultraääni- tai radiometrinen mittaus

Paalun varsiosaan laitetaan kolme teräsputkea ($\phi = 76,2$ mm, $t = 2$ mm) tasasivuisen kolmion muotoon. Putket kiinnitetään sidelangoilla hakaraudoituksen sisäpuolelle. Putkien alapäätsuljetaan tiiviisti tulpalla asennusvaiheessa. Paalun tulee olla vähintään 7 vrk:n ikäinen ennen mittausta.

Mittaus tehdään teräsputkien sisään laskettavilla mittapäillä. Ennen ultraäänimittausta putket täytetään vedellä. Mittauksen jälkeen putket tyhjennetään vedestä ja talvella suojataan paalun pää niin, ettei vesi pääse jäätymään putkiin. Radiometrisessä mittauksessa putket ovat tyhjinä mittauksen aikana.

Jos mittaustulokset osoittavat paaluissa valuvirheitä korjataan paalut siten, että kaikki putket rikotaan sisäkautta erityistyökaluilla vauriokohdista. Sen jälkeen tehdään injektointi polyuretaanilla, epoksilla tai sementillä vaurion laadusta ja koosta riippuen. Sementti-injektointi sopii vain suuriin vaurioihin. Epoksi-injektoinnissa on ensin varmistettava massan soveltuvuus märkien pintojen injektointiin. Polyuretaani soveltuu hyvin märkien pintojen injektointiin, pieniin halkeamiin ja raudoitteen korroosiosuojaukseen, mutta ei anna sanottavasti rakenteellista lujuutta.

Injektoinnin jälkeen putket täytetään sementtilaastilla. Vauriokohtaa voidaan vahvistaa lisäraudoituksella (esim. 3 $\phi 16$ mm, $L \geq$ vauriokohdan korkeus + 2000 mm) kussakin teräsputkessa.

Ultraäänimittauksia tekee VTT.

3.2 Kaivinpaalun varren PIT-mittaus

Paalun varsiosan kelpoisuus mitataan paalun yläpäästä tehtävällä iskuaaltomittauksella (PIT-mittaus, Pile-Integrity-Test). Menetelmä soveltuu paaluihin, joiden pituus on enintään 40 x paalun halkaisija. Paalun tulee olla vähintään 7 vrk:n ikäinen ennen mittausta.

Mittaukseen kuuluu:

- mittaus
- tulostus sanallisessa muodossa sekä nopeus- ja kiihtyvyysskäyrät
- PITWAP-analyysi aina, kun paalussa on mittaustuloksien mukaan jotain epätavallista mahdollinen korjaus injektoinnilla.

Korjaustyö injektoimalla tehdään, kuten kohdassa 3.1 on selostettu.

3.3 Kaivinpaalun varren injektointimenetelmä

Paalun varsiosaan laitetaan letku injektointia varten kierteellä ylösnostaen tyyppipiirustuksen R15/DM 5 mukaisesti. Menetelmä soveltuu paaluihin, joissa ei ole vaippaputkea.

Injektointiletkunä ja -aineena käytetään liitteessä 1.2 taulukossa 1 lueteltuja tuotteita.

Paalunvarren injektointikorkeus on esitetty tyyppipiirustuksen R15/DM 5 taulukossa 1.

Injektointityö aloitetaan pohjakontaktin tiivistyksen jälkeen (kohta 2) edeten vaiheittain alhaalta ylöspäin. Injektointipaineen tulee olla <35 baria. Paalun tulee olla vähintään 7 vrk:n ikäinen ennen injektointia.

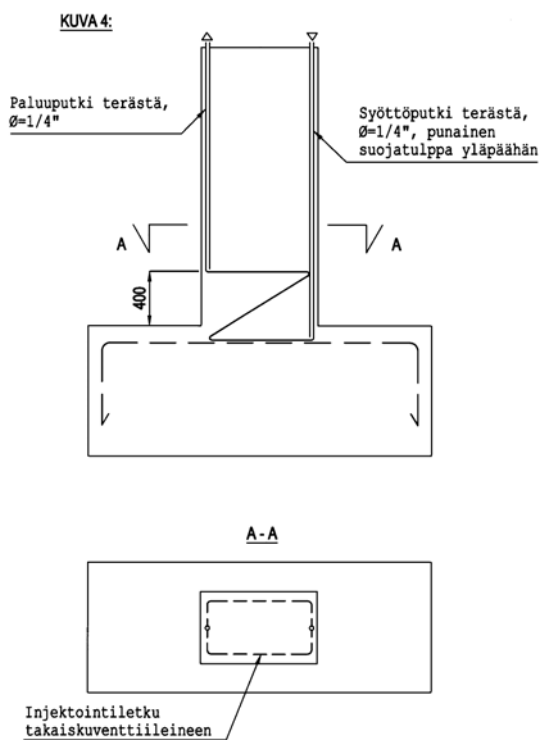
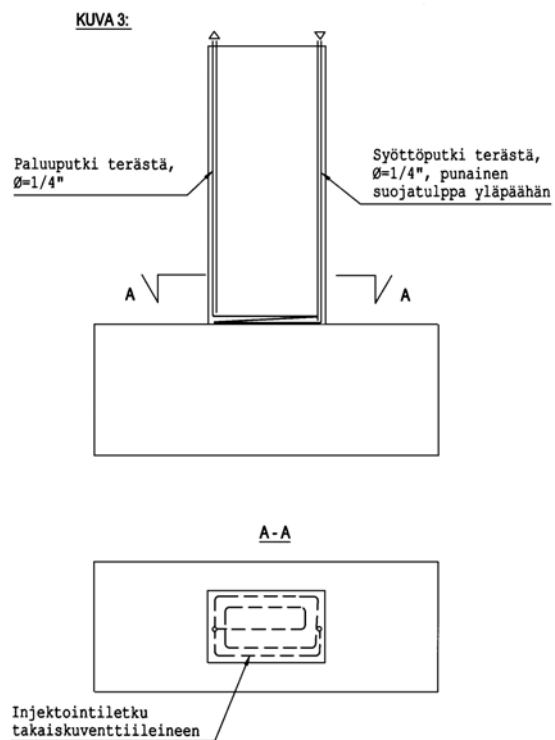
4. Vedenalaisten peruslaattojen ja pilarien betonoinnin laadunvarmistus

Peruslaattojen ja pilarien vedenalaisen betonoinnin laadunvarmistustoimenpiteenä voi olla videokuvaus, vesipainekoe porareiästä, sydännäyteporaus, injektointi, kuituoptyinen mittausmenetelmä tai ultraäänimittaus yksin tai yhdistettynä keskenään.

Peruslaatan laadunvarmistustoimenpiteet ilmoitetaan suunnitelmassa. Silta-kohtaisissa laatuvaatimuksissa esitetään yksilöidysti, montako näytettä otetaan ja miten näyteporaukset tehdään.

Peruslaatan ja pilarin liitoskohta tiivistetään aina injektoimalla. Kun rajakohdassa on työsauma, menetellään kuvan 3 mukaisesti ja jos pilariosa vaeleetaan yhtäjaksoisesti peruslaatan valun kanssa, menetellään kuvan 4 mukaisesti. Injektointiletkunä ja -aineena käytetään kohdassa 2 lueteltuja tuotteita. Betonin tulee olla vähintään 7 vrk:n ikäinen ennen injektointia ja injektointipaineen tulee olla < 35 baria.

Vesipainekokeessa alkupaine on 3 baria. Painetta pidetään 1 tunnin ajan, jonka aikana paine saa laskea korkeintaan 10 % alkupaineesta.



Kuvat 3 ja 4. Peruslaatan ja pilarin liitoskohdan tiivistäminen injektoimalla.

LIITE 1.3 PERUSTUSTEN VÄHIMMÄISRAUDOITUS

1. Lyöntipaalut

Teräsbetonisten lyöntipaalujen raudoituksen on täytettävä LPO-2005 Lyöntipaalutusohjeiden kohdan 6.2 vaatimukset.

2. Suurpaalut

Noudatetaan Suurpaalutusohjeiden SPO-2001 kohdan 7.6.5 ja tämän ohjeen liitteen 2.1 pilareiden ohjeita seuraavin täydennyksin:

- Teräspalkkipaaluissa putkiteräs voidaan laskea hyväksi arvioitaessa paalun vähimmäispääraudoitemäärää siltä osin, kuin putkiteräs korroosiovaaroilla vähennettynä toimii paalun rakenteellisena osana.
- Pääraudoitetankojen halkaisija on vähintään 16 mm.
- Pääraudoitetankojen keskiöväli saa olla enintään 300 mm.
- Paalun hakojen halkaisijan tulee olla vähintään 8 mm ja hakavälin enintään 300 mm.

3. Peruslaatat

Peruslaattojen ylä- ja alapintojen raudoituksen tulee täyttää seuraavat vaatimukset:

- Laatoissa, joiden paksuus $h=500$ mm tulee olla raudoitus, jonka suhteellinen raudoitepinta-ala on molempiin suuntiin $0,25 f_{ctk}/f_{yk}$. Laatoissa, joiden paksuus on $h < 500$ mm, noudatetaan tankojen halkaisijalle ja jaolle asetettujen ehtojen kautta jäljempänä määräytyvää vähimmäisraudoitemäärää.
- Laatoissa, joiden paksuus $h \geq 1000$ mm tulee olla raudoitus, jonka suhteellinen raudoitepinta-ala on molempiin suuntiin $0,20 \times f_{ctk}/f_{yk}$.
- Em. laatanpaksuuksien välillä vaadittava vähimmäisraudoitemäärä saadaan interpoloimalla suoraviivaisesti.
- Raudoitetankojen halkaisija on vähintään 16 mm ja raudoitetankojen jako enintään 300 mm.
- Jos tarkasteltavan pinnan betoni on käyttötilan kuormitusyhdistelmällä aina puristettuna, riittää raudoitteen vähimmäismääräksi 50% yllämainituista suhteellisen raudoitepinta-alan vähimmäisarvoista. Samoin on jakoraudoitteen osalta silloin, kun laatta toimii yhteen suuntaan (kuten esimerkiksi seinämäisen tuen kohdalla). Tällöin tankojako saa olla enintään 400 mm ja tankojen halkaisijan tulee olla vähintään 12 mm.

Hakaraudoitteen vähimmäishalkaisija on 10 mm.

Peruslaattojen muun raudoituksen, ml. sivupinnat, tulee täyttää tämän ohjeen liitteen 2.1 kohdan 5 vaatimukset

4. Vedenalainen betonointi

Vedenalaisina betonoinnissa raudoitustankojen vapaavälin tulee olla kaikkialla vähintään 100 mm. Rakenteen yläpinnan raudoitteen suunnittelussa on otettava huomioon betonointikaluston vaatimat valuaukot.

LIITE 2.1 MAA- JA VÄLITUKIEN VÄHIMMÄIS- RAUDOITUS

1. Yleistä

Ellei alla olevissa kohdissa toisin määrätä noudatetaan julkaisun RakMK B4 kohdan 2.5.2 ohjeita.

2. Taivutetut laattamaiset rakenteet

Rakenteiden kaikkien pintojen raudoituksen tulee täyttää seuraavat vaatimukset:

- rakenteissa, joiden paksuus $h = 300$ mm, on suhteellinen raudoitepinta-ala molempiin suuntiin vähintään 0,15 %
- rakenteissa, joiden paksuus $h \geq 800$ mm, on suhteellinen raudoitepinta-ala molempiin suuntiin vähintään 0,10 %
- rakennepaksuuksille 300...800 mm suhteellinen vähimmäisraudoitemäärä saadaan interpoloimalla
- rakenteissa, joiden paksuus on < 300 mm, noudatetaan kohdan 5 vähimmäisraudoitemäärää.

Hakaraudoitteen vähimmäishalkaisija on 10 mm.

3. Palkit

Vähimmäisraudoituksessa sovelletaan liitteen 3.5 kohtia 2 ja 3.

Palkkien pääraudoitetankojen tulee olla halkaisijaltaan vähintään 16 mm.

Hakaraudoitteen vähimmäishalkaisija on 10 mm.

Reunapalkkien vaatimukset ovat tämän ohjeen liitteen 3.5 kohdan 4.2.3 mukaisia.

4. Normaalivoiman ja taivutusmomentin rasittamat rakenteet

Määritellään seuraavat rakenteet rakenteiden sivumittojen h (paksuus) ja b (leveys) mukaan:

Pilari: $b \leq 3 h$
 $h \leq 1,5 m$

Seinämainen pilari: $b > 3 h$
 $h \leq 1,5 m$

Massiivipilari: $h > 1,5 m$

4.1 Pilareissa ja massiivipilareissa tulee pääraudoitteen kokonaismäärän olla

$$A_{s \min} = \frac{0,18 N_d}{f_{yk}}$$

N_d = Murtorajatilán normaalivoiman laskenta-arvo.

Hakaraudoitteen vähimmäishalkaisija on 10 mm ja jakoväli enintään 250 mm.

4.2 Teräsbetoniseinissä ja seinämäisissä pilareissa tulee pystyte-rästen määrän olla molemmissa pinnoissa vähintään 0,1 % koko poikkileik-kausalasta ja kokonaismäärän enintään 4 % koko poikkileikkausalasta. Vaa-karaudoituksen määrä on vähintään puolet edellä mainitusta pystyraudoit-teen määrästä, ellei kohdan 5 vaatimus toisin edellytä.

Jos pystyraudoituksen määrä on suurempi kuin 2 % koko poikkileikkausalas-ta, sidotaan se haoilla RakMK B4 kohdan 2.5.2.4 pilarihaoitukselle annettu-jen vaatimusten mukaan.

Jos rakenteen leikkauskapasiteetti vaatii hakoja, noudatetaan niiden vähim-mäismäärässä RakMK B4 kohdan 2.5.2.3 vaatimuksia.

Hakaraudoitteen vähimmäishalkaisija on 10 mm ja jakoväli enintään 250 mm.

4.3 Pystyraudoitetankojen vähimmäiskoko ja suurin sallittu raudoite-jako on seuraava:

- Pilarit: Raudoitetankojen halkaisija 20 mm, jako 300 mm
- Massiivipilarit: Raudoitetankojen halkaisija 25 mm, jako 300 mm
- Teräsbetoniseinät ja
seinämäiset pilarit: Raudoitetankojen halkaisija 16 mm, jako 300 mm

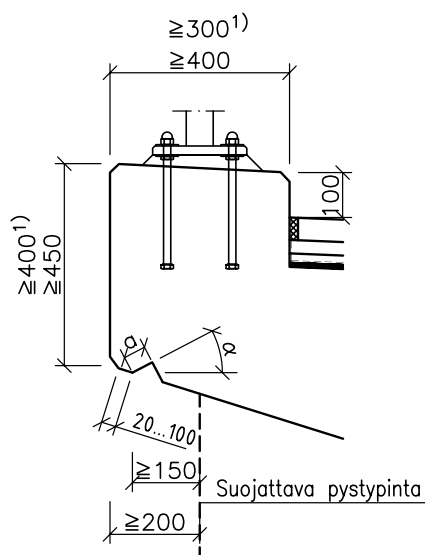
5. Muut vaatimukset

Kierrehaka aloitetaan ja päätetään ehjään kierrokseen ilman kierteen nou-sua.

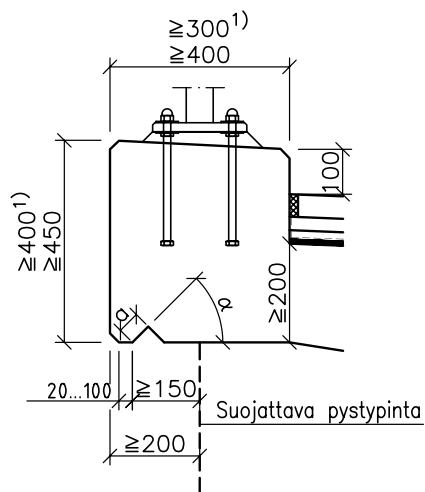
Alusrakenteen muun pintaraudoituksen tulee olla halkaisijaltaan vähintään 12 mm ja suurin sallittu raudoitejako on 250 mm.

Seinämäisessä pilarissa tai seinässä, joka saa vaakasuunnassa huomatta-via vetorasituksia kutistumaeroista tai lämpötilaeroista liittyvään rakentee-seen nähden (esim. peruslaattaan kiinnittyvä pystyseinä), määritetään vaa-karaudoitteen minimimäärä siten, ettei rakenteen halkeamakoko laskettuna kutistumisesta ja lämpötilaerosta ylitä sallittua halkeamakoon arvoa lyhytai-kaiskuormille.

