



Tekninen vastuuhenkilö:

TUTKIMUSSELOSTUS
Nro 101708, 22.10.2008

1 (14)

Arto Koskiahde, FM / tj.

Tilaja: Aaro Kohonen Oy Koronakatu 2 02210 ESPOO	Tilaus/pvm.: Teemu Männistö/ - Näytteiden saap.pvm.: 24.09.2008
Kohde: Katriinan sairaala, Vantaa	
Tehtävä: Näytepiirroksen laadinta, 17 kpl; laadintapvm. 25.-26.09.2008 Karbonatisoitumissyvyys liuosmenetelmällä, 12 kpl; testaus 24.09.2008 Betoniinäytteen mikrorakennetutkimus ohuthieestä, 13 kpl; 20.-22.10.2008 Vetolujuustestaus, 5 kpl; testaus 17.10.2008 Näytteenotto timanttiporauksella 17 kpl	

NÄYTTEET

Näytteet porattiin FCM:n toimesta 24.09.2008 tilaajan osoittamista kohdista. Näytelieriöt olivat halkaisijaltaan Ø 50 mm. Näytteiden merkitseminen tapahtui tilaajan edustajan valvonnassa. Näytteet arvioitiin suunniteltuihin testauksiin soveltuviksi.

TUTKIMUKSET

Laboratoriossa kaikista näytteistä laadittiin ensin näytepiirroksat. Lisäksi porauslieriönäytteiden kyljestä tehtiin karbonatisoitumissyvyyden määritykset liuosmenetelmällä soveltaen standardia SS 13 72 42.

Kolmestatoista näytteestä valmistettiin useiden esi-impregnoitien jälkeen noin 75 mm (pituus) x 25 mm (leveys) x 0,025 mm (paksuus) kokoiset ohuthieet. Ohuthieet tutkittiin polarisaatiomikroskoopilla. Tutkimuksissa noudatettiin standardia ASTM C 856-02 soveltuvien osin.

Betonialan Ohuthiekeskus FCM Oy:llä on FINAS-akkreditointi ohuthietutkimuksille (akkreditoitu testauslaboratorio T208, SFS-EN ISO/IEC 17025).

Betonin vetolujuuden määritykset tehtiin lieriön päiden tasauksen jälkeen viidestä näytteestä soveltaen standardia SFS 5445.

TULOKSET

Tutkimustulokset koskevat tähän toimeksiantoon sisältyneitä näytteitä. Mikrorakennetutkimusten tulokset esitetään seuraavassa. Karbonatisoitumissyvyydet ja vetolujuustulokset on esitetty liitteessä 1 ja näytepiirroksat erillisliitteessä 2.

Arto Koskiahde, FM / tj.

OHUTHIETUTKIMUKSET

Näyte KS 1, laatta, alapinta

Näytteen pituus ohuthieessä on 52-58 mm (=ulottuvuus syvyysuunnassa).

- Alapinnassa on neljästä osakerroksesta koostuva pinnoiteyhdistelmä. Päälimmäisenä on kahdesta huokoisuutta sisältävästä osakerroksesta koostuva, 0,1-0,4 mm paksu maalipinnoite, jossa on havaittavissa vähän asbestia muistuttavia kuituja. Seuraavana on enimmäkseen 0,4 mm:n paksuinen kalkkimaalikerros, jossa esiintyy sekä pintaa vastaan kohtisuoraa että pinnan suuntaista halkeilua. Pohjimmaisena on sementtislammaukselta näyttävä, enimmäkseen 0,5 mm paksu kerros, joka on irrallaan betonista viidellä 0,5-2,0 mm pitkällä osuudella.
- Betoni on karbonatisoitunut läpi koko ohuthienäytteen.
- Betonissa esiintyy hyvin harvaksen tiivistyshuokosia (\varnothing 0,1-2 mm). Ei esiinny lisähuokostusta, eikä betonia voida nykyvaatimusten mukaisesti luokitella pakkasenkestäväksi kosteusrasituksessa.
- Huokostilat ovat enimmäkseen täytteettömiä.
- Vesisementtisuhde vaikuttaa keskimääräistä korkeammalta. Sementin hydrataatioaste on korkea.
- Runkoaine on särmiltään pyörityneistä rakeista koostuvaa luonnonsoraa/-hiekkaa, jossa pääkilvilajeina ovat gneissi ja graniitti.
- Betonissa esiintyy pitkälle edenneestä pakkasrapautumisesta johtuvaa halkeilua. Keskimäärin 55 mm:n paksuisessa kerroksessa esiintyy 14-15 kpl pinnan tason suuntaisia, 0,01-0,15 mm leveitä, monin paikoin >25 mm pitkiä pakkasrapautumahalkeamia. Lisäksi yli puolet karkearakeisten runkoainerakeiden ja sideaineen välisistä kontakteista on avoimena halkeilusta johtuen. Lieriönäyte oli katkennut porattaessa kahta pakkasrapautumahalkeamaa myöten ja liimattiin yhteen ennen ohuthieen valmistamista.

