

VAURIO



Kuva 1. Laajoja rapautumia on yleensä alusrakenteissa.

Tämän ohjeen mukaan korjataan laajoja betonirakenteiden vaurioita, jolloin paikattavan alueen pienin mitta on yleensä vähintään 300 mm, ei kuitenkaan vedenalaisia vaurioita.

Tällaisia vaurioita syntyy seuraavista syistä:

- Betonointivirheistä johtuen rakenteisiin syntyy onkaloita tai erottuneita kohtia.
- Betonipeitteet ovat riittämättömät.
- Betoni rapautuu suolan ja jäätyämisen vaikutuksesta.
- Rakenteet murtuvat törmäyksissä.

Yleisin vaurio on betonin rapautuminen, mikä johtuu siitä, että vesi pääsee betonin huokosiin ja irrottaa jäätyessään kerros kerrokselta betonin pintaa. Kun rapautuminen edistyy niin pitkälle, ettei betonipeite suojaa raudoitusta, vaurio pahenee nopeasti teräskorroosion vaikutuksesta.

Useimmiten nämä vauriot sijaitsevat siltojen ja lossilaiturien vesirajassa. Törmäysvaurioita esiintyy palkeissa, kaarissa ja pilareissa.

KORJAUSTARVE



Kuva 2. Törmäysvaurio on korjattava ensi tilassa.

Jänneteräkseen ulottuva törmäysvaurio korjataan heti sääolojen salliessa. Jos raudoitus on vaurioitunut, työtä varten on laadittava korjaussuunnitelma.

Massiivisen rakenteen vaurio voi edistyä pitkälle ilman, että siitä aiheutuu vaarallisia seurausvaikutuksia. Korjaus tehdään yleensä sillan peruskorjauksen yhteydessä.

Reunapalkin uusiminen ja pienehköt paikkaukset tehdään eri ohjeiden mukaan.

KORJAUSTYÖN VALMISTELU

Betonin karbonatisoituminen ja raudoituksen betonipeitteen paksuus on aina selvitettävä sillantarkastusohjeen (TIEL 2232219) mukaan.

Jos vaurion syy on suolakorroosio, betonin kloridipitoisuus on tutkittava. Näyteporaus ulotetaan vähintään 40 mm:n syvyyteen, koska kloridit tunkeutuvat yleensä syvälle ja tutkimuksen tarkoituksena on selvittää piikkausraja. Kloridipitoisuus saa olla normaalisti raudoitetussa rakenteessa betonin painosta 0,07 % happoliukoisena mitattuna ja 0,05 % vesiliukoisena mitattuna. Jos kloridipitoisuus on suurempi, betoni on piikattava pois.

Jos raudoitustangoissa on ruostetta, raudoituksen korroosiotila on selvitettävä potentiaalimittauksella. Raudoituksen korroosio on yleensä käynnistynyt jo paljastuneen alueen ulkopuolella. Piikkausraja määritetään potentiaaliarvojen avulla niin, että raudoitus on piikattava esiin, jos potentiaali on negatiivisempi kuin -200 mV (Cu/CuSO₄ elektrodi). Piikkausrajan määrittämisperusteita on selostettu sillantarkastusohjeessa (TIEL 2232219) ja erikoistarkastusohjeessa (TVH 731633). Piikkausraja on määritettävä huolellisesti, koska käytäntö on osoittanut, että vauriot uusiutuvat nopeasti, jos liian kloridipitoista tai karbonatisoitunutta betonia jää raudoituksen ympärille.

Suunnittelun tärkein vaihe on korjausbetonin valinta. Eri käyttökohteisiin voidaan suositella seuraavia massoja:

- Kuivatyönä valettavat alusrakenteiden mantteloinnit vakio betonilla.
- Törmäysvaurioiden ja muiden ahtaiden paikkojen valut sementtipohjaisella juotoslaastilla.
- Betonipeitteen vahventaminen päällysrakenteen alapinnassa valumattomalla sementtipohjaisella paikkauslaastilla.

Ennakkokokeita ei tarvita, jos käytetään hyväksytyjä massoja. Massan värisävyyn sopivuus vanhaan betonipintaan on tarkistettava, jos pinta jää näkyviin.



Kuva 3. Kuivatyönä tehty kantamuurin manttelointi.

Korjausmassoihin voidaan lisätä teräs- tai polymeerikuituja. Paisuttavaa lisäainetta voidaan yleensä käyttää vakio betonissa, mutta asia on selvitettävä tapauksittain.

Työssä tarvittavia taustatietoja on saatavissa mm. seuraavista SILKO yleisohjeista:

- SILKO 1.201; korjausmassan valinta
- SILKO 1.202; työsuojelu polymeeripitoisia aineita käsiteltäessä
- SILKO 1.203; purkamismenetelmät ja niiden vaatimat työsuojelutoimenpiteet.