LIITE 3.1 REUNAPALKKI. VÄHIMMÄISMITAT JA MUOTOILUPERIAATTEET

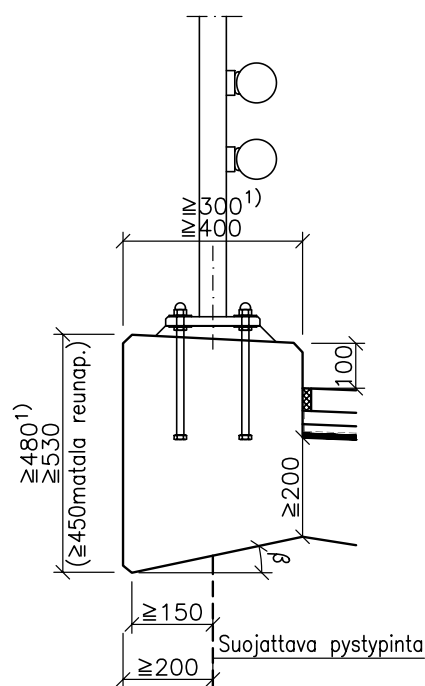


Reunapalkin yläpinnan kaltevuus vähintään 1:20



TIPPU-URAN VÄHIMMÄISKOKO

$\alpha = 18^\circ$	$a \geq 50 \text{ mm}$
$\alpha \geq 35^\circ$	$a \geq 30 \text{ mm}$
Väliarvot voidaan interpoloida	
Jos $\beta \geq 15^\circ$, tippu-uraa ei tarvita	



1) Kevyen liikenteen sillat

LIITE 3.2 SILLAN KOHOTUKSET

1. Yleistä

Sillan ulkonäköön vaikuttaa päällysrakenteen valmistuksen yhteydessä tehtävä kohotus. Määritellään kaksi eri kohotusta seuraavasti:

Ennakkokohotus: kohotus, jonka tarkoitus on kumota rakenteen pysyvien kuormien aiheuttama taipuma.

Pysyvä kohotus: kohotus, jonka tarkoitus on parantaa optista vaikutelmaa siten, ettei vaakasuora silta näyttäisi roikkuvalta. Tämä kohotus jää pysyväksi. (Käytetään myös nimitystä **optinen kohotus**).

Seuraavat näkökohdat on syytä ottaa huomioon kohotusta arvioitaessa:

2. Ennakkokohotus

Rakenteen pysyvien kuormien aiheuttama taipuma kumotaan aina ennakkokohotuksella. Taipuma pyritään arvioimaan mahdollisimman oikein. Liikennekuormalla ei otaksuta olevan pysyvää osuutta.

Betonirakenteissa rakenne toimii suurimmalta osalta halkeamattomassa tilassa, jolloin sen taipuman laskennassa voidaan käyttää halkeilemattomilla osin homogeenisen poikkileikkauksen arvoja ja halkeilleen alueen osalta ottaa huomioon halkeilu. Kutistuman ja viruman vaikutukset voidaan laskea Suomen rakentamismääräyskokoelman ohjeen B4 Betonirakenteet mukaisilla otaksumilla.

Teräksen ja betonin liittorakenteissa pysyvän kuorman taipuma kohdistuu pääosin teräsrakenteeseen. Yhdistettyyn rakenteeseen kohdistuvien kuormien aiheuttama taipuma voidaan laskea olettamalla halkeilleella laatan osalla 20 % betonipoikkileikkauksesta toimivaksi. Kutistuman ja viruman vaikutukset voidaan laskea em. ohjeen B4 mukaisilla otaksumilla.

Ulokelaatassa tai ulokepalkissa ennakkokohotus voi olla negatiivinen.

3. Pysyvä kohotus

Sillan ulkonäön vuoksi tehtävän pysyvän kohotuksen tarve arvioidaan tapauskohtaisesti suunnittelun yhteydessä.

Siltojen esi- ja yleissuunnittelussa vaikutetaan siihen, että tien tasaus sillalla on kupera, jolloin optista esikohotusta ei tarvita.

Moniaukkoisessa sillassa ei aukoilta tule antaa pysyvää kohotusta, koska sen johdosta valmiissa sillassa reunalinja poikkeaisi jatkuvasta käyrästä. Tämä vaikuttaisi ulkonäköön haitallisesti ja ulkonäköä jouduttaisiin korjaamaan kaiteen asennolla.

Alapinnaltaan kaarevassa tai viisteellisessä sillassa pysyvää kohotusta ei yleensä tarvita.

Jos yksiaukkoista siltaa, jonka jännemitta on > 15 m, ei voida sovittaa ylöspäin kaarevaan tasaukseen, on siinä tarpeen pysyvä kohotus. Sen suuruus on 1/1000-osa jännemitasta, mutta kuitenkin enintään 30 mm. Koverassa kaaressa olevaan siltaan ei tehdä pysyvää kohotusta.

4. Esittäminen suunnitelmassa

Käytettävän kohotuksen tulee käydä ilmi suunnitelmasta yksikäsitteisesti eriteltynä ennakkokohotukseen ja pysyvään kohotukseen.

LIITE 3.3 JÄNNITETTY KAAREVA BETONIPALKKISILTA

1. Yleistä

Tässä liitteessä käsitellään kaarevan betonisen palkkisillan erityispiirteitä ja suunnittelussa huomioon otettavia asioita. Vääntö on ilmiö, joka vaatii kaarevassa sillassa huomiota. Sillan jännittäminen aiheuttaa vielä lisää vääntöä, jota on erityisesti tarkasteltava.

2. Vääntöä aiheuttavat tekijät kaarevassa sillassa

2.1 Kuormitus

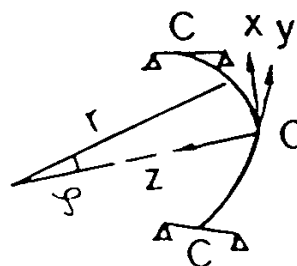
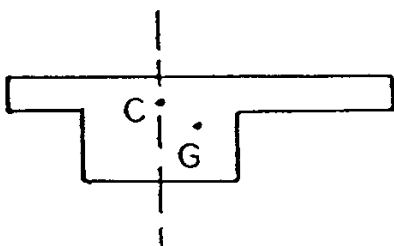
- a) Sillan poikkisuunnassa epäkeskeinen kuorma
- b) Voimasuureiden vuorovaikutus: taivutusmomentti aiheuttaa vääntöä
- c) Jännevoima
 - vääntökeskiöön nähden epäkeskeinen ohjausvoima
 - pakkomomentti ($m_t = MP/r$)
 - ankkurivoimat

2.2 Rakenteelliset syyt

- a) Päällysrakenteen vaikutus
 - epäsymmetrinen poikkileikkaus (painopiste ja vääntökeskiö eivät ole samassa pystytasossa)
 - poikkipalkit, ramppiliittymät tms.
 - leveä silta (massaa on enemmän ulko- kuin sisäreunalla)
- b) Tukien ja laakeroinnin vaikutus
 - epäkeskeinen tuenta
 - laakeriohjaimilla pakotettu liikesuunta kutistumis- ja lämpöliikkeille

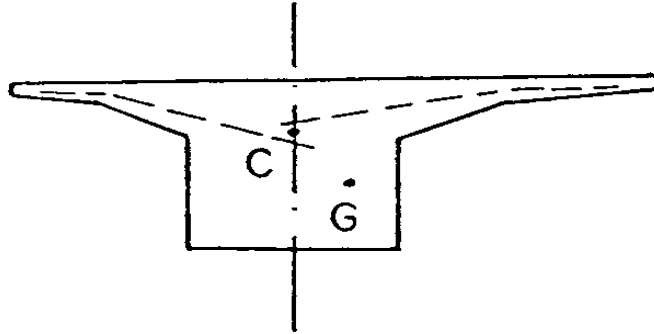
3. Rakenteesta aiheutuva vääntö

Tarkastelun perustana on vaakatasossa kaareva laattapalkkisilta. Palkki on laakeroitu siten, että vääntömomenttitasapaino on mahdollinen, ts. ainakin sillan päissä on vääntöjäykkä laakerointi (kuva 1).



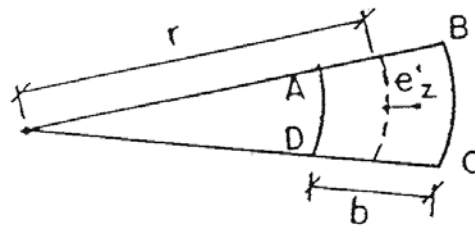
Kuva 1.

Poikkileikkauksen vääntökeskiön aseman täsmällinen määrittäminen paksuseinäisessä poikkileikkauksessa on työläs tehtävä. Riittävällä tarkkuudella voidaan kuitenkin olettaa, että se sijaitsee uuman keskilinjan ja laattaalokkeiden keskilinjojen jatkeiden leikkauspisteessä. Jos leikkauspisteet eivät yhdy, käytetään niiden keskiarvoa. Keskilinjoja määritettäessä otetaan laattojen viisteet huomioon (kuva 2).



Kuva 2.

Jos laattaalokkeet ovat eripituiset, sijaitsee poikkileikkauksen painopiste G uuman keskitason ulkopuolella. Siitä aiheutuu rakenteelle pysyvä vääntökuormitus $t_g = g e_z$ (kuvat 2 ja 3).



$$e'_z = \frac{b^2}{12r}$$

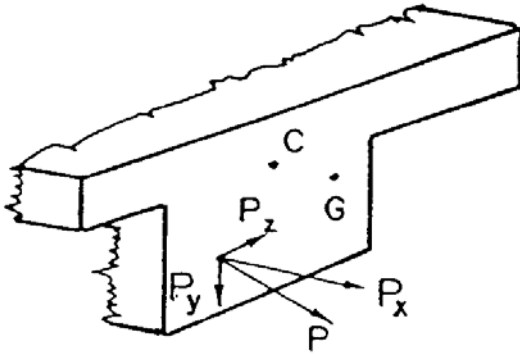
Kuva 3.

Sillan kaarevuussäteen ollessa pieni, korostuu poikkileikkauksen leveyden vaikutus. Suunnikkaan ABCD painopiste sijaitsee etäisyydellä e'_z leveysmitan keskikohdasta. Tämä lisäepäkeskeisyys lasketaan erikseen kansilaatan ja uuman osalta ja lisätään e_z -arvoon (kuva 3).

Sillan poikkisuunnassa leveä tuki pysäyttää vääntömomentin siten että jatkuvassakin sillassa väännön vaikutusta voidaan käsitellä kentittäin. Jos välituki on hoikka pilari tai joka suuntaisen kiertymisen salliva laakeri, on palkin jatkuvuus otettava huomioon.

4. Jännevoiman vaikutukset kaarevaan palkkiin.

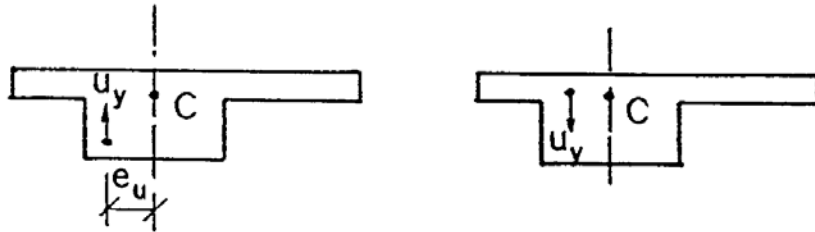
Jännevoima P on tavallisesti usean jänteen resultanttivoima ja sillä on yleisessä tapauksessa komponentti kunkin koordinaattiakselin suunnassa P_x , P_y ja P_z . Kuten suorassa palkissa, voidaan yleensä riittävällä tarkkuudella olettaa, että $P_x = P$, $P_y = P \sin \alpha$, jossa α on vaakatason ja jänteen välinen kulma, ja $P_z = P \sin \beta$, jossa β on kulma jänteen ja siltalinjan tangentin määrämien pystytason välillä (kuva 4).



Kuva 4.

Ohjausvoima vaikuttaa jänteen kaarevuuden keskipisteeseen päin. u_y ja u_z ovat ohjausvoiman komponentit sillan pysty- ja vaakasuuntaan. Jos jännegeometria pystysuunnassa on nimenomaan paraabeli, on ohjausvoima

$$u_{yi} = \frac{8P_i f_i}{l_i^2}$$

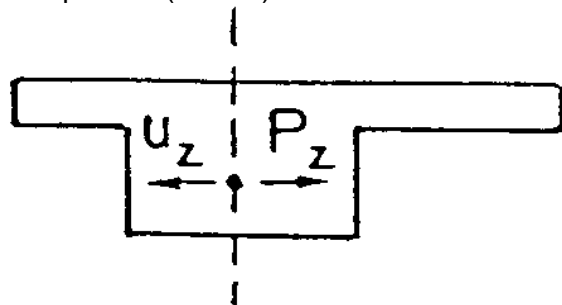


Kuva 5.

Kaarevassa sillassa pystysuuntainen ohjausvoima voidaan laskea erikseen ottaen huomioon kunkin jänteen koveran osan pituus l_i ja nuolikorkeus f_i . Sisäkaarteiden puoleiset jänneet ovat lyhyempiä kuin ulkokaarteiden puolella sijaitsevat. Tästä johtuen ohjausvoimaresultantti ei yleensä vaikuta jännevoimaresultantin P kanssa samassa pystytasossa ja rakenteeseen syntyy vääntöä.

Vääntöä voi syntyä myös ankkurivoimien pystykomponentin ja mahdollisen pakkovääntötilan kautta.

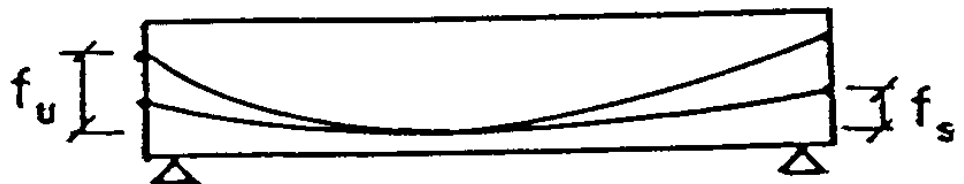
Palkin vaakakaarevuudesta johtuva jänteen vaakasuuntainen ohjausvoima u_z vaikuttaa jänteen kohdalla ja suuntautuu kohti sillan vaakakaarevuuden keskipistettä (kuva 6).



Kuva 6.

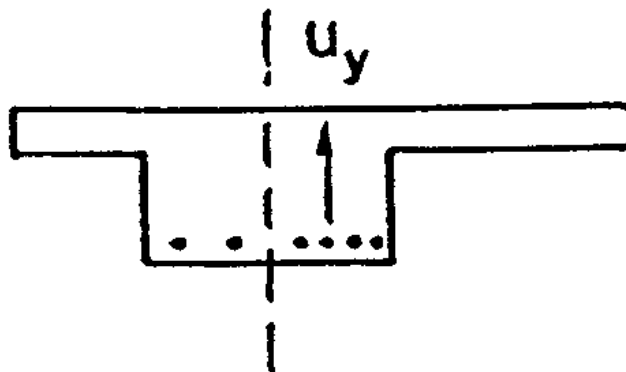
Se on yhtä suuri, mutta vastakkaissuuntainen kuin jännevoiman betoniin aiheuttama puristusjännityksien vaakakomponentti P_z , joka myöskin vaikuttaa jänteen kohdalla. Nämä voimat kumoavat toisensa eli staattisesti määrättyssä yksiaukkoisessa palkissa ei synny vääntöä sen keskilinjalla sijaitsevas- ta jännevoimakuormasta. Jos kuitenkin siltaan syntyy jännevoimasta pakko- voimatila, eivät em. voimat sijaitse tarkalleen samalla kohtaa ja rakentee- seen syntyy vääntöä. Se voidaan yleensä vähäisenä jättää huomioonotta- matta.

Useimmiten on mahdollista kumota pysyvien kuormien aiheuttamaa kierty- mää sijoittamalla pystysuuntainen ohjausvoimaresultantti sopivasti poikki- suunnassa. Yksiaukkoisessa sillassa voidaan esim. järjestää ulkokaarten puoleisille jänteille suurempi nuolikorkeus kuin sisäkaarten puoleisille jän- teille. Jänteiden kapasiteetista ei tällöin kuitenkaan menetetä juuri mitään, sillä keskikentässä ne sijaitsevat kaikki poikkileikkauksen alareunassa (kuva 7).



Kuva 7.