Näyte KS 2, laatta, alapinta

Näytteen pituus ohuthieessä on 41-47 mm (=ulottuvuus syvyysuunnassa).

- Ohuthienäytteen alapinnassa ei ole merkkejä mahdollisesta pinnoitteesta.
- Betoni on karbonatisoitunut läpi koko ohuthienäytteen.
- Betonissa esiintyy muutamia tiivistyshuokosia (\varnothing 0,1-1 mm). Ei ole lisähuokostusta, eikä betonia voida nykyvaatimusten mukaan luokitella pakkasenkestäväksi kosteusrasituksessa.
- Huokostilat ovat enimmäkseen täytteettömiä.
- Vesisementtisuhde on tavanomainen. Sementin hydrataatioaste on korkea.
- Runkoaine on särmiltään pyörityneistä rakeista koostuvaa luonnonsoraa/-hiekkaa, jossa pääkilvilajeina ovat gneissi ja graniitti.
- Betonissa esiintyy pitkälle edenneestä pakkasrapautumisesta johtuvaa halkeilua. Keskimäärin 45 mm:n paksuisessa kerroksessa on 12-13 kpl pinnan tason suuntaisia, 0,01-1,0

Arto Koskiahde, FM / tj.

mm leveitä, monin paikoin >25 mm pitkiä pakkasrapautumahalkeamia. Lisäksi arviolta puolet karkearakeisten runkoainerakeiden ja sideaineen välisistä kontakteista on avoimena halkeilusta johtuen. Lierionäyte oli katkennut porattaessa kahta pakkasrapautumahalkeamaa myöten ja liimattiin yhteen ennen ohuthieen valmistamista.

Näyte KS 3, laatta, yläpinta

Näytteen pituus ohuthieessä on 64-71 mm (=ulottuvuus syvyys suunnassa). Ohuthienäytteesä on pinnassa klinkkerilaatta ja tämän alla pintalaatan betonikerros.

Klinkkerilaatta:

- Ohuthieessä klinkkerilaattaa on näkyvissä 12-16 mm:n paksuisena poikkileikkauksena.
- Kyseessä on rakenteeltaan lähinnä savitiilirakennetta muistuttava klinkkeri. Klinkkerissä on suhteellisen yleisesti hyvin pienistä tekstuurihalkeamista muodostuvaa huokoisuutta.
- Laatussa esiintyy kaikkiaan 6 kpl pinnan tason suuntaisia, 0,01-0,05 mm leveitä, 5-18 mm pitkiä mikrohalkeamia, jotka ovat todennäköisimmin pakkasrapautumiseen liittyviä.
- Laatta on kiinnitetty suoraan betoniin ilman erillistä laastia. Laatta oli porattaessa irronnut betonista ja liimattiin kiinni ennen ohuthieen valmistusta.

Pintalaatan betoni:

- Betonin yläpinnassa on karbonatisoitumista vain <1 mm:n verran.
- Betonissa esiintyy yleisesti epämääräisen muotoisia tiivistyshuokosia (\varnothing 0,05-5 mm). Ei esiinny varsinaista lisähuokostusta, eikä betonia voida nykyvaatimusten mukaisesti luokitella pakkasenkestäväksi kosteusrasituksessa.
- Huokostilojen täyteisyys on runsasta, sillä niissä esiintyy lähes säännönmukaisesti 0,05-0,25 mm paksuja ettringiitti- ja portlandiittitäytteitä. Täyteisyys indikoi runsaan kosteuden kulkeutumista betonissa.
- Vesisementtisuhteessa ja sementin hydrataatioasteessa esiintyy vaihteluja.
- Runkoaine on särmiltään pyöristyneistä rakeista koostuvaa luonnonsoraa/-hiekkaa, jossa pääkivilajeina ovat gneissi ja graniitti.
- Pintalaatan betonissa on ylimmän 3 mm:n paksuisessa pintavyöhykkeessä yhteensä 6 kpl pinnan tason suuntaisia, kalkkisuotautumia sisältäviä, 0,01-0,15 mm leveitä, 2-9 mm pitkiä halkeamia, jotka ovat pakkasrapautumisesta johtuvia. Klinkkerilaatan ja betonin kontaktipinnassa on runsaasti kalkkisuotautumakiteytyksiä, jotka indikoivat sitä, että klinkkerilaatta on itse rakenteessa käytännöllisesti katsoen irrallaan betonista. Näyteliieriö oli porattaessa katkennut myös 24 mm:n etäisyydeltä klinkkerilaatan pohjasta mitattuna. Katkoskohdassa seinämissä on hieman karbonatisoitumista, mikä indikoi sitä, että rakenteessa on tällä kohdalla oikea halkeama (todennäköisimmin myös pakkasrapautumisesta johtuva).

Näyte KS 4, sokkeli, ulkopinta

Näytteen pituus ohuthieessä on 73 mm (=ulottuvuus syvyys suunnassa).

Arto Koskiahde, FM / tj.

- Ulkopinnassa on hieman huokoisuutta sisältävä, 0,1-0,2 mm paksu maalipinnoite, jossa on havaittavissa vähän kuituja. Pinnoite on säilynyt pääosin ehjänä ja kiinni betonissa.
- Betoni on karbonatisoitunut ulkopinnasta 13-17 mm:n syvyyteen.
- Betonissa esiintyy harvakeen pyöreän muotoisia tiivistyshuokosia (\varnothing 0,05-2,5 mm). Ei esiinny lisähuokostusta, eikä betonia voida nykyvaatimusten mukaisesti luokitella pakkasenkestäväksi kosteusrasituksessa.
- Huokostilat ovat enimmäkseen täytteettömiä.
- Vesisementtisuhde ja sementin hydrataatioaste ovat tavanomaisia.
- Runkoaine on särmikkäistä ja särmiltään pyörityneistä rakeista koostuvaa luonnonsoraa/hiekkaa, jossa pääkivilajeina ovat gneissi ja graniitti. Sideaine-runkoainekontaktit ovat ehjiä.
- Betonissa on yksi ulkopinnasta lähtevä, pintaa vastaan kohtisuora, hyvin kapea (0,01-0,02 mm), 6 mm pitkä mikrohalkema, joka on todennäköisimmin seurausta betonin kuivumiskutistumisesta. Näytteessä ei havaittu pakkasrapautumiseen viittaavaa halkeilua.

Näyte KS 14, muuri, ulkopinta

Näytteen pituus ohuthieessä on 73 mm (=ulottuvuus syvyyssuunnassa).

- Ulkopinnassa on 5-8 mm paksu laastirappauspinnoite. Laastikerros on läpi karbonatisoitunut. Laastissa on yleisesti pieniä (enimmäkseen \varnothing <0,5 mm) pyöreän muotoisia, ja osin pallomaisiakin, ilmasulkeumia, ja ilman määrä on arviolta luokkaa 5-7 %. Huokosrakenteensa perusteella laastilla voidaan arvioida olevan pakkasenkestävyyttä. Sideaine on kalkin ja sementin seos. Graniittisen runkoaineen suurin raekoko ohuthienäytteessä on # 1 mm. Laastikerrosta rikkoo yksi ulkopinnasta lähtevä, kerroksen pohjan tuntumaan ulottuva, hyvin kapea (0,01-0,02 mm) kutistumamikrohalkema. Laastikerroksen ja betonin välinen kontakti on enimmäkseen ehjä.
- Betoni on karbonatisoitunut ulkopinnastaan 18-23 mm:n verran.
- Betonissa esiintyy harvakeen pyöreän muotoisia tiivistyshuokosia (\varnothing 0,05-3,5 mm). Ei esiinny lisähuokostusta, eikä betonia voida nykyvaatimusten mukaisesti luokitella pakkasenkestäväksi kosteusrasituksessa. Ulkopinnan tuntumassa on paikoin karkearakeisten runkoainerakeiden reunamilla pieniä pitkanomaisia huokostiloja, jotka ovat seurausta vedenerottumisesta tuoreessa betonissa.
- Huokostilojen täytteisyys vaihtelee täytteettömistä huokosista sellaisiin, joissa on 0,04 mm paksuja ettringiittitäytteitä. Täytteet indikoivat kosteuden kulkeutumista betonissa.
- Vesisementtisuhteessa on merkittävää vaihtelua ja paikoittain suhde on korkea. Sementin hydrataatioaste on tavanomainen.
- Runkoaine on särmikkäistä ja särmiltään pyörityneistä rakeista koostuvaa luonnonsoraa/hiekkaa, jossa pääkivilajeina ovat gneissi ja graniitti. Sideaine-runkoainekontakteissa on paikoin avoimuutta em. vedenerottumiskohdissa.
- Betonissa on yksi ulkopinnasta lähtevä, pintaa vastaan viistosti kulkeva, hyvin kapea (0,01-0,02 mm), 12 mm pitkä mikrohalkema, joka on todennäköisimmin seurausta betonin kuivumiskutistumisesta. Näytteessä ei havaittu pakkasrapautumiseen viittaavaa halkei-