Korjaussuunnitelmassa pitää esittää ainakin

- purettavien osien rajat ja suositeltava purkamismenetelmä
- teline- ja muottirakenteet
- uusien rakenneosien ankkurointi
- lisäaineiden ja kuitujen mahdollinen käyttö
- betonointimenetelmä
- jälkihoitomenetelmä
- työ- ja ympäristönsuojelutoimet
- työhön vaikuttavat paikalliset olot kuten rautatien sähköistys ja työskentely rautatien läheisyydessä (neuvoteltava rautatieviranomaisten kanssa), työnaikainen liikenne, vesistön käyttö jne.
- korjatun ja ympäröivän pinnan mahdollinen suojaaminen tai ulkonäkösyistä pinnoittaminen.

Vaihtoehtoisia korjausmenetelmiä ovat erillisten ohjeiden mukaan tehtävät ruiskubetonointi, ejektointi ja injektointibetonointi.

Liikenteen järjestelyjä varten laaditaan tarvittaessa erillisen ohjeen /1/ mukaan suunnitelma, jonka tiepiiri hyväksyy.



Kuva 4. Törmäysvaurion korjauksessa käytetty teräsmuotti on jätetty paikalleen.

PIIKKAUS JA RAUDOITUKSEN KUNNOSTUS

Telineet ja työtasot mitoitetaan rakennustyön järjestysohjeiden /2/ 6. ja 7. luvun sekä työ- ja suojatelineohjeiden /3/ mukaan. Yleensä käytetään putkitelineitä. Ajoradan puolelle tehdään suojakaide ainakin silloin, kun ajokaistan reuna on alle metrin etäisyydellä työskentelyalueesta. Jos rakenteiden purkamisessa käytetään vesipiikkausta, kivien ja muun purkujätteen sinkoilu estetään suojaseinällä.

Raudoitustankojen paikat ja betonipeitteet määritetään sähkömagneettisella betonipeitemittarilla, koska raudituksen tarpeetonta vaurioittamista on vältettävä purkamistyössä.

Paikattava alue rajataan yleensä suoraviivaisesti kulmahoimakoneella tai timanttisahalla (kuva 5). Piikkaus tehdään vesipiikkalaitteella tai piikkausvasaralla. Mieluummin käytetään vesipiikkausta, jolloin saadaan mahdollisimman hyvä tartuntapinta. Piikkausvasaraa käytettäessä piikkaus tehdään paikalleen jäävää betonipintaa lähestyttäessä kevyellä kalustolla, jotta tartuntapinnan mikrohalkeilu jää mahdollisimman vähien. Piikatun pinnan pitää olla rosainen ja karkea. Vesipiikattu pinta on huuhdeltava puhtaalla vedellä. Muulla tavoin piikattu pinta on suihkupuhdistettava. Tartuntapintaan ei saa jäädä mitään irtainta ainesta tai epäpuhtauksia.



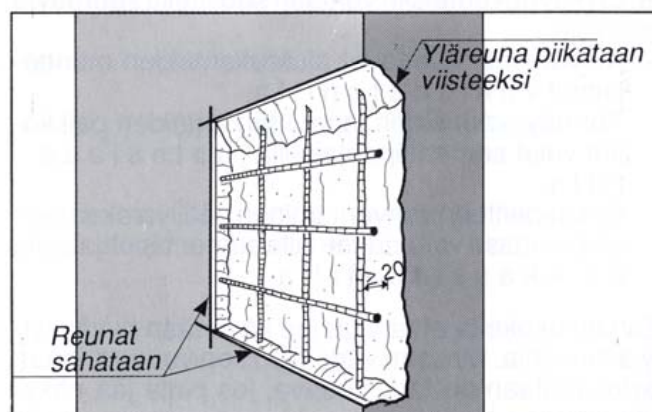
Kuva 5. Rajattu ja piikattu alue maatuen alaosassa.

Pystypinnan paikka muotoillaan niin, että ala- ja sivureunat tulevat mahdollisimman kohtisuoriksi rakenteen pintaa vastaan ja yläreuna laskee syvyyssuunnassa (kuva 6). Muissa pinnoissa reunat tehdään kohtisuoriksi pintaa vastaan. Piikkaus ulotetaan raudoitustangon halkaisijan verran tai vähintään 20 mm raudituksen taakse (kuva 6). Paikan paksuus määräytyy betonipeitevaatimuksen mukaan.

Jos vain betonipeitettä on vahvennettava valamalla sen ympärille betonikerros (mantteli), vanha pinta karhennetaan vesipiikkalaitteella tai piikkausvasaran ristipäättälä tartunnan parantamiseksi.