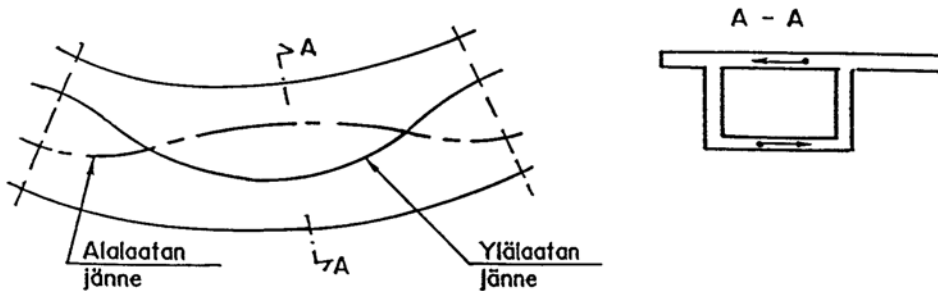
Toinen tapa kumota pysyvien kuormien aiheuttamaa kiertymää on sijoittaa ulkokaarten puolelle useampia jäniteitä kuin sisäkaarten puolelle (kuva 8).



Kuva 8.

Jatkuvassa palkissa erilaisten nuolikorkeuksien käyttö ei ole edullista, koska osa jänteistä sijaitsisi välitukien kohdalla liian alhaalla.

Kotelopalkeissa jäniteitä ei voida keskikentän ja tuen välillä helposti siirtää vaakasuunnassa. Niissä voidaan käyttää ns. laattajäniteitä, jotka sijoitetaan ylä- ja alalaattaan. Poikkeuttamalla niitä vaakasuunnassa aikaansaadaan pysyvien kuormien vääntömomentille vastakkainen ohjausvoimapari (kuva 9).



Kuva 9.

5. Suunnittelua koskevia suosituksia

Sillan suunnittelun yleisen käytännön lisäksi vaakatasossa kaarevan sillan suunnittelussa on otettava erityisesti huomioon vääntömomentin vaikutus.

Tukien muotoilulla voidaan vaikuttaa vääntörasituksen jakautumiseen rakenteessa. Yleensä ainakin maatuella on syytä suunnitella vääntöjäykkä tuenta. Välitukien joustavuudesta riippuu sillan päihin kertyvän vääntörasituksen suuruus.

Poikkileikkauksen muodon valinnalla vaikutetaan vääntömomentin aiheuttamien jännitysten suuruuteen ja palkin kiertymään. Vääntöhalkeilua on syytä välttää, koska kiertymät kasvavat tällöin merkittävästi.

Kaareva silta suunnitellaan ensisijaisesti siten, että pysyvän kuorman ja jännevoiman aiheuttamat kiertymät ovat vähäisiä. Jos se jossakin tapauksessa ei ole mahdollista, sillalle annetaan pysyvää kiertymää vastaava ennakkokiertymä (vrt. ennakkokokohotus) halutun muodon aikaansaamiseksi.

On huomattava, että kaarevassa sillassa jännevoiman sijaitessa sillan symmetria-akselilla jännevoimasta ei aiheudu merkittävää vääntöä. Tämän johdosta jännevoima, joka kumoaa oman painon aiheuttaman taivutusmomentin, ei kumoaa oman painon aiheuttamaa vääntömomenttia. Tämä on otettava huomioon laskentaohjelman käytössä ja rakenne- ja kuormitusotaksumissa.

Jos rakenteen tasapainotila ei ole mahdollinen ilman vääntökapasiteettia, murtorajatilatarkasteluissa kiinnitetään erityisesti huomiota vääntötasapainoa ylläpitävien kohtien suunnitteluun. Voimasuureet voidaan laskea kimmoteorian mukaan. Kimmotilassa on voimassa kaarevalle rakenteelle tyypillinen voimasuureiden myötävaikutus.

Halkeilu otetaan huomioon rakenteen taivutus- ja vääntöjäykkyyttä laskettaessa.

Murtokuormaa määrättäessä jännevoimaan suhtaudutaan kuten pysyvään kuormaan ja sille käytetään vastaavaa varmuuskerrointa. Jännevoiman suuruus ennen tai jälkeen pitkäaikaishäviöiden valitaan määräävän tilanteen mukaan.

6. Kirjallisuutta

- [1] Menn, C., Stahlbetonbrücken, Springer-Verlag 1986
- [2] Bachmann, H., Spazielle Probleme der Vorspannung, Vorlesung, Eidgenössische Technische Hochschule, Zurich.
- [3] Renault, J., Complexe d'echance de la Porte de Bagnolet. Precontrainte dans les viaducs courbes et biais. Sixieme Congres International de la Precontrainte, Prague- 6-13 Juin 1970.
- [4] Leonhardt, F., Vorlesung über Massivbau, Sechter Teil, Springer-Verlag 1979.
- [5] Melhorn, G, Schwarz, P., Ein Beitrag zur Bestimmung des Lage des Schubmittelpunktes, Der Bauingenieur 46 (1971) Heft 1.

LIITE 3.4 TERÄSBETONISEN LAATTAKEHÄN SUUNNITTELUSTA

1. Kuormat

1.1 Oma paino ja pintarakenteen paino

Vinojalkaisessa kehässä vaikuttaa kuormana myös jalan päällä oleva maa ja siirtymälaatta.

1.2 Maanpaine

Rakenne suunnitellaan lepopaineelle tai 0,7-kertaiselle lepopaineelle. Maanpaineen voidaan otaksua olevan yhtä suuri molemmin puolin rakennetta. Kehän taustan tiivistyksestä aiheutuva lepopaineen lisäys otetaan huomioon Tiehallinnon ohjeiden mukaan.

1.3 Liikennekuorma

Mitoitus tehdään liikennekuormalle I (Lk I) ja mitoituksen tarkistus raskaalle erikoiskuormalle 1 (Ek 1).

Liikennekuormana vinolle jalalle voidaan käyttää tasan jakautunutta kuormaa 20 kN/m^2 .

1.4 Maanpaine liikennekuormasta

Lepopaine, joka kehittyy pintakuormasta 20 kN/m^2 .

1.5 Jarrukuormat

Jarrukuorman voidaan otaksua jakaantuvan tasan koko kehän leveydelle.

1.6 Lämpötilan muutos ja lämpötilaero

Ylin keskilämpötila on $+25 \text{ °C}$ ja alin keskilämpötila -25 °C tai -30 °C ”Siltojen kuormat” ohjeen mukaan.

Lämpötilaero $+10 \text{ °C}$ tai -5 °C (Positiivisen lämpötilan ollessa korkeampi yläpinnassa). Betonin kimmomodulille käytetään lyhytaikaista arvoa E_c . Lämpötilaeroa ei tarvitse ottaa mitoituksessa huomioon kehän jalkojen osalta.

1.7 Siirtymät

Maanvaraisessa perustuksessa otaksutaan siirtymä vaakasuorassa suunnassa 10 mm toisessa jalassa. Jos perustukseen vaikuttavien voimien vaakakomponentti vaikuttaa penkereeseen päin tai on pieni ($< 1/5$ pystykomponentista) ei vaakasiirtymää otaksuta aiheutuvan.

Painumaero otetaan huomioon perustamisolosuhteiden pohjalta. Betonin kimmomodulille käytetään pitkäaikaista arvoa E_{cc} .

1.8 Betonin kutistuminen

Betonin kimmomodulille käytetään pitkäaikaista arvoa E_{cc} .

2. Rakennemalli

2.1 Kiinnitys perustukseen

Rakenne on tapauksesta riippuen joko a) nivelkantainen tai b) kimmoisesti perustukseen kiinnittyvä.

Tapauksessa b voidaan rakenteen voimasuureita laskettaessa kiinnityksasteen otaksua olevan jäykän kiinnityksen ja nivelkiinnityksen välissä. Maanvaraisessa perustuksessa kiinnityksen jäykkyysluvun voidaan otaksua olevan $k = k_0 \cdot B^3$, missä $k_0 = 10 \text{ MN/m}^3$. B on anturan leveys. Jäykkyysluku vastaa taivutusmomenttia, joka tarvitaan antamaan peruslaatalle kulmanmuutos = 1 radiaani. Kuitenkin jalan kiinnityusraudoitus peruslaattaan mitoitetaan vastaamaan täyttä kiinnitystä.

2.2 Rakenteen ja maan yhteistoiminta

Vaakasuurien toispuoleisten kuormien vaikuttaessa rakenne siirtyy maata vastaan. Maa vastustaa liikettä. Tämä maassa kehittyvä reaktiopaine voidaan ottaa huomioon seuraavasti:

Reaktiopaineen voidaan otaksua olevan tasan jakautunut koko jalan korkeudelle ja sen suuruuden olevan suoraan verrannollinen jalan yläpään vaakaliikkeen suuruuteen. Jalan yläpään 5 mm:n liikettä vastaa reaktiopaine 20 kN/m^2 .

Kehän jäykkyys voidaan arvioida käyttäen betonille kimmomodulia $E_c = 30\,000 \text{ MN/m}^2$.

2.3 Jalan jäykkyys kehän reunalla

Ylimenevän tien suuntainen tai vino siipimuuri jäykistää jalkaa ja aiheuttaa tukimomentin kertymistä kehän reunalle. Siipeen ja reunapalkkiin aiheutuva vetorasitus arvioidaan ja otetaan huomioon reunapalkin raudoituksessa.

2.4 Vino kehä

Vinossa kehässä otetaan huomioon voimapari, joka kiertää kehää vaakatasossa pystysuoran akselin ympäri.

2.5 Rengaskehä

Laskettaessa pohjapaineen jakautumista rengaskehän peruslaatatassa on otettava huomioon pohjalaatan ja maan välinen vuorovaikutus. Peruslaatan toimintaa voidaan mallintaa käyttämällä erilaisia jousivakioita sen eri osilla.

LIITE 3.5 PÄÄLLYSRAKENTEEN VÄHIMMÄISRAUDOITUS

1. Yleistä

Siltojen päällysrakenteen betonisien rakenneosien kaikissa pinnoissa tulee olla pintarauditus, joka varmistaa rakenteen sitkeyden ja estää rakenteen säilyvyyden ja ulkonäön kannalta haitallisten halkeamien syntymisen.

Murto- ja halkeamarajatilan vaatimusten lisäksi rakenteen tarvittavan pintaraudituksen määrittämisessä on otettava huomioon myös sellaiset rakenteen sisäisistä pakkomuodonmuutoksista johtuvat rasitukset, joita ei huomioida normaaleissa murtorajatilan kapasiteetilaskelmissa ja käyttörajatilan halkeamakotarkasteluissa. Tällaisia ovat mm. rakenteen sisäisten lämpötilaerojen ja epätasaisen kutistuman aiheuttamat sisäiset jännitykset sekä jänteiden ankkurialueille syntyvät jännitysten häiriöalueet.

Pintojen vähimmäisraudoituksen määrittämisessä betonipinnat jaetaan kahden luokkaan:

Pintaluokka A: Käyttörajatilan lyhytaikaisen kuormayhdistelmän tai työnaikaisten kuormien betonijännitykset tarkasteltavan raudituksen suunnassa ovat vetoa.

Pintaluokka B: Käyttörajatilan lyhytaikaisen kuormayhdistelmän betonijännitykset tarkasteltavan raudituksen suunnassa ovat puristusta.

Pintaluokassa A betonipinnan vähimmäisraudoitus määritetään kohdan 2 mukaan ja pintaluokassa B kohdan 3 mukaan. Lisäksi molemmissa pintaluokissa noudatetaan kohdassa 4 eri rakennetyypeille esitettyjä vaatimuksia.

2. Vähimmäisraudoitusvaatimukset pintaluokassa A

Rakenteen sitkeyden takaamiseksi on varmistettava, että poikkileikkauksen pintarauditus pystyy ottamaan betonin vetolujuutta f_{ctk} vastaavan halkeamamomentin eli

$$A_{s \min} \geq M_r / (z_s f_{yk}), \text{ missä}$$

M_r = betonin vetolujuuden f_{ctk} mukaan laskettu poikkileikkauksen halkeamamomentti, kun esijännityksen vaikutus jätetään huomioon ottamatta,
 z_s = poikkileikkauksen raudituksen sisäinen momenttivarssi.

Esimerkiksi suorakaidepoikkileikkaukselle teräsbetoni- ja jännitettyissä rakenteissa raudotteelle saadaan ehto

$$A_{s \min} \geq (bh^2 / 6) f_{ctk} / (0.9 d f_{yk}).$$

Pintaraudituksen halkaisijan tulee olla 500 mm:n paksuisissa tai sitä ohuemmissa rakenneosissa vähintään 12 mm ja paksummissa rakenneosis-

sa vähintään 16 mm. Suurin sallittu tankojako on 200 mm ja enintään 0,75 h, missä h on tarkasteltavan rakenneosan paksuus.

Hakaraudoitteen vähimmäishalkaisija on 10 mm.

3. Vähimmäisraudoitusvaatimukset pintaluokassa B

Pintaraudoituksen halkaisijan tulee olla 500 mm:n paksuisissa tai sitä ohuemmissa rakenneosissa vähintään 12 mm ja tankojaon 300 mm sekä paksummissa rakenneosissa vähintään 16 mm tankojaolla 300 mm tai 12 mm tankojaolla 200 mm. Suurin sallittu tankojako on kuitenkin enintään h, missä h on tarkasteltavan rakenneosan paksuus.

Hakaraudoitteen vähimmäishalkaisija on 10 mm.

4. Rakennetyyppejä koskevat erityisvaatimukset

4.1 Laatat

Laattojen raudoituksen tulee täyttää julkaisussa RakMKB4 esitetyt vähimmäisvaatimukset niihin Tiehallinnon Betonirakenneohjeissa ja tässä ohjeessa esitetyin täsmennyksin.

Laattojen jakoraudoitemäärän tulee olla vähintään 20% pääraudoitteen määrästä.

Liittopalkkisiltojen kansilaattojen sillan pituussuuntaisen raudoituksen vähimmäisvaatimukset on esitetty liittorakenteita koskevissa erillisissä ohjeissa.

4.2 Palkit

4.2.1 Yleistä

Palkkien raudoituksen tulee täyttää julkaisussa RakMKB4 esitetyt vähimmäisvaatimukset niihin Tiehallinnon Betonirakenneohjeissa esitetyin täsmennyksin.

4.2.2 Laatta- ja kotelopalkit

Yhdistettyjen levymäisten rakenneosien (kuten laatta- ja kotelopalkkien uuman ja laippojen) välisissä leikkauksissa tulee olla laipan leikkautumisen varalle molempiin pintoihin jaettuna poikittaista raudoitusta, jonka suhteellinen raudoitepinta-ala on yhteensä vähintään

$$A_{svf} / A_c = 0,25 f_{ctk} / f_{yk}$$

Palkkiin nähden poikittaisen taivutuksen vaatimaa raudoitemäärää ei oteta huomioon tähän raudoitepinta-alaan.

Raudoitetankojaon tulee olla molemmissa pinnoissa enintään 200 mm ja terästangon halkaisijan vähintään 12 mm. Kotelopalkeissa nämä vaatimukset koskevat myös pystyteräksiä (hakoja).

4.2.3 Reunapalkit

Reunapalkkiin asennetaan aina umpihaat, joiden halkaisija on vähintään 8 mm ja keskiöväli enintään 200 mm.

Ellei suurempi pituussuuntainen raudoitemäärä ole konstruktiivisesti tarpeen (esim. tukialueella), on reunapalkin pituussuuntaisten raudoitteen täytettävä seuraavat ehdot:

- Raudoitteen halkaisija on vähintään 16 mm
- Reunapalkin yläpinnassa on vähintään 4 tankoa (3 tankoa kun reunapalkin leveys on alle 400 mm), joiden keskiöväli on enintään 150 mm
- Reunapalkin muissa pinnoissa tankojen keskiöväli on enintään 200 mm
- Reunapalkkihaan kaikissa nurkissa on pituussuuntainen tanko.

Jos reunapalkki suunnitellaan valettavaksi jälkivaluna, otetaan sen raudoituksessa huomioon kansilaatan ja reunapalkin kutistumaero.

LIITE 4.1 KANNEN PINTARAKENTEET

1 YLEISTÄ

Tässä julkaisussa esitetään kannen pintarakenteen valintaan liittyviä yleisperiaatteita. Lopullinen pintarakenteen valinta tehdään aina sillan tuote- ja laatuvaatimusten laadinnan yhteydessä yhteistyössä Tiehallinnon edustajan kanssa.

Tavanomaiset pintarakenneratkaisut on esitetty kohdassa 7.1.