Tekninen vastuuhenkilö:

TUTKIMUSSELOSTUS
Nro 101708, 22.10.2008

5 (14)

Arto Koskiahde, FM / tj.

lua.

Näyte KS 6, julkisivu, ulkopinta

Näytteen pituus ohuthieessä on 67-73 mm (=ulottuvuus syvyysuunnassa). Ohuthienäytteesä on mukana 27-33 mm paksu pinnoitettu rappaus, taustatiiltä sekä tiilien välistä muurauslaastia.

Rappaus:

- Ulkopinnassa on kahdesta osakerroksesta koostuva pinnoiteyhdistelmä. Päälimmäisenä on huokoinen, 0,1-0,9 mm paksu maalipinnoite. Maalissa on havaittavissa kuitumaisia ainesosia. Maalissa on kuitenkin mukana myös levymäisiä täytemineraaleja, joten ohuthienäytteessä kuitumaisena näkyvät partikkelit voivat olla poikkileikkauksia niistä, eivätkä välttämättä ole asbestia. Maali on enimmäkseen irrallaan alustastaan ja on lohkeillut pois 6 mm:n ja 5 mm:n pituisilta osuuksilta. Pohjimmaisena on enimmillään 0,4 mm:n paksuinen kalkkimaalikerros, jossa esiintyy pintaa vastaan kohtisuoraa kutistumamikrohalkeilua. Kalkkimaalia esiintyy katkonaisena kerroksena.
- Rappauksessa on havaittavissa kaksi osakerrosta.
- Pintalaastikerros on 4-10 mm:n paksuinen. Laastikerros on läpi karbonatisoitunut. Laasti on kalkin ja sementin seos (KS-suhde arviolta luokkaa 65...75/35...25?). Laastissa on harvakseen epämääräisen muotoisia ilmasulkeumia (\varnothing 0,05-2 mm). Lisäksi kerroksessa on kalkkirikkaille laasteille tyypillisiä, 0,05-0,10 mm leveitä, 0,5-1,0 mm pitkiä kutistumamikrohalkeamia, joista ei kuitenkaan muodostu yhtenäistä verkostoa. Ilman kokonaismäärä on arviolta luokkaa 3-5 %, joten huokosrakenteensa perusteella laastilla voidaan arvioida olevan jonkinasteista pakkasenkestävyyttä kosteusrasituksessa. Runkoaineena olevan graniittisen kiven suurin raekoko ohuthienäytteessä on # 2 mm. Hienofraktiossa on mukana myös vähän kalkkikiveä. Pintalaastin kontakti täyttölaastin kanssa on ehjä.
- Täyttölaastikerroksen rakenne ja ominaisuudet ovat samankaltaisia pintalaastin kanssa. Kalkkisementtisuhde vaikuttaa hieman korkeammalta kuin pintalaastissa ja ilman kokonaismäärä on korkeampi ollen arviolta luokkaa 10 %. Huokosrakenteensa perusteella laastilla voidaan arvioida olevan pakkasenkestävyyttä kosteusrasituksessa. Runkoaineena olevan graniittisen kiven suurin raekoko ohuthienäytteessä on # 4 mm. Kerroksessa esiintyy suhteellisen yleisesti kalkkirikkaille laasteille tyypillistä kutistumamikrohalkeilua, josta ei kuitenkaan juurikaan muodostu yhtenäistä verkostoa. Ei havaittu pakkasrapautumiseen viittaavaa halkeilua.
- Ei havaittu erillistä tartuntalaastikerrosta.
- Rappaus oli porattaessa katkennut 1,5-3,0 mm:n etäisyydeltä tiilen pinnasta ja lieriönäyte liimattiin yhteen ennen ohuthieen valmistamista. Rappauksen ja tiilen välisessä kontaktissa esiintyy hyvin kapeat, 2,5 mm:n ja 1,5 mm:n pituiset mikrohalkeamat.