Jos raudoitustanko on ruostunut tai vahingoittunut piikattaessa niin, että sen poikkileikkausala on pienentynyt 30 % tai enemmän, tanko korvataan uudella erillisen ohjeen /4/ mukaan.

Jos rakenteessa ei ole raudoitusta ja paikattava alue on yli neliömetrin laajuinen tai jos rakenteen ympärille valetaan betonikerros, paikattava kohta vahvennetaan rauditusverkolla 5-150. Verkko kiinnitetään paikalleen lyönti- tai kiila-ankkureilla (2 - 4 kpl/m²). Raudituksen betonipeitteen on oltava alusrakenteissa 50 mm, reunapalkeissa 45 mm ja muissa rakenteissa 35 mm tai yli.



Kuva 6. Paikan muoto pystypinnassa.

MUOTTIEN TEKO

Muotit tehdään joko useaan kertaan käytettävistä muottielementeistä tai ne valmistetaan siltapaikalla puutavarasta. Muotin pintamateriaali valitaan niin, että paikatun kohdan pinta sopeutuu vanhan rakenteen ulkonäköön. Yleensä muottipintana käytetään 20 mm:n r a a k a p o n t t i- tai m i t a l l i s t e t t u a l a u t a a, jonka pitää olla ulkokuivaa (kosteusluokka 3) kvinta laatuluokkaa. Sahattu pinta tulee betonia vasten. Mitallistetusta laudasta tehdyt muotit pidentään jatkuvasti kosteina.

Lautamuotin sijasta voidaan käyttää muottivaneria, jos siitä ei ole paikan ulkonäölle haittaa. Teräsmuottia käytetään esimerkiksi törmäysvaurioita korjattaessa, jolloin muotti jää yleensä paikalleen suojaamaan rakennetta.

Muotit on kiinnitettävä tukevasti. Suurissa paikkauksissa on kiinnitettävä huomiota muottipaineeseen, mikä kasvaa notkistavia lisäaineita käytettäessä. Valupaine kasvaa myös, jos paikkaus tehdään painevaluna umpinaiseen muottiin. Muottien pitää olla niin tiiviitä, ettei sementtiliima purkaudu muottien saumoista tai reunoista. Tärkeintä on estää muottilautojen kuivuminen (ravistuminen). Reunat voidaan tiivistää kumi- tai muovitiivisteillä.

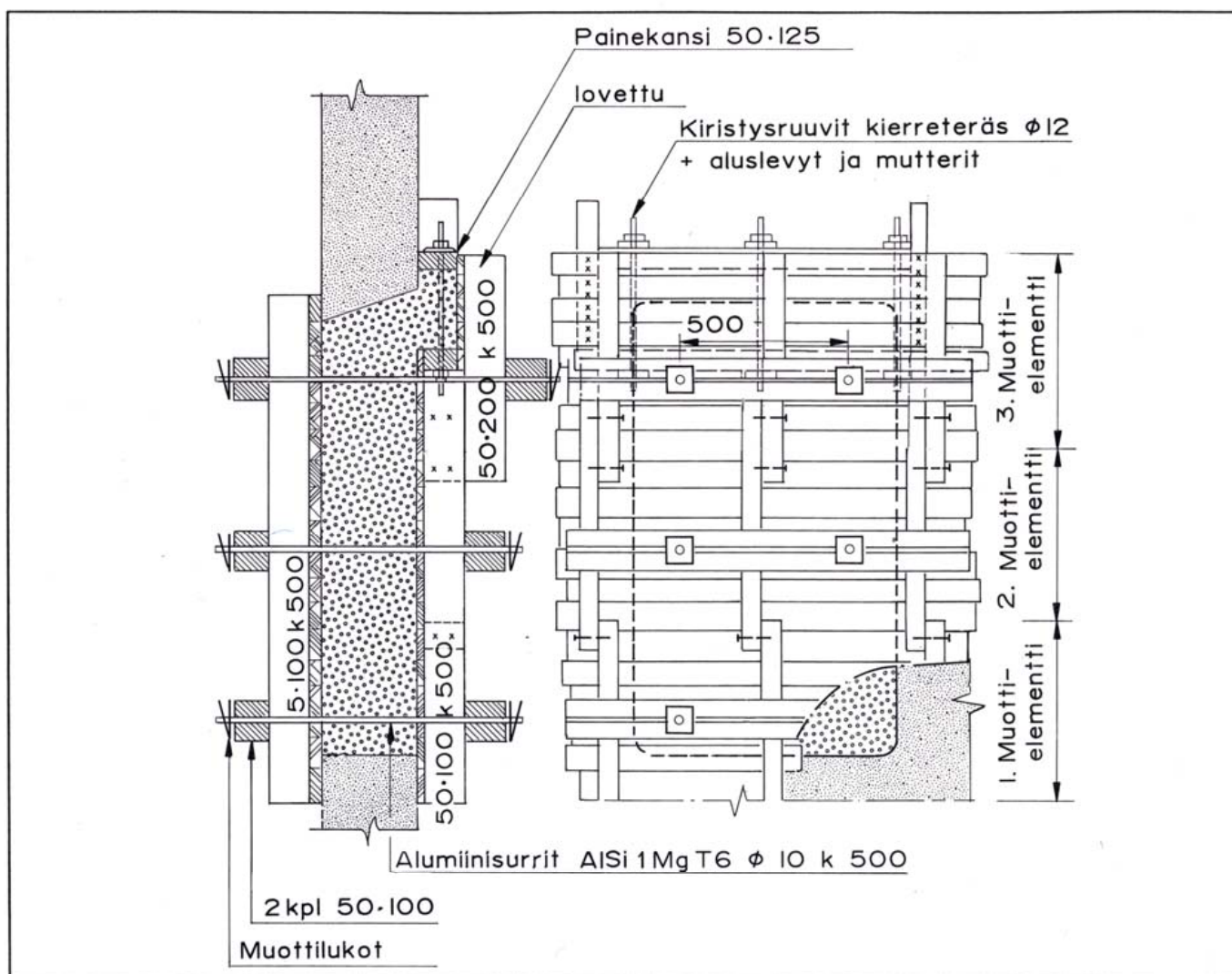
Seuraavassa tekstissä esitellään kolme sillankorjaustöiden yhteydessä kehitettyä puista muottisysteemiä:

1. Muottisiteillä kiinnitetty lautamuotti.
2. Ohjureihin tuettu vanerimuotti.
3. Ohjureiden varassa liikuteltava lautamuotti.

1. Muottisiteillä kiinnitetty lautamuotti

Muottisysteemi on perinteinen painekannella varustettu muotti. Paine kannella varmistetaan, ettei paikan yläpintaan jää tyhjää tilaa. Paine kansi ei tässä ohjeessa suositeltuja massoja käytettäessä ole kuitenkaan yleensä tarpeen. Jos painekantta ei käytetä, paikan yläosaa on jälkitärytettävä ennen betonin sitoutumista.

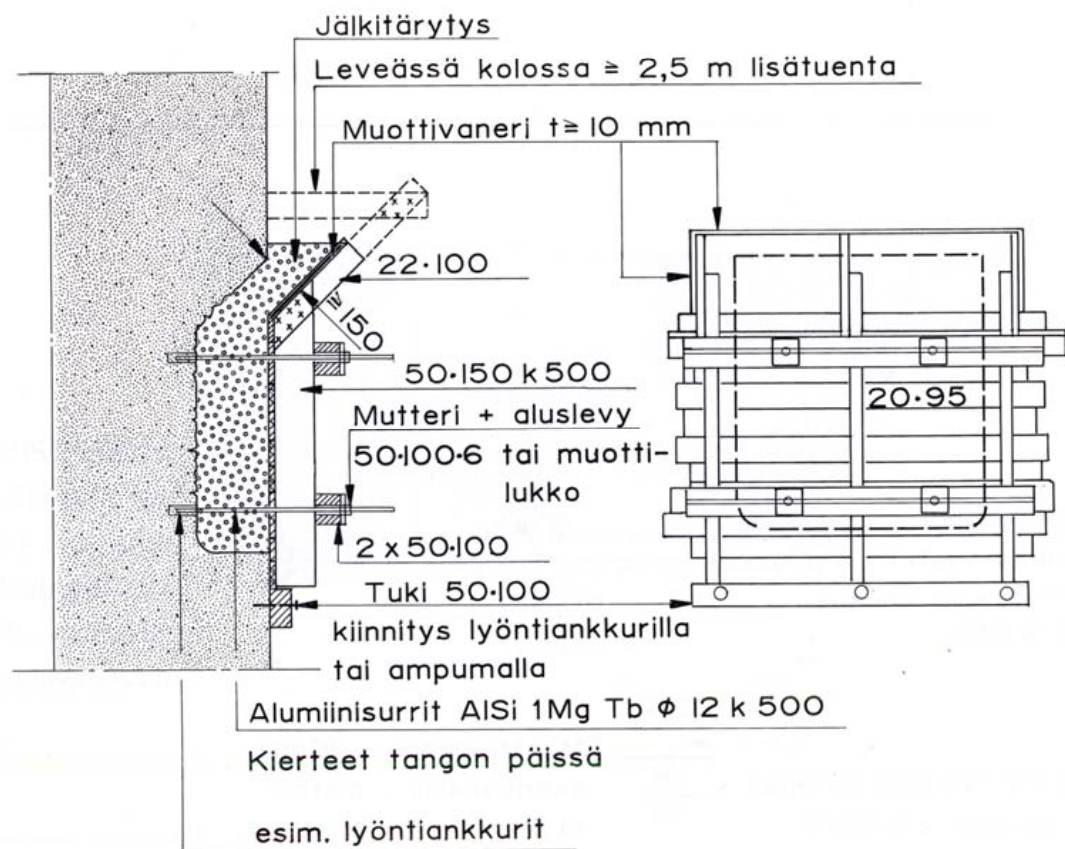
Muotti valmistetaan ulkokuivasta kvinta-laatu luokan puutavarasta. Muottisiteinä käytetään alumiinitankoja. Piiloon jäävissä pinnoissa voidaan käyttää myös terästankoja. Sidetangot eivät saa koskettaa raudoitukseen. Valu tehdään mieluummin mahdollisesti piiloon jäävältä puolelta. Seinän tai pilarin korjaamisessa käytetään kaksi- tai useampipuolista muottia (kuva 7). Jos muotin korkeus on yli 800 mm, valupuolen muotti jaetaan osiin, jotta valu voidaan tehdä 250 - 300 mm:n kerroksissa. Valun aikana asennettavien muottien sovitus on tarkistettava ennen valun aloittamista. Muiden pintojen muotit asennetaan yhtenäisinä paikoilleen ennen valua. Jos paikattavan alueen leveys on yli 2,5 m, muottien väliin asennetaan kiripuita (pönkiä), jotka on poistettava valun aikana.