2 KANNEN PINTARAKENTEEN VALINTA JA ESITTÄMISEN SUUNNITELMASSA

2.1 Pintarakenteen valinta eri vaihtoehtoista

Kermieristys on yleisimmin käytetty eristysmenetelmä. Sen haittana on ollut kupliminen hellekausina. Perussyitä kuplimiseen ovat kansirakennebetonis- sa oleva kosteus ennen eristystä ja työvirheet itse eristystyössä. Kermieristys-tyksen kuplimisongelmat estetään valitsemalla ja merkitsemällä suunnitel- maan eristysalustan käsittelyksi epoksitiivistys tai valitsemalla aluskermiksi paineentasauskermi tai kermien suojakerrokseksi suojabetoni. Pääteiden silloilla eristysalustan epoksitiivistystä pidetään perusratkaisuna. Suojabeto- nia ei tulisi valita suolattavien teiden silloille.

Mastiksieristys ei aseta yhtä suuria vaatimuksia eristettävälle pinnalle kuin kermieristys. Mastiksieristys on altis työvirheille ja sen vedenpitävyydestä pitkällä aikavälillä (>20 v.) ei olla täysin varmoja. Useissa Euroopan maissa sen käyttöä on vähennetty tai jopa kokonaan luovuttu siitä. Mastiksieristettä ei käytetä liittopalkki- ja köysisilloilla. Mastiksieristystä tulee välttää silloissa, joissa pituuskaltevuus ylittää 4 %.

Nestemäisenä levitettävät eristykset ovat oikein tehtyinä luotettavia eristeitä. Ne soveltuvat kaikille silloille. Nestemäisenä levitettävät eristykset ovat siinä mielessä ideaalisia eristyksiä, että ne ulottuvat reunapalkin sisäreunasta toisen reunapalkin sisäreunaan ilman saumoja. Näiden eristysten haittana on ollut joissakin tapauksissa päällysteen huono tarttuvuus eristykseen. Vanhimmat nestemäisenä levitettävät eristykset (polyuretaanieristykset) Tie- hallinnon silloilla ovat vuodelta 1985.

Suunnittelijan on ratkaistava millä materiaalilla silta eristetään. Ratkaisuun täytyy saada Tiehallinnon edustajan hyväksyntä. Perusratkaisuna pidetään kermieristystä. Kohdissa 3 ja 4 on esitetty tarkemmin eristysalustan käsitte- lyn ja eristuksen eri vaihtoehtoja.

Päällyste valitaan yhteistyössä tiesuunnittelijan kanssa. Siltapäällysteen tu- lee olla ajo-ominaisuuksiltaan vähintään yhtä hyvä kuin tiepäällyste sillan molemmin puolin. Asfalttibetonipäällyste soveltuu kaikille silloille. Valuasfaltti soveltuu vilkkaasti liikennöidyille silloille. Kumin käyttö molemmissa päällys- teissä lisää päällysteen kimmoisia ominaisuuksia ja vähentää pinnan halkei-

lua ja deformatumista, mutta lisää päällysteen hintaa. Betonipäällysteen käyttö edellyttää, ettei tien liukkauden estoon käytetä suolaa.

Päällysteen valintaan vaikuttaa myös se, tehdäänkö sillan päällyste tien päällystämisen yhteydessä. Jos näin menetellään, valitaan päällyste tavallisesti samaksi kuin tiellä.

2.2 Pintarakenteen esittäminen suunnitelmassa

Sillan yleispiirustuksessa määritellään pintarakenteen eri kerrosten laatu ja paksuus käyttäen tässä ohjeessa ja InfraRYL kohdassa 42300.3, annettuja nimityksiä.

Kannen mittapiirustuksessa esitetään aina:

- pintarakennetyyppikuva /eristysmateriaali yksilöitynä (kohta 7.1)
- ajoneuvomäärästä riippuva käyttöluokka (kohta 7.2)
- eristysalustalle vaadittavat käsittelyt kohdan 3 mukaisesti (epoksitiivistys, kumibitumiliuossively, jokin muu)
- paineentasauskermirakenne, jos sellainen on valittu, ja paineentasausputkien paikat (kohta 7.3) sekä huomautus molemmille reunoille asennettavasta normaalista metrin levyisestä aluskermikaistasta
- eristyksen suojakerros (kohta 7.2)
- päällystetyyppi (kohta 5)
- päällysteen sauma (kohta 5)

3 ERISTYSALUSTAN KÄSITTELYJEN VALINTA

3.1 Tiivistysaineet

Kermi- tai mastiksieristyksen eristysalustan tiivistysaineen ja nestemäisenä levitettävän eristyksen tulee täyttää InfraRYL kohdan 42310.1.4 vaatimukset. Tiivistysaineen käyttökohteet on esitetty tämän liitteen kohdissa 4.1.1, 4.2 ja 4.3.

3.2 Kumibitumiliuossively

Kumibitumiliuoksen tulee täyttää InfraRYL kohdan 42310.1.3 vaatimukset. Kumibitumiliuossively tehdään betonikansilla niille osin, joille ei ole laitettu epoksitiivistystä. Kumibitumiliuossivelyn käyttökohteet on esitetty tämän liitteen kohdissa 4.1.1, 4.1.3 ja 4.2.

3.3 Jokin muu tartunta-aine

Tuotekohtaisesti eristysalustan käsittelyyn on voitu eristysmateriaalin hyväksynnän yhteydessä hyväksyä edellä mainittujen tuotteitten lisäksi jokin muu materiaali, jota on käytettävä kyseisen eristysmateriaalin kanssa samankaltaisesti. Tällöin on noudatettava tuotekohtaista ohjetta. Tätä ei tarvitse mainita erikseen suunnitelmassa.

4 ERISTYSMATERIAALIN JA ERISTYKSEN SUOJAKER- ROKSEN VALINTA

4.1 Kermieristys

4.1.1 Epoksitiivistys / Kumibitumiliuos

Eristettävä betoninen kansilaatta esikäsitellään aina vedeneristyksen hyvän tartunnan aikaansaamiseksi ja betonin sisältämän kosteuden aiheuttaman rasituksen vähentämiseksi tai sen aiheuttaman kuplimisen estämiseksi. Eristettävä betonikansi joko pohjustetaan kumibitumiliuoksella (ainemenekki $0,2 \dots 0,3 \text{ kg/m}^2$) tai tiivistetään epoksilla kauttaaltaan koko kansilaatan alueelta (ks. InfraRYL kohta 42310.3.2.1). Kumibitumiliuos tai tiivistysepoksi valitaan seuraavin perustein.

Betoninen kansilaatta tiivistetään massiivilaatta silloilla (rakennepaksuus $\geq 400 \text{ mm}$) ja (jännitetyillä) teräsbetonipalkkisilloilla koko kansilaatan osalta epoksilla, kun ainakin yksi seuraavista ehdoista on voimassa:

- päätteiden ja niiden ramppien (so. valtatie, moottoriliikennetiet, moottoritiet, kantatiet) silloilla tai
- sillan liikennemäärä (KVL) on vähintään 3000 ajoneuvoa/vrk tai
- siltakannelle levitetään liukkaudentorjuntasuolaa tai
- silta on suolattavan tien ramppisilta tai
- silta sijaitsee liikennevalojen läheisyydessä tai
- sillan pituuskaltevuus on vähintään 4%.

Näissä kohteissa saa käyttää paineentasauskermiä vain poikkeustilanteissa Tiehallinnon edustajan erikseen antamalla luvalla.

Muilla paksuilla betonikansilla kannen rakennepaksuuden ollessa $\geq 400 \text{ mm}$ voidaan käyttää joko epoksitiivistystä, jolloin kermi kiinnitetään kauttaaltaan alustaansa tai Tiehallinnon edustajan erikseen antamalla luvalla voidaan käyttää myös paineentasauskermiä, jolloin eristysalusta pohjustetaan kumibitumiliuoksella. Epoksitiivistys tehdään tällöin paksuilla laatoilla koko kansilaatan osalle ja teräsbetonipalkkisilloilla sille kansilaatan osalle, missä kansilaatan paksuus on $\geq 400 \text{ mm}$ sekä palkkien kohdilla leveydelle: palkki + $\geq 300 \text{ mm}$ palkin molemmin puolin.

Ohuemmilla betonikansilla (rakennepaksuus $< 400 \text{ mm}$) voidaan betonikansi pohjustaa kumibitumiliuoksella tai käyttää epoksitiivistystä.

4.1.2 Eristys kauttaaltaan kiinni alustassaan

Kermieristys asennetaan niin, että aluskermi (tyyppiä K-MS) tarttuu kauttaaltaan kiinni alustaansa. Asennus voidaan tehdä joko liimaamalla aluskermi sulalla kumibitumilla kannen yläpintaan tai käyttämällä ns. kuumentamalla kiinnitettäviä, hitsattuja, kermejä (tyyppiä K-MS hits.), jolloin kermin alapinnassa oleva tartuntabitumi sulatetaan puhalluslampulla kermiä auki rullattaessa. Varsinkin epätasaisille pinnoille eristettäessä liimaamalla kiinnitys on kokemusten mukaan varmempi tapa saada kermille riittävä tartunta alustaansa.

4.1.3 Paineentasauskermi aluskerminä

Paineentasauskermiä (tyyppiä K-TMS) käytetään aluskerminä niiden siltojen kansilaatoissa, joissa kohdan 4.1.1 mukaan ei käytetä epoksiivistystä kansilaatan rakennepaksuuden ollessa yli 400 mm.

Kun aluskerminä käytetään paineentasauskermiä, asennetaan sillan molemmille reunoille ensimmäinen kermikaista kauttaaltaan alustaan kiinnitetynä tavallisena aluskerminä ja vasta sitä seuraavat paineentasauskermeinä.

Paineentasauskermit kiinnitetään alustaansa pisteliimaaten. Muilta osin kermin jää irti alustastaan. Vastaavasti palkkisilloilla paineentasauskermi asennetaan sille kansilaatan osalle missä kansilaatan paksuus on ≥ 400 mm sekä palkkien kohdilla leveydelle: palkki + ≥ 300 mm palkin molemmin puolin.

Paineentasauskermillisen sillan kansilaatta varustetaan kohdan 7.3 mukaisesti paineentasausputkilla. Paineentasausputkien paikat esitetään aina suunnitelmassa.

4.2 Mastiksieristys

Suunnitelmassa on esitettävä paineentasausputkien sijainti kannella (kohta 7.4).

Betoninen kansilaatta tiivistetään koko kansilaatan osalta epoksilla InfraRYL kohdan 42310.3.2.1 mukaisesti, kun ainakin yksi seuraavista ehdoista on voimassa:

- pääteiden ja niiden ramppien (so. valtatie, moottoriliikennetiet, moottoritiet, kantatiet) silloilla tai
- sillan liikennemäärä (KVL) on vähintään 3000 ajoneuvoa/vrk tai
- siltakannelle levitetään liukkaudentorjuntasuolaa tai
- silta sijaitsee liikennevalojen läheisyydessä tai
- silta on suolattavan tien ramppisilta.

Vaatus koskee myös eristysalustan korjattuja kohtia.

Muilla betonikansilla eristettävän alueen reunat jätetään reunapalkin sisäreunasta lukien 200 mm levyiselle alueelle ilman paineentasausverkkoa ja alue pohjustetaan kumibitumiliuoksella (ainemenekki 0,2 ...0,3 kg/m²) tai tilaajan erikseen tilatessa koko kannen yläpinta tiivistetään epoksilla InfraRYL kohdan 42310.3.2.1 mukaisesti.

Paineentasausverkko kiinnitetään pisteliimaten kumibitumilla siten, ettei se pääse massan levitysvaiheessa poimuuntumaan.

4.3 Nestemäisenä levitettävät eristykset

Eristettävä betonikansi joko pohjustetaan tiivistysaineella (primer) tuotekohtaisten ohjeiden mukaisesti tai tiivistetään epoksilla (tai tuotekohtaisesti hyväksytyllä muulla tiivistysaineella). Käytettävä menettely valitaan seuraavassa esitetyn perustein.

Betoninen kansilaatta tiivistetään paksuilla betonikansilla (rakennepaksuus ≥ 400 mm) koko kansilaatan osalta epoksilla InfraRYL kohdan 42310.3.2.1 mukaisesti, kun ainakin yksi seuraavista ehdoista on voimassa:

- pääteiden ja niiden ramppien (so. valtatie, moottoriliikennetiet, moottoritiet, kantatiet) silloilla tai
- sillan liikennemäärä (KVL) on vähintään 3000 ajoneuvoa/vrk tai
- siltakannelle levitetään liukkaudentorjuntasuolaa tai
- silta on suolattavan tien ramppisilta tai
- silta sijaitsee liikennevalojen läheisyydessä tai
- sillan pituuskaltevuus on vähintään 4%.

Epoksitiivistys tehdään tällöin paksuilla laatoilla koko kansilaatan osalle ja teräsbetonipalkkisilloilla sille kansilaatan osalle, missä kansilaatan paksuus on ≥ 400 mm sekä palkkien kohdilla leveydelle: palkki + ≥ 300 mm palkin molemmin puolin.

Ohuemmilla betonikansilla (rakennepaksuus < 400 mm) voidaan betonikansi joko pohjustaa tiivistysaineella (primer) tai käyttää epoksitiivistystä.

4.4 Eristyksen suojakerrokset

Pääperiaatteena on, että eristys suojataan aina tavalla tai toisella. Poikkeuksen muodostavat kevyenliikenteen sillat, joilla käytetään kermieristystä. Eristyksen suojaustapa esitetään aina piirustuksessa. Eri suojaustavat on esitetty kohdassa 7.2 ja InfraRYL taulukossa 42320:T1.

Suojaustavan lisäksi piirustukseen merkitään myös kannen sisäreunan ja eristyksen päälle 250 mm leveydeltä tehtävät tiivistyssivelyt InfraRYL kohdan 42310.3.2.1 mukaisesti.

5 PÄÄLLYSTE JA SEN SAUMAT

Päällystekerrokset valitaan tämän ohjeen ja InfraRYL kohdan 42330 mukaisesti. Suunnitelman laatuvaatimukseen merkitään aina myös eristyksen tai suojakerroksen päälle tulevan alimmaisen asfalttikerroksen minimipaksuus seuraavasti:

- AB 12/70 paksuus keskimäärin 30 mm ja joka kohdassa vähintään 20 mm
- AB 20/100 paksuus keskimäärin 40 mm ja joka kohdassa vähintään 30 mm

Päällysteen saumat ja saumausmassa esitetään aina suunnitelmassa.

Asfaltti- ja valuasfalttipäällysteen saumoja ovat:

- päällysteen kulutuskerroksen saumat (saumapinnat: asfaltti - asfaltti tai valuasfaltti - valuasfaltti)
- päällysteen ja reunapalkin välinen sauma (saumapinnat: päällyste - epoksiterva tai kumibitumi korkealla reunapalkilla ja päällyste - betoni matalalla reunapalkilla)

- päällysteen liikuntasaumalaitteen tukikaistan välinen sauma (saumapinnat: päällyste - kumibitumi)
- päällysteen ja jalkakäytäväkorokkeen välinen sauma (saumapinnat: päällyste - betoni tai kivi)
- päällysteen ja teräsosien, putkien yms. väliset saumat

Betonipäällysteen saumoja ovat:

- betonipäällysteen saumat (saumapinnat: betoni - betoni)
- betonipäällysteen ja reunapalkin sisäreunan välinen sauma (saumapinnat: betoni - kumibitumi tai epoksiterä)

Asfalttipäällysteeseen sauma tehdään reunapalkin reunoihin ja yli 8 m leveillä, kaksipuolisesti kaltevilla kansilla lisäksi sillan keskelle.

Valuasfalttipäällysteillä tehdään edellä mainitun lisäksi sauma sillan poikkisuunnassa tukien kohdille ja n. 5 m etäisyydelle tuen molemmin puolin sekä sen jälkeen n. 15 m välein.

Kumiasfaltti- ja kumivaluasfalttipäällysteillä tehdään saumat vain sillan reunoille, paitsi teräskantisilla tai puukantisilla silloilla, joissa tehdään myös poikkisaumat n. 20 m välein.