Taustatiili ja muurauslaasti:

- Tiili on punainen, poltettu ja rei'itetty savitiili. Sahanpuruhuokosia esiintyy yleisesti. Graniittisen hiekan (raekoko # <1 mm) määrä on hieman keskimääräistä alhaisempi, mutta rae-

Arto Koskiahde, FM / tj.

kokojakauma on tavanomainen. Tiilessä ei ole lainkaan polton/kuivumisen yhteydessä syntyneitä tekstuurimikrohalkeamia. Pakkasenkestävyyden suhteen tiili kuuluu VTT:n julkaisun nro 1624 (1995) nelijakoisessa (halkeama)luokituksessa 0-luokkaan, eli parhaimpaan luokkaan.

- Muurauslaasti on läpi karbonatisoitunutta. Laasti on kalkin ja sementin seos. Laasti on keskimääräistä muurauslaastia tiiviimpää, sillä pienten ilmasulkeumien ja pienten kutistumamikrohalkeamien yhteismäärä on arviolta luokkaa 5-7 %. Graniittisesta kiviaineksesta koostuvan runkoaineen suurin raekoko ohuthienäytteessä on # 2 mm. Hienofraktiossa on mukana myös vähän kalkkikiveä. Kutistumamikrohalkeilua esiintyy jonkin verran, mutta kontaktit tiilen kanssa ovat kunnossa.

Näyte KS 7, julkisivu, ulkopinta

Näytteen pituus ohuthieessä on 69-73 mm (=ulottuvuus syvyys suunnassa). Ohuthienäytteessä on mukana 32-38 mm paksu pinnoitettu rappaus, taustatiiltä sekä tiilien välistä muurauslaastia.

Rappaus:

- Ulkopinnassa on kahdesta osakerroksesta koostuva pinnoiteyhdistelmä. Päälimmäisenä on huokoinen, 0,05-0,5 mm paksu maalipinnoite. Maalissa on havaittavissa kuitumaisia ainesosia. Maalissa on kuitenkin mukana myös levymäisiä täytemineraaleja, joten ohuthienäytteessä kuitumaisena näkyvät partikkelit voivat olla poikkileikkauksia niistä, eivätkä välttämättä ole asbestia. Maalikerros on ehjä ja pysynyt kiinni alustassaan. Pohjimmaisena on enimmillään 1,0 mm:n paksuinen kalkkimaalikerros, jossa esiintyy vain satunnaisia pinta vastaan kohtisuoria kutistumamikrohalkeamia. Kalkkimaali esiintyy katkonaisena kerroksena, mutta kontaktit rappauslaastin kanssa ovat kunnossa.
- Rappauksessa on havaittavissa kaksi osakerrosta.
- Pintalaastikerros on 7-12 mm:n paksuinen. Laastikerros on läpi karbonatisoitunut. Laasti on kalkin ja sementin seos (KS-suhde arviolta luokkaa 65...75/35...25?). Laastissa on harvakseen epämääräisen muotoisia ilmasulkeumia (Ø 0,05-1 mm). Lisäksi kerroksessa on kalkkirikkaille laasteille tyypillisiä, 0,05-0,25 mm leveitä, 0,5-2,0 mm pitkiä kutistumamikrohalkeamia, joista ei kuitenkaan muodostu yhtenäistä verkostoa. Ilman kokonaismäärä on arviolta luokkaa 3-5 %, joten huokosrakenteensa perusteella laastilla voidaan arvioida olevan jonkinasteista pakkasenkestävyyttä kosteusrasituksessa. Runkoaineena olevan graniittisen kiven suurin raekoko ohuthienäytteessä on # 3,5 mm. Hienofraktiossa on mukana myös vähän kalkkikiveä. Pintalaastin kontakti täyttölaastin kanssa on ehjä.
- Täyttölaastikerroksen rakenne ja ominaisuudet ovat osin samankaltaisia pintalaastin kanssa. Kalkkisementtisuhde on kuitenkin selkeästi korkeampi (KS-suhde arviolta luokkaa 90/10?) kuin pintalaastissa ja ilman kokonaismäärä on korkeampi ollen arviolta 10 %. Huokosrakenteensa perusteella laastilla voidaan arvioida olevan pakkasenkestävyyttä kosteusrasituksessa. Runkoaineena olevan graniittisen kiven suurin raekoko ohuthienäytteessä on # 4,5 mm. Kerroksessa esiintyy suhteellisen yleisesti kalkkirikkaille laasteille tyypillistä kutistumamikrohalkeilua, josta ei kuitenkaan juurikaan muodostu yhtenäistä verkostoa. Ei havaittu pakkasrapautumiseen viittaavaa halkeilua.