Kuva 7. Kaksipuolinen muotti.

Rakenteen pintaa korjattaessa käytetään yksipuolista muottia, joka ankkuroidaan rakenteseen (kuva 8). Jos kolon korkeus on 800 mm tai yli, muotti jaetaan em. tapaan osiin. Alumiiniset muottisiteet ankkuroidaan piikatun kolon takaseinään lyönti- tai kiila-ankkureilla. Jos paikattavan alueen leveys on yli 2,5 m, muotin yläosa tuetaan betonirakenteeseen.

Paikan yläosa valetaan siten, että betonin yläpinta tulee 50 - 100 mm paikan reunan yläpuolelle. Valukanavaan jäänyt betoni piikataan pois mahdollisimman pian, yleensä seuraavana päivänä. Piikkaus tehdään alhaalta ylöspäin. Pinta hiotaan tarvittaessa kulmahiomakoneella tai piikataan tasaiseksi ristipäättälällä.

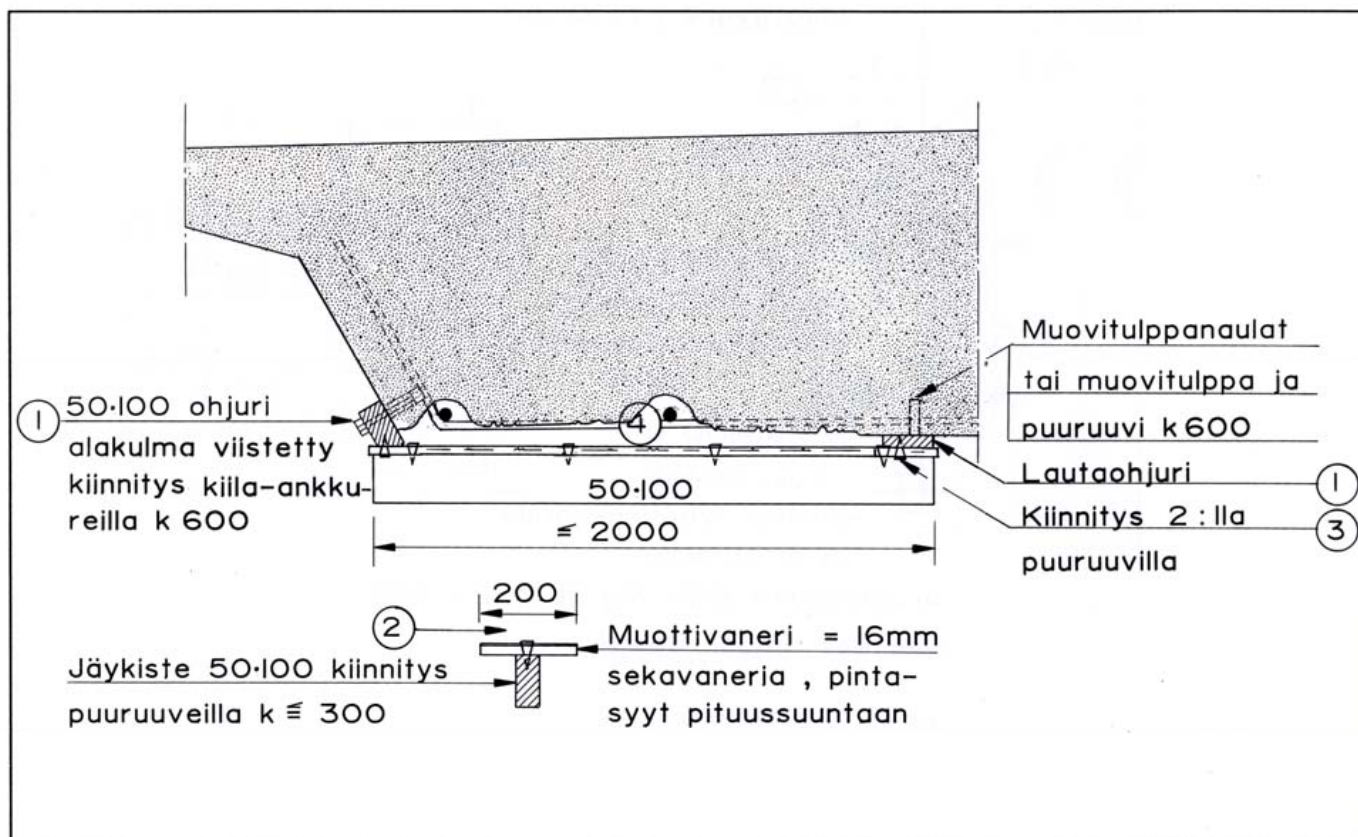


Kuva 8. Yksipuolinen muotti.

2. Ohjureihin tuettu vanerimuotti

Ohjureihin tuettua vanerimuottia käytetään esimerkiksi, jos raudoituksen betonipeite on tehtävä laajalla alueella paksummaksi päällysrakenteen alapinnassa. Paikattavan alan leveys voi olla korkeintaan kaksi metriä. Yleensä 200 mm:n levyiset