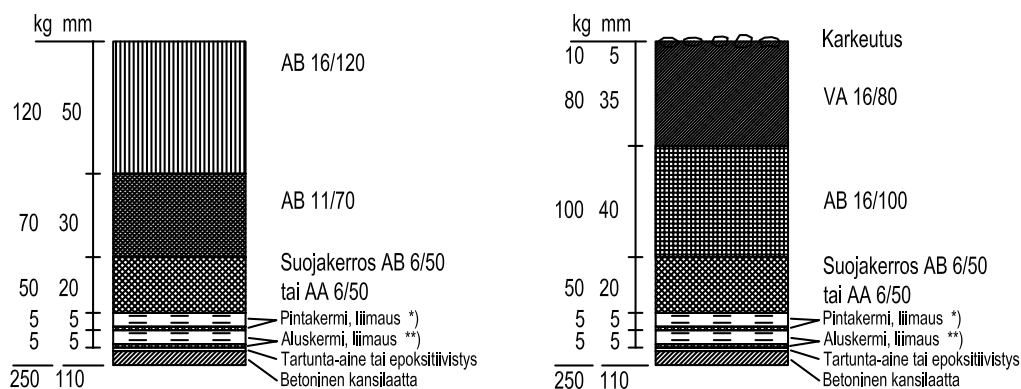
Betonipäällysteellä saumat tehdään sillan reunoille. Muita saumoja ei tehdä, jos massana on teräskuitubetoni. Muulloin sauma tehdään myös sillan keskelle ja n. 5 m välein sillan poikkisuunnassa.

6 VAIHTOEHTOISEN RAKENNERATKAISUN ESITTÄMINEN JA HYVÄKSYMINEN RAKENNUSVAIHEESSA

Jos urakoitsija esittää tarjouksessaan tai työn kuluessa suunnitelmassa esitetyn eristysratkaisun tilalle jotain muuta ratkaisua, on esitys käsiteltävä suunnitelman muutoksena ja asiassa meneteltävä kuten urakka-asiakirjoissa on määrätty muutostöistä. Jos urakoitsija esittää ST- suunnitelmassa tästä ohjeesta poikkeavia rakenneratkaisuja, on ratkaisuille saatava ensin Tiehallinnon edustajan hyväksyntä.

7 TÄYDENTÄVÄ AINEISTO

7.1 Sillan pintarakenteet



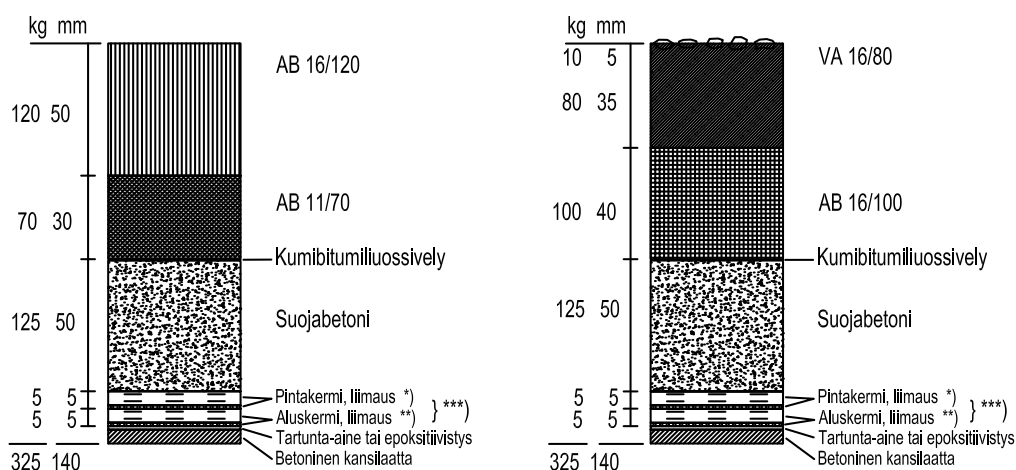
1a. Asfalttibetonipäälyste

1b. Valuasfalttipäälyste

*) tai kuumentamalla kiinnitettävä tai itsekiinnittyvä kermi

**) tai kuumentamalla kiinnitettävä tai itsekiinnittyvä kermi tai paineentasauskermi (jos suunnitelmassa on niin esitetty).

Kuva 1. Betonikantisen sillan ajorata. Kermieristeinen pintarakenne.



2a. Asfalttibetonipäälyste

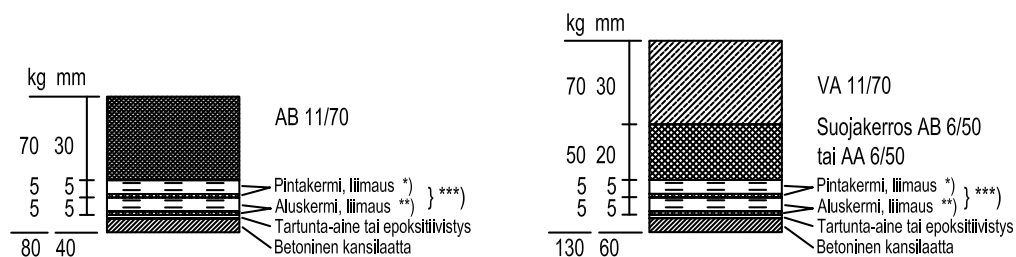
2b. Valuasfalttipäälyste

*) tai kuumentamalla kiinnitettävä tai itsekiinnittyvä kermi

**) tai kuumentamalla kiinnitettävä tai itsekiinnittyvä kermi

***) tai yksinkertainen kermieristys (jos suunnitelmassa on niin esitetty).

Kuva 2. Betonikantisen sillan ajorata. Kermieristeinen pintarakenne.



3a. Asfalttibetonipäälyste

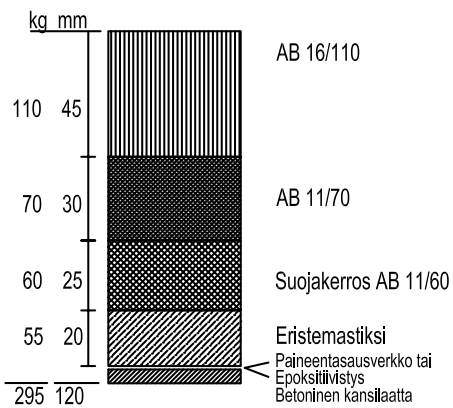
3b. Valuasfalttipäälyste

*) tai kuumentamalla kiinnitettävä tai itsekiinnittyvä kermi

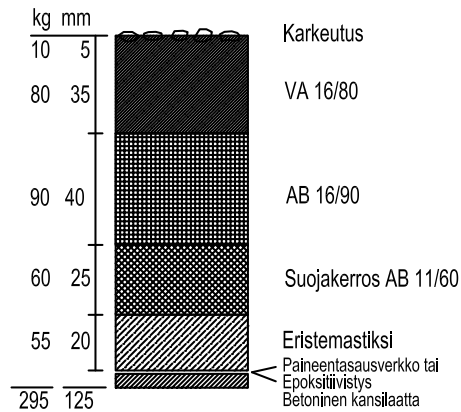
**) tai kuumentamalla kiinnitettävä tai itsekiinnittyvä kermi

***) tai yksinkertainen kermieristys (jos suunnitelmassa on niin esitetty).

Kuva 3. Kevyen liikenteen betonikantiset sillat. Kermieristeinen pintarakenne.

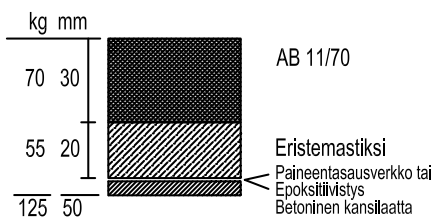


4a. Asfalttibetonipäällyste

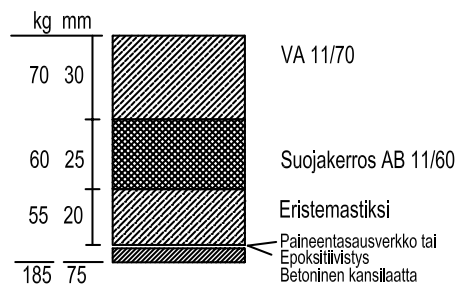


4b. Valuasfalttipäällyste

Kuva 4. Betonikantisen sillan ajorata. Mastiksieristeinen pintarakenne.

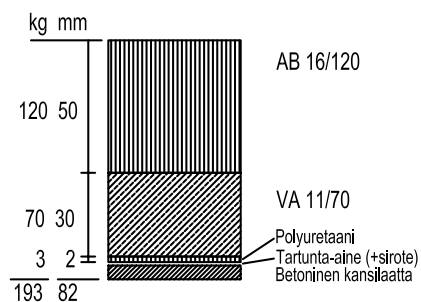


5a. Asfalttibetonipäällyste

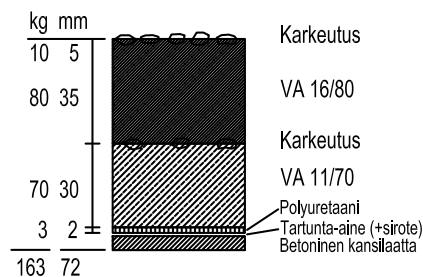


5b. Valuasfalttipäällyste

Kuva 5. Kevyen liikenteen betonikantiset sillat. Mastiksieristeinen pintarakenne.

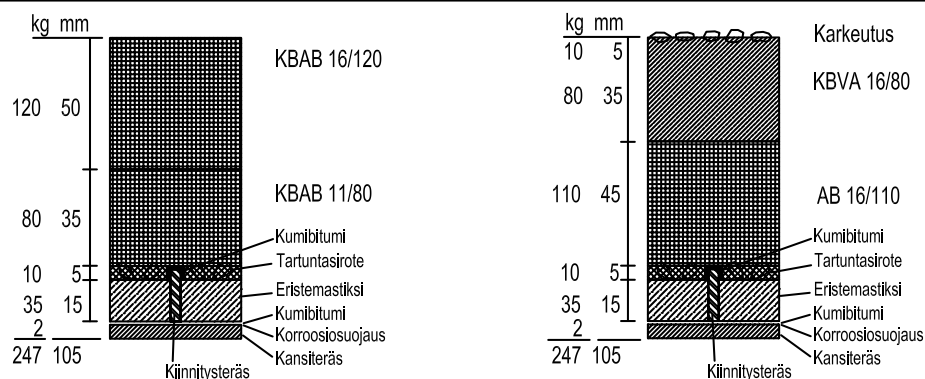


6a. Asfalttibetonipäällyste



6b. Valuasfalttipäällyste

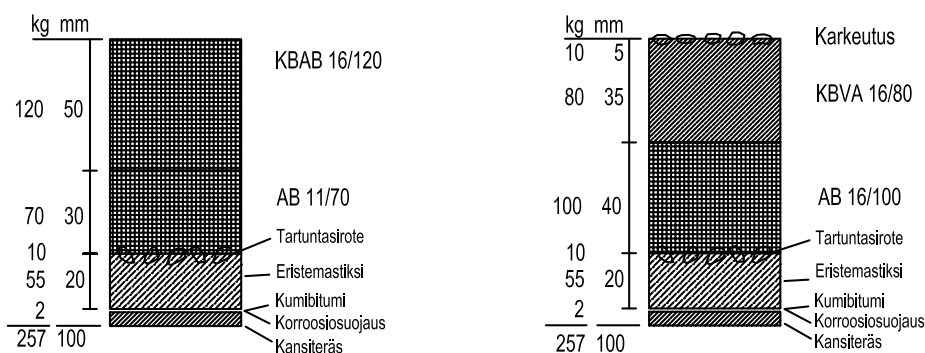
Kuva 6. Betonikantisen sillan ajorata. Polyuretaanieristeinen pintarakenne.



7a. Asfalttibetonipäällyste

7b. Valu-asfalttipäällyste

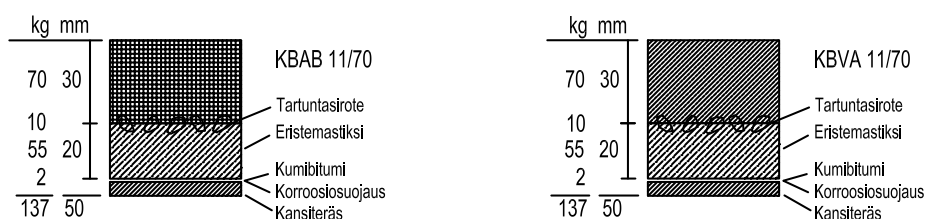
Kuva 7. Kiinnitysteräksillä varustetun teräskantisen sillan ajoradan pintarakenne.



8a. Asfalttibetonipäällyste

8b. Valu-asfalttipäällyste

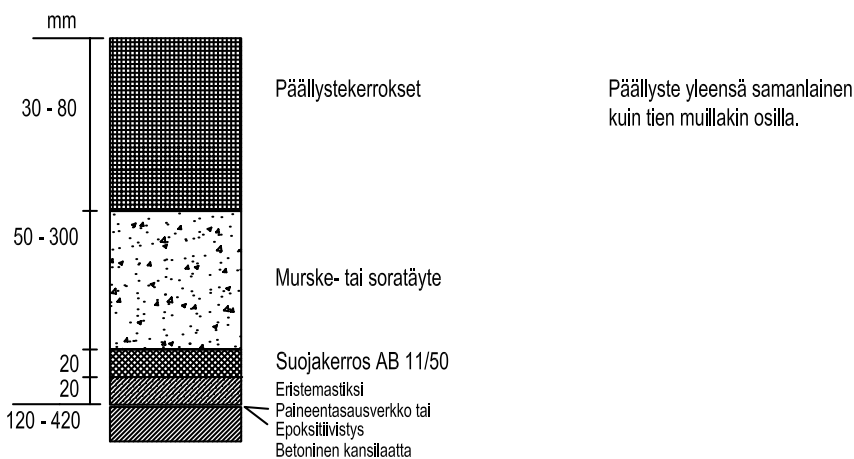
Kuva 8. Teräskantisen sillan ajoradan pintarakenne ilman kiinnitysteräksiä.



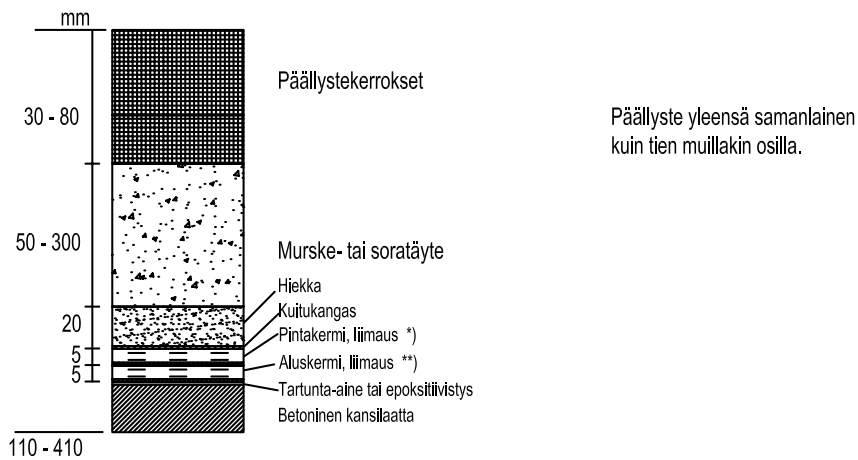
9a. Asfalttibetonipäällyste

9b. Valu-asfalttipäällyste

Kuva 9. Teräskantisen kevyen liikenteen sillan pintarakenne ilman kiinnitysteräksiä.



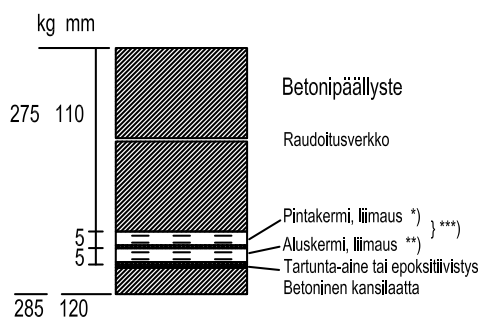
Kuva 10. Murske- tai soratäytteinen sillan mastiksieristeinen pintarakenne.



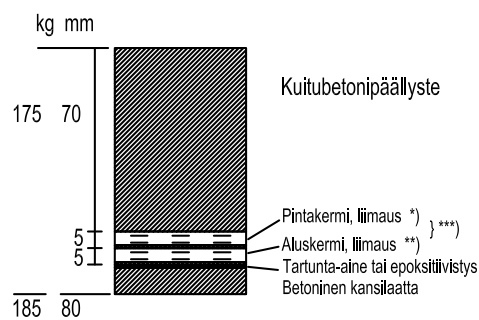
*) tai kuumentamalla kiinnitettävä tai itsekiinnittyvä kermi

**) tai kuumentamalla kiinnitettävä tai itsekiinnittyvä kermi tai paineentasaus kermi (jos suunnitelmassa niin on esitetty)

Kuva 11. Murske- tai soratäyteinen sillan kermieristeinen pintarakenne.