Arto Koskiahde, FM / tj.

- Ei havaittu erillistä tartuntalaastikerrosta.
- Rappaus oli porattaessa katkennut 0,1-8,0 mm:n etäisyydeltä tiilen pinnasta ja lieriönäyte liimattiin yhteen ennen ohuthieen valmistamista. Rappauksen ja tiilen välinen kontakti on säilynyt ehjänä.

Taustatiili ja muurauslaasti:

- Tiili on punainen, poltettu ja reiätetty (neliskanttiset reiät) savitiili. Sahanpuruhuokosia on yleisesti. Graniittisen hiekan (raekoko # <1,5 mm) määrä on hieman keskimääräistä alhaisempi, mutta raekokojakauma on tavanomainen. Tiilessä on vain 2 kpl reikien välisissä kannaksissa kulkevia kutistumamikrohalkeamia. Polton yhteydessä syntyneitä tekstuuri-mikrohalkeamia ei ole lainkaan. Pakkaskestävyyden suhteen tiili kuuluu VTT:n julkaisun nro 1624 (1995) nelijakoisessa (halkeama)luokituksessa 0-luokkaan, eli parhaimpaan luokkaan.
- Muurauslaasti on läpi karbonatisoitunutta. Laasti on kalkin ja sementin seos. Laastissa pienten ilmasulkeumien määrä on keskimääräinen ollen arviolta luokkaa 10 %. Graniittisesta kiviaineksesta koostuvan runkoaineen suurin raekoko ohuthienäytteessä on # 2,5 mm. Hienofraktiossa on mukana myös kalkkikiveä. Kutistumamikrohalkeilua esiintyy hyvin vähän ja kontaktit tiilen kanssa ovat kunnossa.

Näyte KS 8, laatta, alapinta

Näytteen pituus ohuthieessä on 30-34 mm (=ulottuvuus syvyys suunnassa). Ohuthienäytteessä on havaittavissa pinnoitettu korjausbetonikerros sekä kantavan laatan betonikerrosta.

Korjausbetoni:

- Alapinnassa on kahdesta osakerroksesta koostuva pinnoiteyhdistelmä. Päälimmäisenä on lähes tiivisrakenteinen, 0,05-0,15 mm paksu maalipinnoitekerros. Maalissa on havaittavissa lyhyitä kuitumaisia ainesosia, jotka saattavat olla asbestia. Maalikerrosta on jäljellä vain neljällä 1-3 mm:n pituisella osuudella ja sielläkin se on irrallaan alustastaan. Pohjimmaisena on enimmillään 0,3 mm:n paksuinen kalkkimaalikerros, jota esiintyy katkonaisesti ja jossa on yleisesti pintaa vastaan kohtisuoraa kutistumamikrohalkeilua.
- Korjausbetonikerroksen paksuus on ohuthienäytteessä 10-18 mm.
- Kerroksen pinnassa esiintyy karbonatisoitumista 3-7 mm:n verran.
- Betonissa esiintyy suhteellisen yleisesti pyöreän muotoisia ilmahuokosia (Ø 0,05-0,5 mm), jotka ovat ilmeisesti lisähuokostusaineella aikaansaatuja ja antavat kerrokselle pakkaskestävyyttä.
- Huokostilat ovat täytteettömiä.
- Vesisementtisuhde on tavanomainen, mutta sementin hydrataatioaste on keskimääräistä alhaisempi.
- Runkoaine on särmikkäistä ja särmiltään pyörityneistä rakeista koostuvaa luonnonsoraa/-hiekkaa. Pääkivilajeina ovat gneissi, graniitti ja amfiboliitti. Runkoaineen suurin raekoko ohuthienäytteessä on # 1,3 mm. Sideaine-runkoainekontaktit ovat ehjiä.
- Betonissa ei esiinny pakkasrapautumiseen eikä muihinkaan vaurioitumismekanismeihin

Arto Koskiahde, FM / tj.

viittaavaa halkeilua.