muottielementit valmistetaan 16 mm:n muottivanerista, ja ne jäykistetään puusoiroilla (kuva 9). Muottielementtejä valmistetaan yhtenä päivänä tarvittava määrä. Muottityö etenee seuraavasti (kuva 9, työvaiheiden numerot on merkitty piirustukseen):

1. Paikattavan kohdan ulkopuolelle kiinnitetään kiila-ankkureilla tai muovitulppanauloilla puuohjurit tarvittavan betonikerroksen mukaan.
2. Valumaton paikkauslaasti levitetään muottielementin päälle. Elementin reunoissa voidaan käyttää apuna paikan paksuuden mukais- ta kehikkoa (sapluuna).
3. Muottielementti nostetaan paikalleen ja kiinnitetään joka kulmasta puuruuvilla ohjureihin.
4. Paikkauslaasti sullotaan esim. saumausraudalla ja laastia lisätään niin, että muotti tulee joka kohdasta täyteen. Muottia voidaan tarvittaessa kiristää jäykisteen keskeltä säätöruuvilla tai pönkällä ja kiiloilla.
5. Muotit puretaan seuraavana päivänä. Ne puhdistetaan ja käytetään uudestaan.



Kuva 9. Ohjureihin tuettu lautamuotti.

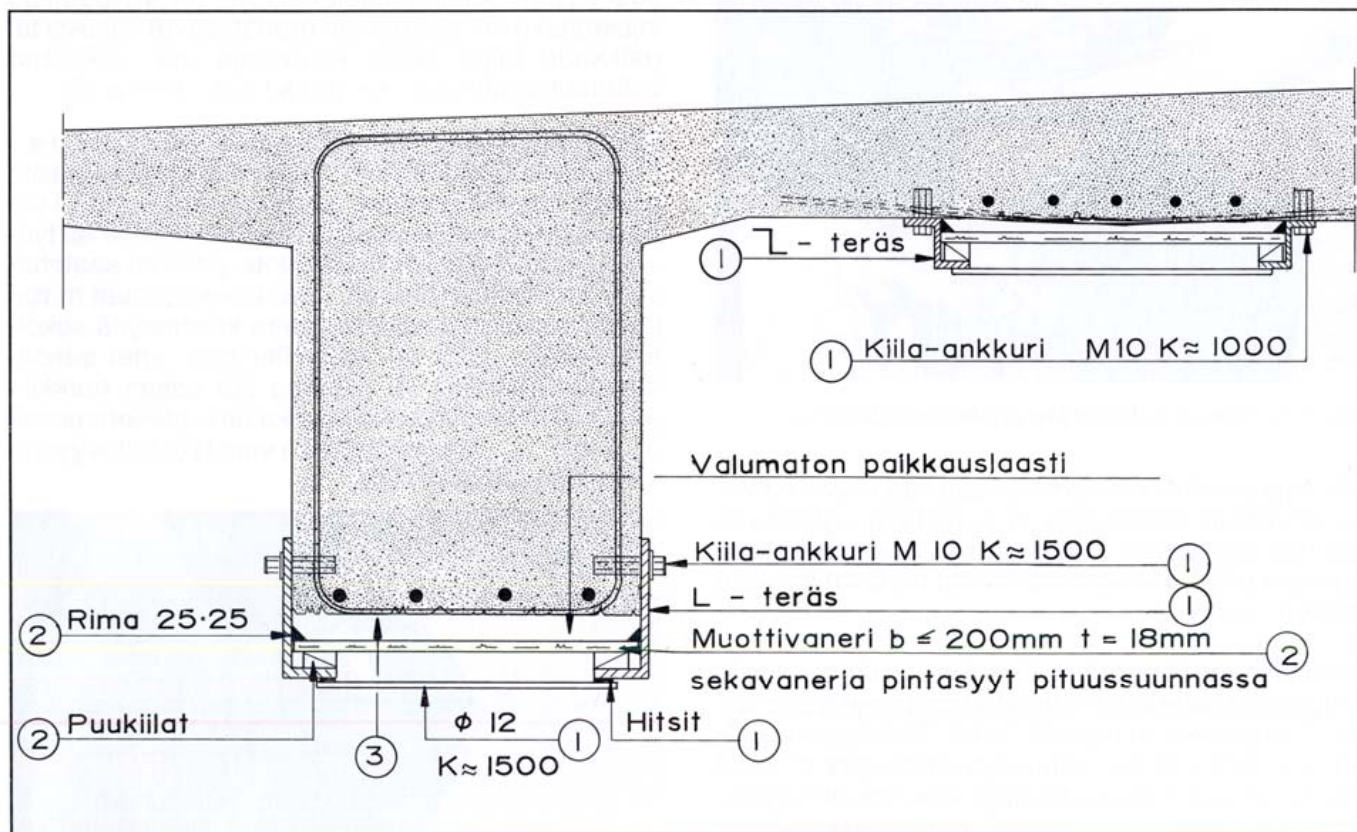
3. Ohjureiden varassa liikuteltava lautamuotti