12a. Betonipäällyste



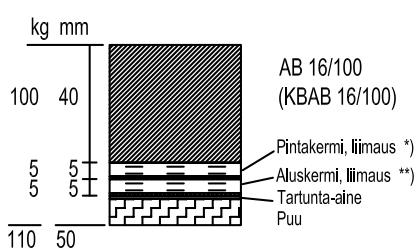
12b. Kuitubetonipäällyste

*) tai kuumentamalla kiinnitettävä tai itsekiinnittyvä kermi

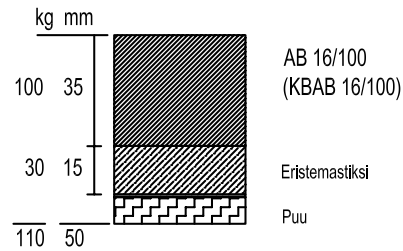
**) tai kuumentamalla kiinnitettävä tai itsekiinnittyvä kermi tai paineentasaus kermi (jos suunnitelmassa niin on esitetty).

***) tai yksinkertainen kermieristys (jos suunnitelmassa niin on esitetty).

Kuva 12. Betonipäällysteisen sillan kermieristeinen pintarakenne.



13a. Kermieristeinen pintarakenne



13b. Mastiksieristeinen pintarakenne

Kuva 13. Puukantisen sillan ajorata.



Kuva 14. Betoni-, teräs- tai puukantisen sillan ohutkerrospäällyste.

7.2 Kermien käyttötilan mukainen luokittelu

Kermieristysrakenteiden jako käyttöluokkiin

A. Ajoneuvoliikenteen sillat

KÄYTTÖLUOKKA 1.

(Kermieristysrakenne luokan 1 laatuvaatimukset täyttävä)

Sillat joiden ajoneuvoliikenne > 3000 autoa/vrk:

Kaksikerroskermieristys suojakerroksella.

Suojakerroksena asfalttibetoni AB 6/50 tai AA 5/50.

Maakantiset sillat:

Kaksikerroskermieristys suojakerroksella käyttöluokan 2 mukaisilla kermieristysrakenteilla. Suojakerroksena a) suodatinkangas ja hiekka tai b) suojabetoni.

KÄYTTÖLUOKKA 2

(Kermieristysrakenne vähintään luokan 2 laatuvaatimukset täyttävä)

Sillat joiden ajoneuvoliikenne < 3000 autoa/vrk:

Kaksikerroskermieristys suojakerroksella.

Suojakerroksena a) asfalttibetoni AB 5/50 tai AA 5/50 tai b) suojabetoni.

Maakantiset sillat:

Kaksikerroskermieristys suojakerroksella.

Suojakerroksena a) suodatinkangas ja hiekka tai b) suojabetoni.

KÄYTTÖLUOKKA 3

(Kermieristysrakenne luokan 3 laatuvaatimukset täyttävä)

Yksikerroskermieristyksen kermin on täytettävä lisäksi tuoteluokan TL 1 mukaiset pintakermin vaatimukset.

Sillat joiden ajoneuvoliikenne < 500 autoa/vrk:

Yksikerroskermieristys suojakerroksella.

Suojakerroksena suojabetoni.

Maakantiset sillat:

Yksikerroskermieristys suojakerroksella.

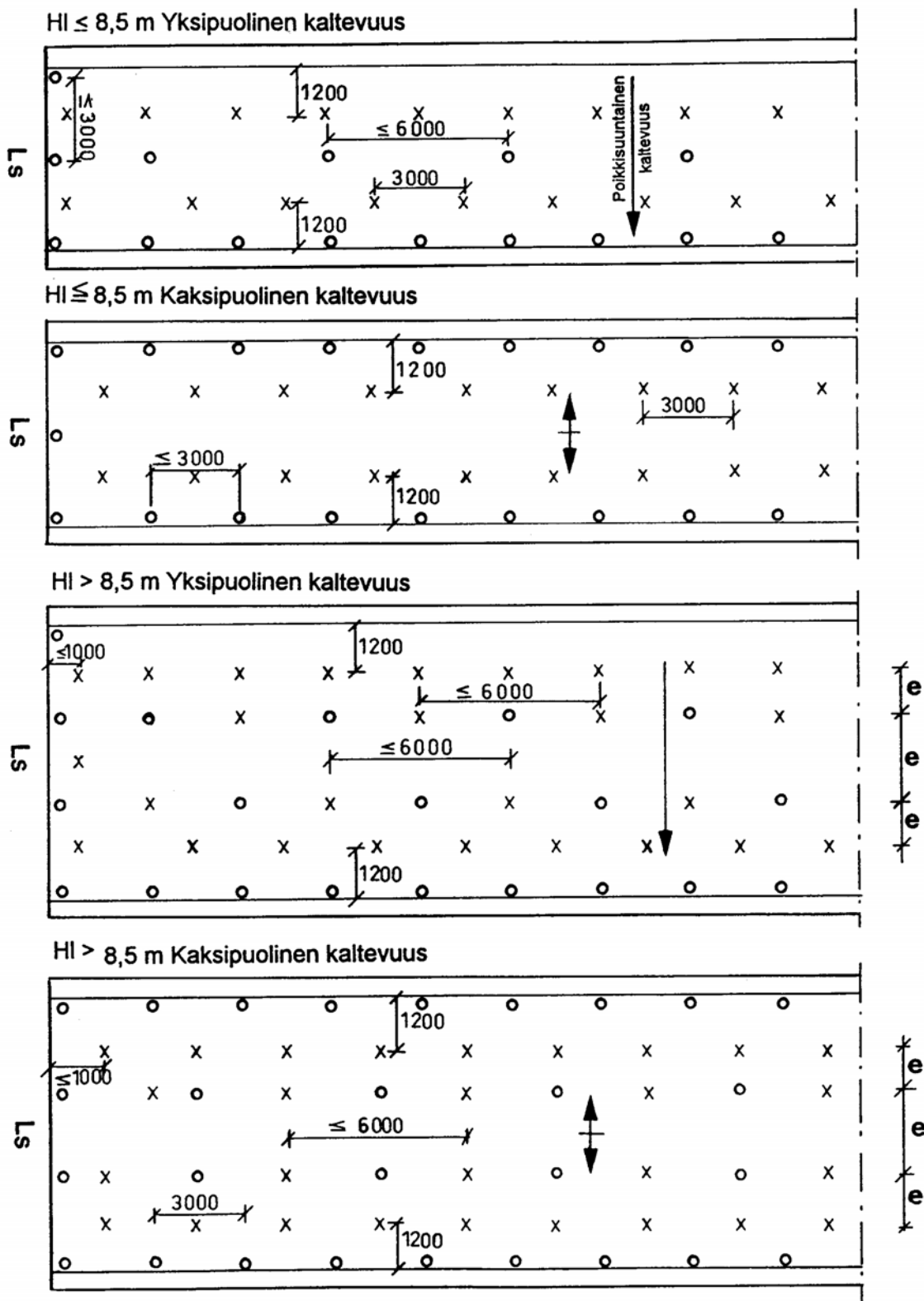
Suojakerroksena a) suodatinkangas ja hiekka tai b) suojabetoni.

B. Kevyen liikenteen sillat

Kevyenliikenteen sillat:

Käyttöluokan 3 yksikerroskermieristys ilman suojakerrosta tai käyttöluokan 2 mukainen kaksikerroskermieristys ilman suojakerrosta.

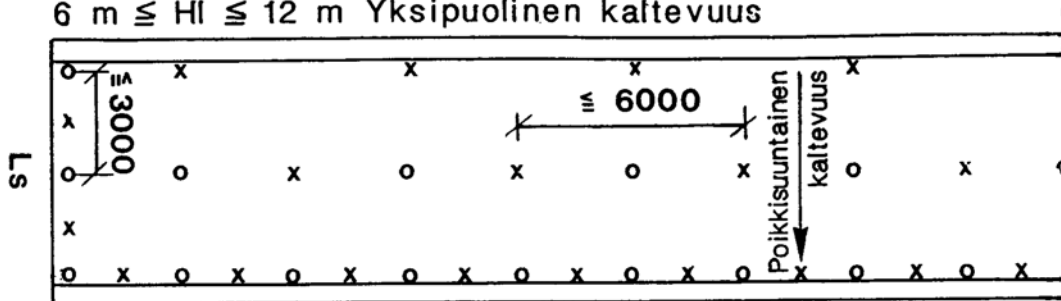
7.3 Paineentasaus- ja tippuputkien sijoitus, kermieristys



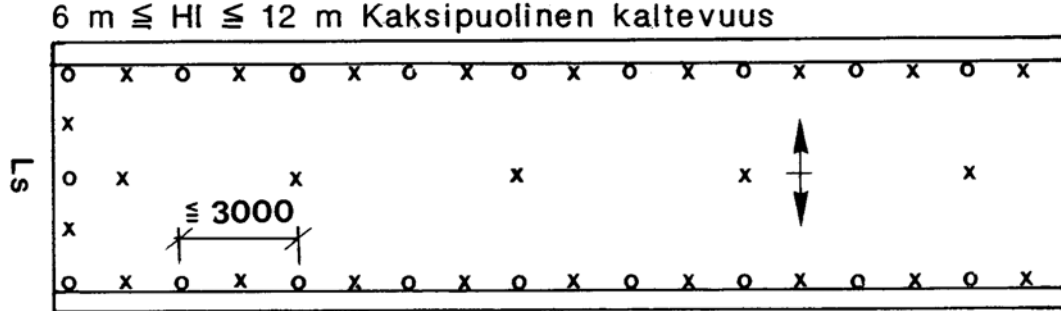
x = paineentasausputki
o = tippuputki
Ls = liikuntasauma
e = (3000...6000) mm

7.4 Paineentasaus- ja tippuputkien sijoitus, mastiksieristys

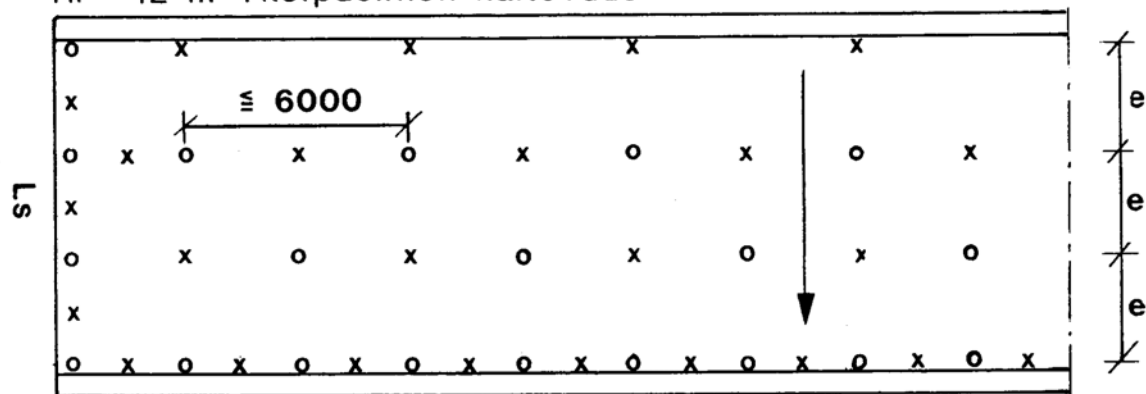
$6 \text{ m} \leq Hl \leq 12 \text{ m}$ Yksipuolinen kaltevuus



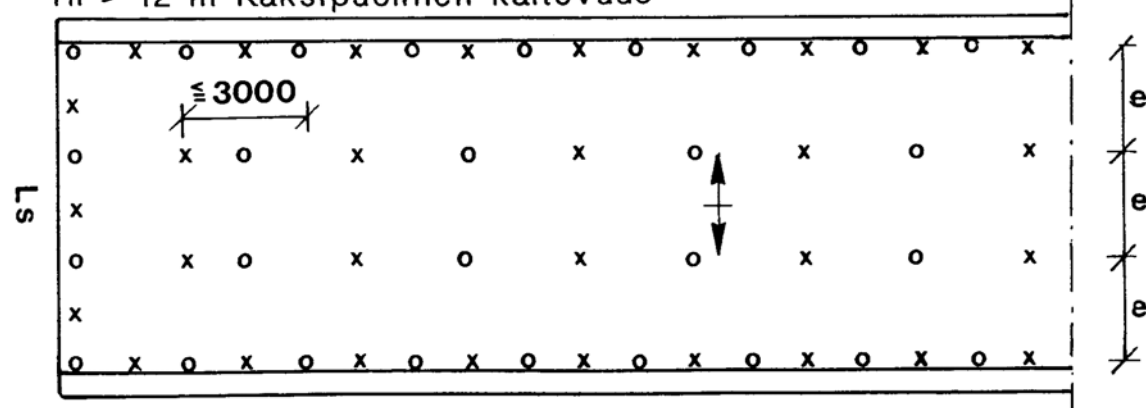
$6 \text{ m} \leq Hl \leq 12 \text{ m}$ Kaksipuolinen kaltevuus



$Hl > 12 \text{ m}$ Yksipuolinen kaltevuus



$Hl > 12 \text{ m}$ Kaksipuolinen kaltevuus



x = paineentasausputki
o = tippuputki
Ls = liikuntasäuma

LIITE 4.2 REUNAPALKIN JA ASFALTIN VÄLINEN SAUMA

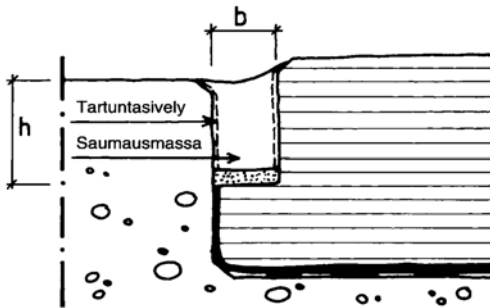
Siltaa päällystettäessä sauma tehdään mieluummin rimalla. Ura voidaan myös leikata. Päällyste ei saa ulottua reunapalkin päälle.

Sauman leveyden (b) ja korkeuden suhde on noin 1:1,5 (kuva 1), mutta mitoitukset on tarkistettava tuotekohtaisesta ohjeesta.

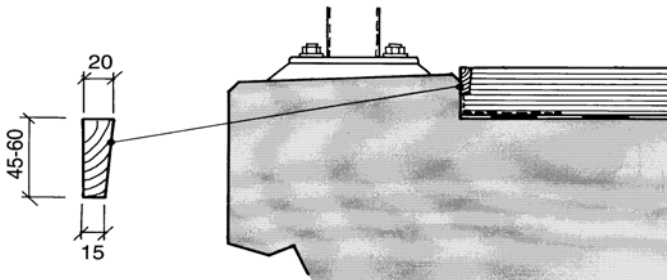
Jos sauma tehdään muotin avulla, käytetään alaspäin kapenevaa rimaa (kuva 2), jonka pintaan sivellään muottiöljyä. Muottiöljyn sijasta rimoja voidaan liottaa vedessä vuorokauden ajan ennen päällystämistä, jolloin kuuma asfaltti kuivattaa riman, ja se on helposti poistettavissa. Sauman muotoon työstetty vanerisoiro on myös todettu käyttökelpoiseksi. Muotti poistetaan heti päällysteen jyräyksen jälkeen.

Valuasfaltilla päällystettäessä sauma tehdään levittimeen kiinnitettävällä urantekolistalla. Valuasfaltilla päällystettäessä voidaan käyttää myös betonipintaan liimattavaa kumibitumista saumausnauhaa. Betonipintaan sivellään tartunta-aine nauhan valmistajan ohjeen mukaan. Nauha liimataan välittömästi ennen päällystystöitä kuumentamalla nauhan tartuntapintaa kaasuliekillä.

Koska päällysteen reuna tulee hieman matalaa reunapalkkia korkeammalle, päällysteen särmää on pyrittävä viistämään, jotta se ei murru. Saumaus ei ilman erityistoimia tue päällysteen reunaa, vaan jää alempana olevan betonipinnan tasoon.



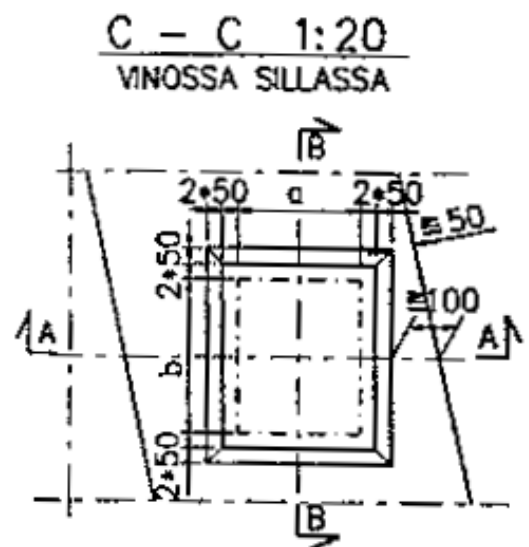
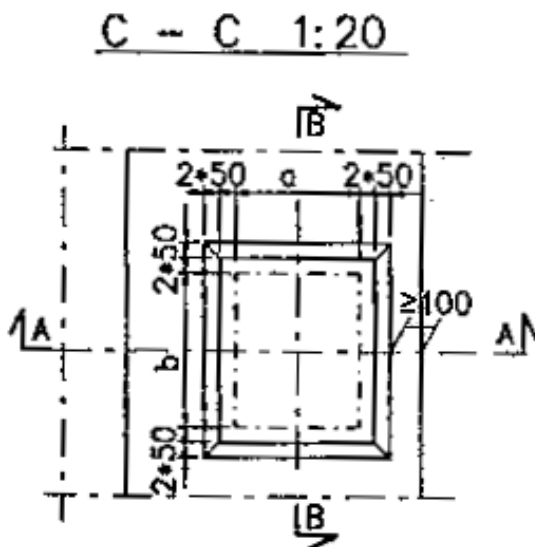
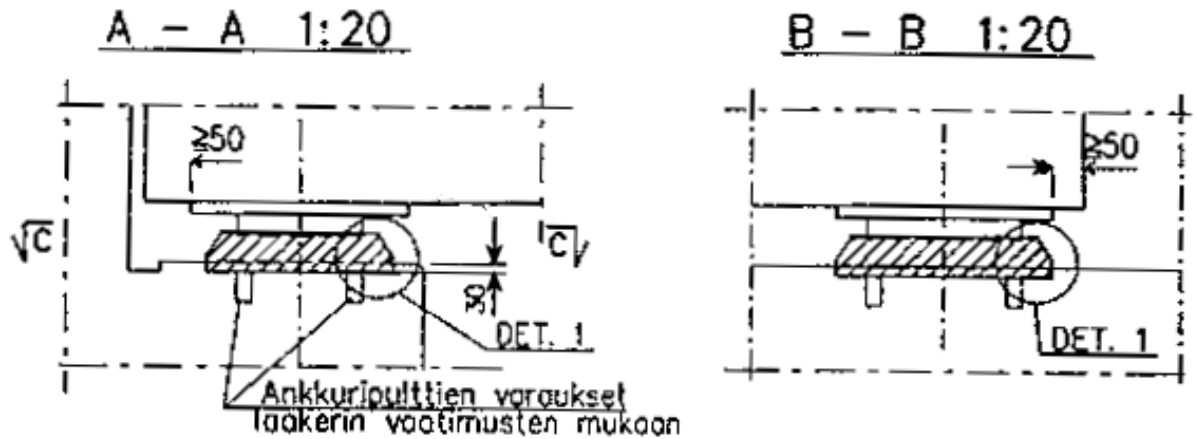
Kuva 1. Sauman rakenne ja mitat



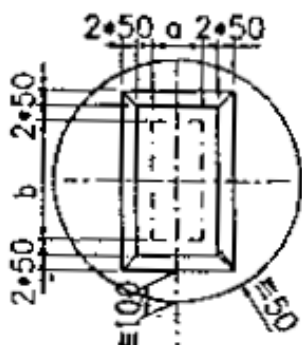
Kuva 2. Sauman muotti

LIITE 5.1 LAAKERIALUSTA

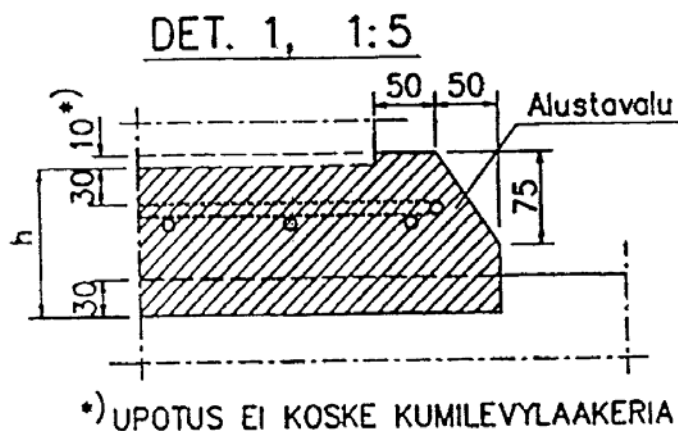
VÄHIMMÄISMITAT, VÄHIMMÄIS-REUNAETÄISYYDET JA RAUDOITUKSEN PERIAATE



C – C 1:20
PYÖREÄLLÄ PILARILLA



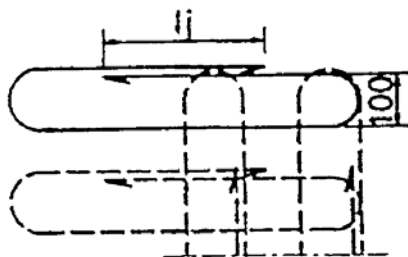
Laakerin alalaatan ja kumilevylaakerin sivumitot a ja b



ALUSTAVALUN RAUDOITUSPERIAATE

1. JOS ALUSTAVALUN ALAPINTA ON KÄYTTÖRAJATILASSA PURISTETTU, MÄÄRÄTÄÄN ALUSTAVALUN TERÄSTYS SEURAAVASTI:

- Jos alustavalun korkeus $h < 70$ mm, raudoitusta ei tarvita
- Jos $70 < h \leq 170$, määritetään teräkset oheisen taulukon ja piirroksen mukaan.



N _{max} (MN)	Raudoitus	Jatkospituus l _j
2,5	♠ 8 #100	250
5,0	♠ 10 #100	300
7,5	♠ 12 #100	350
Suuremmilla laakerikuormilla raudoitus määrätään tapauskohtaisesti.		

2. MUULLOIN MÄÄRÄTÄÄN ALUSTAVALUN TERÄKSET JA ANKKUROINTI ALUSRAKENTEeseen TAPAUSKOHTAISESTI.

Laakerialustan laatuvaatimukset on esitettävä piirustuksessa.

Jos laakerin yläpuolelle joudutaan tekemään täytevalu, niin se on tehtävä samaan aikaan ja samasta betonista kuin kannen valu. Laakerilevyn reuna-etiäisyydet ja täytevalun reunaviisteet ovat samat kuin alustavalussa.

Jos täytevalun korkeus on yli 50 mm, niin se on raudoitettava. Raudoitus on muuten sama kuin alustavalussa, mutta raudoitteet on ankkuroitava kannen betoniin.

Yli 100 mm korkeaa laakerin yläpuolista täytevalua ei saa tehdä.

LIITE 5.2 LAAKERIN ALUSLEVYN MINIMIKOON MÄÄRÄÄMINEN

1. Sovellutusalue

Tätä ohjetta voidaan soveltaa kaikkiin teräsbetonialustalle asennettaviin laakereihin lukuun ottamatta kumilevy-laakereita. Niiden suunnittelu tehdään entiseen tapaan asianomaista ohjetta noudattaen.

2. Laskentaperusteet

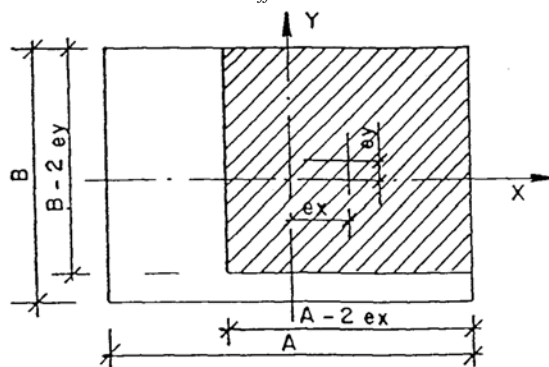
Betonin puristusjännitys laakerilevyn alla lasketaan paikallisena puristuksena ohjetta "**B4, Betonirakenteet**" noudattaen. Jos laakerikuormat ilmoitetaan ominaiskuormina, tehdään mitoitus sallittujen jännitysten laskukaavoja käyttäen. Rajatilamitoitus on myös mahdollinen edellyttäen, että kuormituksena käytetään murtorajatilaa mukaista laskentakuormaa. Kummassakin tapauksessa edellytetään, että paikallisen puristuksen aiheuttama poikittaisjännitys on laskettu ja halkaisuvoima on tarvittaessa otettu raudoituksella.

Laatan läpileikkautuminen saattaa myös tulla määrääväksi, jolloin joudutaan käyttämään suurempaa levykokoa kuin paikallinen puristuskestävyys edellyttäisi.

3. Kuormituspinta-ala

Laskennassa kuormituspinta-alana käytetään ns. tehokasta pinta-alaa, jossa kuorman epäkeskisyys ja laakerin liikevara on huomioitu pinta-alaa pienentävänä tekijänä.

Tehokas pinta-ala A_{eff} (A_{co})



$$e_x = \frac{\Delta L_x}{2} + \frac{H_x * h}{V}$$

$$e_y = \frac{\Delta L_y}{2} + \frac{H_y * h}{V}$$

ΔL_x = laakerin laskettu kokonaisliikevara pituussuunnassa.

ΔL_y = laakerin laskettu kokonaisliikevara poikkisuunnassa.

V = pystysuora laakerikuorma

H_x = laakerin vaakakuorma pituussuunnassa.

H_y = laakerin vaakakuorma poikkisuunnassa.

h = laakerin korkeus.

Tavanomaisissa kumipesälaakereissa voidaan laakerin korkeusmitta h valita laskentaa varten seuraavasta taulukosta. Muun tyyppisissä laakereissa ja suurissa kumipesälaakereissa käytetään valmistajan ilmoittamaa korkeusmittaa.

Kumilevylaakerin korkeus

V (kN)	h (mm)
1000	100
3000	125
5000	150
7000	175
10000	200

4. Alustavalun vaikutus

Laskennassa käytetään normaalisti betonirakenteen suunnittelulujuutta. Alustavalun suuri lujuus voidaan ottaa huomioon pintarasituksen laskukavassa (B4 3.10).

$$\sigma_1 \leq k * \sigma_{cc}$$

Reunaetäisyyden huomioonottavassa kaavassa

$$\sigma_1 = \sigma_{cc} \sqrt[2]{\frac{A_{c1}}{A_{c0}}}$$

käytetään aina rakenteen betonin lujuutta.
($k=3$, kun betonin tiheys = 2400 kg/m^3)

5. Esittäminen suunnitelmassa.

Suunnitelmaan kuuluvassa laakerointipiirustuksessa esitetään laakerien ylä- ja alalevyjen minimikoot, sekä minimikoon määrittämisessä käytetyt laakerien korkeudet. Ne merkitään samaan taulukkoon missä muutkin laakeritiedot on esitetty. Lisäksi piirustukseen kirjoitetaan seuraava huomautus: "Jos asennettavan laakerin korkeus on suurempi tai laakerityyppi tai levyjen muoto poikkeaa oletetusta, on otettava yhteys suunnittelijaan".

LASKENTAESIMERKKI

Yhteen suuntaan liikkuva laakeri

Kokonaisliikevara

Laakerin pystykuorma

Vaakakuorma pituussuunnassa

$$\Delta L = 200 \text{ mm}$$

$$V = 4,07 \text{ MN}$$

$$H_x = 0,12 \text{ MN}$$

$$(H_x = \mu V_{\text{pysyvä}})$$

Vaakakuorma poikkisuunnassa

Laakerin korkeus

Kansilaatan betoni

Tuen betoni

$$H_y = 0,15 \text{ MN}$$

$$h = 135 \text{ mm (Taulukossa)}$$

$$K40-1; \sigma_{cc} = 14 \text{ MN/m}^2$$

$$K35-1; \sigma_{cc} = 12 \text{ MN/m}^2$$

1. YLÄLEVY

Ratkaistaan tehokas pinta-ala kaavasta

$$\sigma_1 = \sigma_{cc} \sqrt{\frac{A_{C1}}{A_{C0}}} \quad \sigma_1 = \frac{V}{A_{C0}}$$

$$\frac{V}{A_{C0}} = \sigma_{cc} \sqrt{\frac{A_{C1}}{A_{C0}}}$$

$$A_{C0} = \frac{V^2}{\sigma_{cc}^2 \times A_{C1}}$$

A_{C1} :den määrittämiseksi lasketaan kuormituksen epäkeskisyys ja otaksutaan A_{C0} :lle pienin mahdollinen arvo.

$$A_{C0} = \frac{V}{k \times \sigma_{cc}} = \frac{4,07}{3 \times 14} = 0,097 \text{ m}^2$$

$$e_x = \frac{200}{2} + \frac{0,12 \times 135}{4,07} = 104 \text{ mm}$$

$$e_y = \frac{0,15 \times 135}{4,07} = 5 \text{ mm}$$

Tällöin saadaan $A_{C1} = 0,63 \text{ m}^2$ (Ks: kuorman jakaantuminen)

$$A_{C0} = \frac{4,07^2}{14^2 \times 0,63} = 0,134 \text{ m}^2$$

Koska saatu pinta-ala on suurempi kuin aluksi otaksuttu ($0,097 m^2$), on vaadittu tehokas pinta-ala $A_{eff}(A_{C0}) \geq 0,134 m^2$.

$$A = B + \Delta L$$

Ratkaistaan sivumitat yhtälöparista

$$(A - 2e_x)(B - 2e_y) = A_{eff}$$

$$A = B + \Delta L$$

$$B^2 + B(\Delta L - 2e_y - 2e_x) - 2Le_y + 4e_xe_y - A_{eff} = 0$$

$$B^2 - 18B - 133920 = 0$$

$$B = -\left(-\frac{18}{2}\right) + \sqrt{\frac{18}{4} - (-133920)}$$

$$B = 9 + 366 = 375 mm$$

$$A = 375 + 200 = 575 mm$$

ALALEVY

$$\text{Otaksutaan että } A_{co} = \frac{V}{3x\sigma_{cc}} = \frac{4,07}{36} = 0,113 m^2$$

Lasketaan kuormituksen epäkeskisyys

$$e_x = \frac{H_x X h}{V} = \frac{0,12 \times 135}{4,07} = 4 mm$$

$$e_y = \frac{H_y X h}{V} = \frac{0,15 \times 135}{4,07} = 5 mm$$

$$A_{cl} = 1,44 m^2 \text{ (ks.liitepiirustus)}$$

$$A_{co} = \frac{V^2}{\sigma_{co}^2 x A_{cl}} = \frac{4,07^2}{12^2 \times 1,44} = 0,080 m^2$$

Koska saatu pinta-ala on pienempi kuin aluksi otaksuttu pienin mahdollinen on alalevyn tehokas pinta-ala $A_{eff}(A_{co}) \geq 0,113 m^2$

Oletetaan, että levy on neliö, jonka sivumitta on B.