Ohjureiden varassa liikuteltavaa lautamuottia käytetään esimerkiksi palkkien alapintoja tai pilareita korjattaessa, jos valumattoman paikkauslaasti on tartunta on varmistettava. Paikkauslaasti valitaan halutun työstettävyyssajan (pot life) perusteella. Muottia voidaan käyttää myös muottisiteillä kiinnitettävän lautamuotin sijasta, jolloin lautoja lisätään valun edistyessä. Jos paikattava kohta on metriä leveämpi, on käytettävä paksumpaa lautaa tai muottivaneria.

Työn alussa on syytä tehdä ennakkokoe, jotta muotin siirtonopeus ja pinnan laatutavoite voidaan määrittää.

Muottipintana käytetään 18 mm:n muottivaneria, jonka leveys on 200 mm, tai 20 mm:n mitallistettua lautaa. Muottityö etenee seuraavasti (kuva 10, työvaiheiden numerot on merkitty piirustukseen):

1. Paikattavan kohdan ulkopuolelle kiinnitetään kiila- tai lyöntiankkureilla teräs- tai alumiiniprofiilit, jotka yhdistetään tarvittaessa toisiinsa pyöröteräksillä.
2. Muottivanerit käsitellään muottiöljyllä ja kiilataan oikeaan asemaan puukiiloilla. Kulmat viistetään.
3. Paikkauslaasti sullotaan esimerkiksi saumausraudalla paikattavaan tilaan. Laasti sekoitetaan ja työ tehdään tarkoin laastin valmistajan ohjeita noudattaen.
4. Muotti irrotetaan laastin sitouduttua. Pintaa voidaan varovasti hiertää heti työstettävyyssajan (pot life) päätyttyä esim. kostealla sienellä.
5. Muotti puhdistetaan ja kiilataan seuraavaan kohtaan 20 - 30 mm edellisen päälle.



Kuva 10. Ohjureiden varassa liikuteltava lautamuotti.

BETONOINTI

Seuraavat ohjeet koskevat lähinnä valuja, jotka tehdään muottisiteillä tai pystypintaan ohjureiden avulla kiinnitettyihin muotteihin (kuva 11.).



Kuva 11. Juotoslaastin valua täyttökaualon avulla.

Lämpötilan pitää olla vähintään +5 °C. Korkeita lämpötiloja on syytä välttää, koska kutistumis- halkeilun riski kasvaa.

Koska betonia tarvitaan vähän, betonin sekoittamista työmaalla kuivatuohteista on harkittava (kuva 12). Valmistajan antamia ohjeita on noudatettava tarkasti. Erityisesti on valvottava, että vettä lisätään ohjeen mukaan ja että sekoitus aika on riittävä. Notkeusvaatimus on 1—2 sVB.



Kuva 12. Betoni sekoitetaan pakkosekoittajassa.