Ratkaistaan sivumitta yhtälöstä

$$(B - 2e_x)(B - 2e_y) = A_{eff}$$

$$B^2 - B(2e_y + 2e_x) + 4e_xe_y - A_{eff} = 0$$

$$B^2 - 18B - 112920 = 0$$

$$B = 345 mm \text{ } (\phi 389 mm)$$

SAMA ESIMERKKI RAJATILAMITOITUKSENA

LASKENTAKUORMA $V = 6,02 \text{ MN}$ ($1,2g + 1,8q_{k1} + 1,6q_{k2} + 0,8q_{ki}$)

$$H_x = 0,14 \text{ MN}$$

$$H_y = 0,12 \text{ MN}$$

$$K40-1, f_{cd} = 20,7 \text{ MN/m}^2$$

$$K35-1, f_{cd} = 18,1 \text{ MN/m}^2$$

1. YLÄLAATTA

Ratkaistaan tehokas pinta-ala kaavasta

$$F_u = A_{co} \times f_{cd} \times \sqrt{\frac{A_{cl}}{A_{co}}} \quad F_u = V$$

$$A_{co} = \frac{V^2}{f_{cd}^2 \times A_{co}}$$

A_{cl} : den määrittämiseksi lasketaan kuormituksen epäkeskisyys ja otaksutaan A_{co} :lle pienin mahdollinen arvo.

$$A_{co} = \frac{V}{k \times f_{cd}} = \frac{6,02}{3 \times 20,7} = 0,097 \text{ m}^2$$

$$e_x = \frac{200}{2} + \frac{0,14 \times 135}{6,02} = 103 \text{ mm}$$

$$e_y = \frac{0,12 \times 135}{6,02} = 3 \text{ mm}$$

$$A_{cl} = 0,63 \text{ m}^2 \text{ (Ks : kuorman jakaantuminen)}$$

$$A_{co} = \frac{6,02^2}{20,7^2 \times 0,63} = 0,134 \text{ m}^2$$

Pinta-ala on suurempi kuin minimiarvo joten ylälevyn tehokas pinta-ala

$$A_{eff}(A_{co}) \geq 0,134 \text{ m}^2$$

2 ALALEVY

$$\text{Otaksutaan että } A_{co} = \frac{V}{k \times f_{cd}} = \frac{6,02}{3 \times 18,1} = 0,111 \text{ m}^2$$

Lasketaan epäkeskeisyys

$$e_x = \frac{0,14 \times 135}{6,02} = 3 \text{ mm}$$

$$e_y = \frac{0,12 \times 135}{6,02} = 3 \text{ mm}$$

$$A_{cl} = 1,44 \text{ m}^2 \text{ (Ks : Kuormanjakaantuminen)}$$

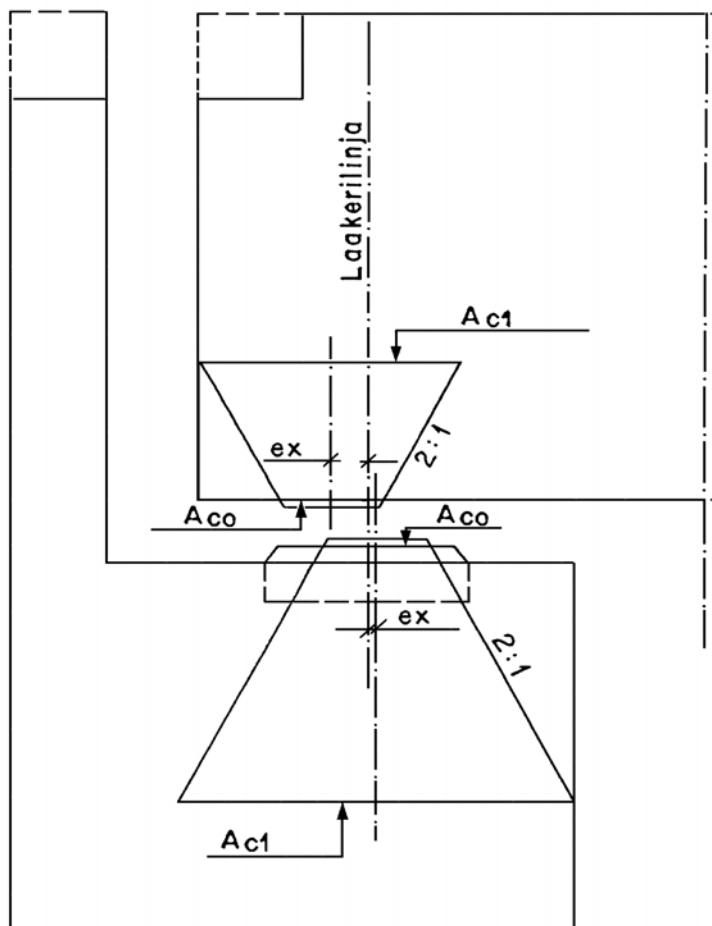
$$A_{co} = \frac{6,02^2}{18,1^2 \times 1,44} = 0,077 \text{ m}^2$$

Laskettu pinta-ala on pienempi kuin minimivaatimus, joten alalevyn tehokas

pinta-ala $A_{eff} (A_{co}) \geq 0,111 \text{ m}^2$.

Levyjen koot lasketaan kuten edellä sallittujen jännitysten mukaisessa esimerkissä.

Kuorman jakaantuminen



LIITE 5.4 LIIKEVARA JA ENNAKKO LAAKEREISSA JA LIIKUNTASAUMALAITTEISSA

1. Liikettä aiheuttavat tekijät

Laskettaessa liikkuvaa laakeria ja liikuntasaumalaitetta otetaan huomioon yleensä seuraavat liikettä aiheuttavat tekijät:

- lämpötilan muutos
- kutistuminen ja viruminen
- omapaino
- pystysuora liikennekuorma
- jarrukuorma
- tukien siirtyminen

Liikkeen suuruus lasketaan kuormien ominaisarvoilla, jotka on annettu ohjeessa "Siltojen kuormat".

Lämpötilan otaksutaan voivan vaihdella rakenteen ylimmän ja alimman keskilämpötilan välillä.

Kutistuman ja viruman vaikutusta laskettaessa otaksutaan rakenteen iäksi jännitettäessä 14 vrk ja saumalaitetta asennettaessa 42 vrk.

Omasta painosta aiheutuvat muodonmuutokset vaikuttavat yleensä laakereihin, mutta eivät liikuntasaumalaitteeseen. Päällysrakenteen tukikiertymästä voi aiheutua merkittäviä liikkeitä.

Tukien siirtymiä laskettaessa otaksutaan:

- kalliolle perustettu tuki ei liiku
- maanvarainen tuki siirtyy + 10 mm/tuki, päätytuki vain aukkoon päin
- paalutetut tuet laskelmien mukaan (siirtymä ja kiertymä)

2. Kokonaisliikemäärä

Kokonaisliikemäärä lasketaan eri tekijöiden vaikutusten summana ilman varmuus- tai vähennyskertoimia.

3. Asennusennakko

Laitteen asennusta varten määritetään liikkuvien osien keskinäinen asento (asennusennakko, -väli) asennuslämpötilan mukaan siten, että toistuva liike tapahtuu keskeisesti kokonaisliikkeeseen nähden. Tukien siirtymiä pidetään toistuvana liikkeenä.

Kumilevylaakereille ei voida asettaa asennusennakkoa.

Ellei tarkempaa tietoa ole saatavissa käytetään seuraavia asennuslämpötiloja:

Laakeria asennettaessa			Saumalaitetta asennettaessa	
Vuoden-aika	Paikalla valettu	Muut sillat	Vuoden-aika	Kaikki sillat
Kesä	+30°C	+20°C	Kesä	+20°C
Talvi	+20°C	-10°C	Talvi	-10°C

Laskelmat ja piirustus

Laskelmissa esitetään eri tekijöiden aiheuttamat liikemäärät ja kokonaisliikemäärä sekä asennusennakko asennuslämpötilan funktiona.

Piirustukseen merkitään tarvittava kokonaisliikemäärä ja asennusennakko tai asennusväli muuttuvan asennuslämpötilan mukaan ($\Delta T = 5^\circ \text{C}$) taulukoituna.

Lämpötilanvaihtelun merkitys on usein ennakon suuruuteen vähäinen ja laakerin ylälevyä vastaavasti kasvattamalla voidaan työmaalla vaikeasti tehtävä säätötyö välttää.

LIITE 5.6 SILTOJEN SIIRTYMÄLAATAT

1. Siirtymälaattojen käytön perusteet

Siirtymälaatan käytön tarve aiheutuu sillan ja siihen liittyvän penkereen yhtymäkohtaan syntyvästä painumasta, joka on liikenteelle haitallinen.

Painuman syitä ovat:

- pohjamaan painuminen
- pengermateriaalin tiivistyminen
- penkereen liikkeet
- pintavesien aiheuttama eroosio
- liikenteen rasitus.

Painuman haittoja estetään siirtymälaatatalla. Tyypipiiirustukset on tehty 3 m:n ja 5 m:n pituisista siirtymälaatoista. Siirtymälaatan pituus mitataan vinossa sillassa sillan keskilinjan suunnassa. Samoin laatan pääraudoitus tehdään yleensä tien suuntaisena.

Siirtymälaattaa käytetään eräitä poikkeuksia lukuun ottamatta aina. Siirtymälaattaa ei tarvitse käyttää alhaisen luokan teiden silloilla, joilla vähäisistä painumista ei ole haittaa. Kalliolle perustettujen tukien yhteydessä, joissa täytteen paksuus kallion päällä on enintään 2 m, ei myöskään tarvita siirtymälaattaa.

2. Siirtymälaatan pituuden valinta

Seuraavissa tapauksissa käytetään 5 m:n pituista siirtymälaattaa:

- silta on perustettu paaluille ja tulopenger massanvaihdolle
- silta on perustettu paaluille ja tulopenger hienorakeisten maalajien vaaraan
- painumisaikaa tai vaiheittain pengerrystä käyttäen
- valta-, kanta- ja maanteillä, kun
 - siirtymälaatan alle jäävän täytteen paksuus on enemmän kuin 3,5 m
 - penger on kevennetty kevytsoraa, tai muuta kokoonpuristuvaa materiaalia käyttäen
 - etuluiska on jyrkempi kuin 1:2 ja maatuki ei toimi tukimuurina.

Seuraavissa tapauksissa käytetään 3 m:n pituista siirtymälaattaa:

- valta-, kanta- ja maanteillä muissa kuin edellä esitetyissä tapauksissa
- paikallisteillä ja yksityisteillä
- kevyen liikenteen teillä.

3. Siirtymälaatan korkeusasema

Siirtymälaatan päälle varataan tilaa tierakenteen sitomattomille ja sidotuille kerroksille sekä päällysteelle. Päällysrakenneluokassa 1 näiden paksuus on 400 mm käytettäessä sitomatonta kantavaa kerrosta ja 600 mm käytettäessä sidottua kantavaa kerrosta (esim. maabetonia). Päällysrakenneluokassa 3 vähimmäiskerros paksuus siirtymälaatan päällä on 300 mm. Siirtymälaatan pinnan etäisyys tien pinnasta saa olla enintään 700 mm.

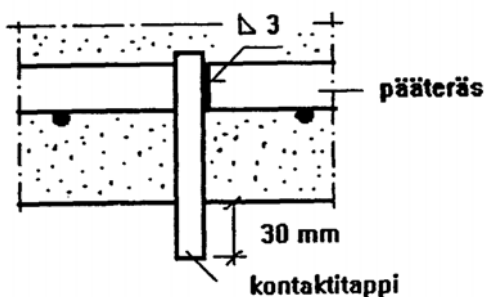
LIITE 5.9 KONTAKTITAPPIEN ESITTÄMINEN SILTASUUNNITELMASSA

1. Kontaktitapit

Betonirakenteisiin asennetaan raudoituksen yhteydessä kontaktitapit sähkökemiallisia mittauksia varten. Ne tulee aina esittää suunnitelmissa. Viittauksia yksinomaan InfRYL:iin ei hyväksytä.

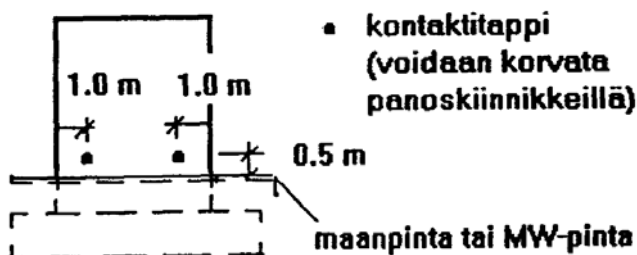
Mittapiirustuksissa esitetään kontaktitappien sijoitus joko piirrettynä tai tekstimuodossa.

Jokaiseen rakenneosaan asennetaan vähintään kaksi kontaktitappia. Tappien suurin sallittu välimatka on 30 metriä. Kontaktitappeina voidaan käyttää myös panoskiinnikkeitä, jos ne on hitsattu pääraudoitteihin. Määräluettelossa ilmoitetaan tappien kappalemäärä. Tappeina käytetään 12 mm kuumasinkittyä hitsattavaa betonitankoa (A500HW). Tappien ulkonema rakenteen pinnasta on 30 mm. Tapit hitsataan lähinnä pintaa oleviin pääraudoitteihin. Sinkitys poistetaan tapista hitsausalueelta.

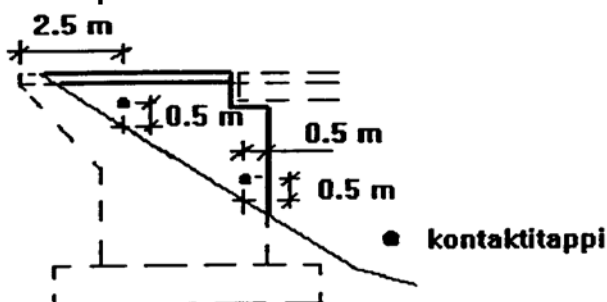


2. Kontaktitappien sijoitus

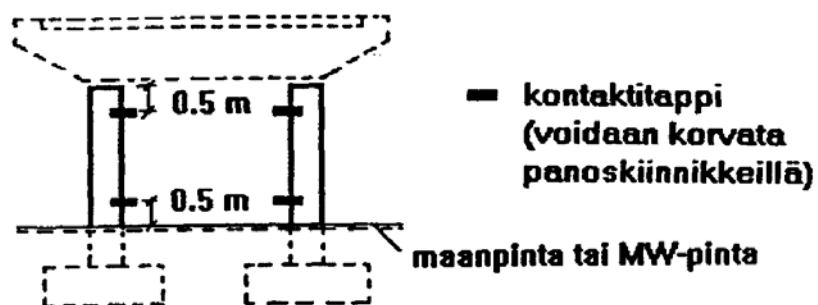
2.1 Maatuen etumuuri, kehän jalka ja seinämäinen välituki



2.2 Siipimuuri

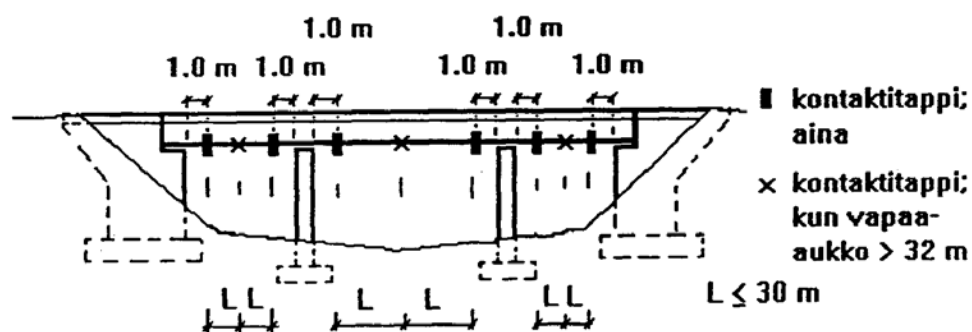


2.3 Pilarituki

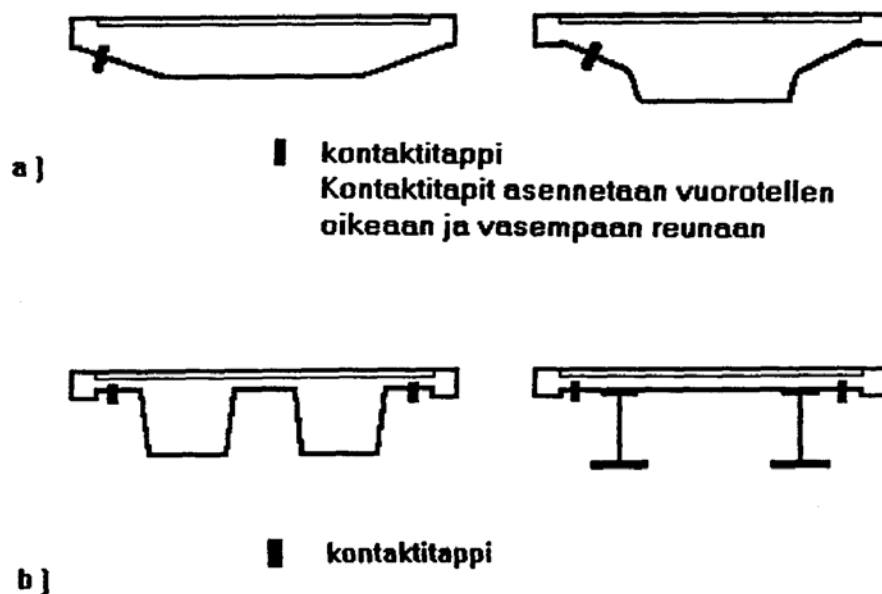


2.4 Päällysrakenne

Sillan pituussuunnassa



Sillan poikkisuunnassa



2.5 Sijoitus päällysrakenteen elementteihin

Elementtirakenteisessa päällysrakenteessa kontaktitapit sijoitetaan reunim-
maisiin elementteihin sillan molemmilla reunoilla sekä sillan keskilinjalla tai
lähellä keskilinjaa oleviin elementteihin. Jako pituussuunnassa kohdan 2.4
mukaan.

Myös kansilaattaan sijoitetaan kontaktitapit kohdan 2.4 a mukaan.