Muotit ja piikatut betonipinnat kastellaan hyvin vuorokausi ennen betonointia ja suojataan sateelta ja auringonpaisteelta. Betonoinnin alkaessa betonipintojen pitää olla kosteita, mutta ne eivät saa olla märkiä (kiiltäviä).

Betonimassa tiivistetään 25 - 48 mm:n tärysauvalla. Tärysauva pidetään mahdollisimman pystysuorassa. Tärytysaika on noin 400 s/m³. Tiivistys on riittävä, kun pinta on tasoittunut ja ilmakuplia ei enää nouse pintaan. Lopuksi tehdään kevyt muottitärytys. Jälkitiivistys tehdään massan tärytysajan kuluessa. Ellei tarkempaa määritystä tehdä, jälkitärytys on mahdollista, jos sauva painuu omalla painollaan massaan. Notkistavan lisäaineen vaikutus tärytykseen on otettava huomioon.

Betonin ilmamäärä mitataan työmaalla. Ilmamäärävaatimukset ovat seuraavat:

- vakiobetoni ilman silikaa 5 %
- vakiobetoni, jossa on silikaa 5 %
- polymeerisementtibetoni 3,5 - 6 %.

Jälkihoito tehdään mieluummin vesikasteluna. Jos muotit on purettava mahdollisimman pian, kaikille pinnoille ruiskutetaan jälkihoitoaine. Jälkihoitoaineen vaikutus vastaa 3,5 vuorokauden vesikastelua. Jälkihoitoaine valitaan niin, ettei se estä mahdollista pinnan suojakaasittelyä tai pinnoitusta. Jos muotit voidaan pitää paikoillaan, jatketaan vesikastelua 1 - 2 viikon ajan. Vaikutus on tehokkain, jos pinnalle levitetään kuitukangas tms., joka pidetään märkänä ja suojataan muovikalvolla. Sähköistetyr radan ylikulkusillalla ei voida käyttää vesikastelua, jos ajojohdoissa on virta. Polymeerisementtibetoni (lateksibetoni) poikkeaa muista betoneista täysin, sillä sitä jälkihoitetaan vesikastelulla vain vuorokauden ajan, jonka jälkeen kaikki jälkihoito lopetetaan.

Muotit puretaan yleensä viikon kuluttua valusta. Muotit voidaan kuitenkin tarvittaessa purkaa jo vuorokauden kuluttua, jos valussa on käytetty reseptibetonia tai juotoslaastia. Muottien varhaisessa purkamisessa on noudatettava erityistä varovaisuutta, jotta rakenteen särmät eivät rikkoudu. Pintoja on jälkihoitettava erittäin huolellisesti, koska muottien poistaminen aiheuttaa pinnoille lämpösokin, joka aiheuttaa mikrohalkeilua.

Jos valuun tulee halkeamia, ne on välittömästi injektoitava /5/. Jos paikan reunat jäävät vajaiksi tai paikkaan tulee muita valuvikoja, ne paikataan valumattomalla paikkauslaastilla /6/.

Sementtipohjainen paikkaus- tai juotoslaasti vaatii kostean tartuntapinnan. Tuotekohtaisia ohjeita on noudatettava ehdottoman tarkasti. Työmaalla on oltava suomenkielinen käyttöohje tai työselitys ja käyttöturvallisuustiedote, jotka on saatettava työntekijöiden tietoon. Laasti sekoitetaan matalakierroksiseen porakoneeseen kiinnitetyllä sekoitussiivikolla, joka on muotoiltu niin, ettei sekoitumatonta laastia tai massaa jää astian nurkkiin (kuva 13). Riittävä sekoitus aika on tuotekohtaisesti 3 - 5 min. Laastia sekoitetaan vain työstettävyyssai- kana käytettävä määrä.



Kuva 13. Paikkauslaasti sekoitetaan porakoneeseen kiinnitetyllä siivikolla.

KORJAUSTYÖSSÄ KÄYTETTÄVÄT OHJEET

- /1/ Liikenne tietyömaalla. Helsinki: Tiehallitus.
TIEL 2272000.
- /2/ Rakennustyön järjestysohjeet selityksineen.
Helsinki: Rakentajain Kustannus Oy, 5. painos. ISBN 951-676-448-7.
- /3/ RIL 142 - 1984. Työ- ja suojatelineohjeet (standardit). Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.
- /4/ Betonirakenteet. Raudoituksen uusiminen.
Helsinki: Tie- ja vesirakennushallitus, 1983.
5 s. SILKO 2.262 (moniste).
- /5/ Betonirakenteet. Halkeaman injektointi epoksilla. Helsinki: Tie- ja vesirakennushallitus, 1982. 7 s. SILKO 2.236 (moniste).
- /6/ Betonirakenteet. Paikkaus ilman muotteja.
Helsinki: Tiehallitus, 1992. 5 s. (SILKO 2.231)
TIEL 2230096 — 2.231.