- Kontakti kantavan laatan betonin kanssa on ehjä.

Kantavan laatan betoni:

- Betoni on karbonatisoitunutta koko ohuthieessä mukana olevan 13-18 mm:n paksuisen kerroksen matkalla.
- Betonissa esiintyy harvakseen pallomaisia tiivistyshuokosia (\varnothing 0,05-2 mm). Ei havaittu lisähuokostusta, eikä betonia voida nykyvaatimusten mukaisesti luokitella pakkasenkestäväksi kosteusrasituksessa.
- Huokostilat ovat täytteettömiä.
- Vesisementtisuhte vaikuttaa keskimääräistä korkeammalta. Sementin hydrataatioaste on tavanomainen.
- Runkoaine on särmiltään pyörityneistä rakeista koostuvaa luonnonsoraa/-hiekkaa. Pääkilajeina ovat graniitti ja gneissi.
- Ohuthienäytteessä näkyvässä kerroksessa esiintyy 3-5 kpl pinnan tason suuntaisia, 0,01-0,06 mm leveitä, 3- >11 mm pitkiä mikrohalkeamia, jotka ovat seurausta betonin pakkasrapautumisesta.

Näyte KS 9, palkki, ulkopinta

Näytteen pituus ohuthieessä on 72 mm (=ulottuvuus syvyyssuunnassa).

- Ulkopinnassa on 2-4:stä osakerroksesta koostuva pinnoiteyhdistelmä. Päälimmäisenä on koko ohuthienäytteen levyisellä matkalla kahdesta lähes tiivisrakenteisesta osakerroksesta koostuva, 0,1-0,5 mm paksu maalipinnoite, jossa on havaittavissa vähän asbestia muistuttavia kuituja. Noin 16 mm:n matkalla maalin alla on hyvin ohut kalkkimaalikerros ja tämän alla enimmillään 1,5 mm:n paksuinen sementtislammaukselta näyttävä kerros. Osakerrokset ovat pysyneet kiinni toisissaan sekä pääosin myös betonissa.
- Betoni on karbonatisoitunut paljon, eli läpi koko ohuthienäytteen 72 mm:n syvyyteen asti.
- Betonissa esiintyy erittäin harvakseen tiivistyshuokosia (\varnothing 0,05-1 mm). Ei esiinny lisähuokostusta, eikä betonia voida nykyvaatimusten mukaisesti luokitella pakkasenkestäväksi kosteusrasituksessa.
- Huokostilat ovat täytteettömiä.
- Vesisementtisuhte on rakenteen huomioon ottaen korkea. Sementin hydrataatioaste on myös korkea.
- Runkoaine on särmiltään pyörityneistä rakeista koostuvaa luonnonsoraa/-hiekkaa, jossa pääkilajeina ovat gneissi ja graniitti.
- Betonissa esiintyy uloimman 1 mm:n paksuisessa pintavyöhykkeessä yhteensä 6 kpl kapeita (0,01-0,03 mm) ja lyhyitä (1-3 mm) mikrohalkeamia. Nämä voivat olla merkinä pintaosan alkavasta pakkasrapautumisesta. Syvemmällä näytteessä on kaikkiaan 3 kpl karkearakeisia runkoainerakeita ympäröiviä, erittäin kapeita (<0,01 mm), 5-13 mm pitkiä mikrohalkeamia, jotka voivat liittyä betonin kuivumiskutistumiseen tai alkavaan pakkasrapautumiseen.

Arto Koskiahde, FM / tj.

Näyte KS 15, julkisivu, ulkopinta

Näytteen pituus ohuthieessä on 66-72 mm (=ulottuvuus syvyysuunnassa). Ohuthienäytteessä on mukana 19-25 mm paksu pinnoitettu rappaus, taustatiiltä sekä tiilien välistä muurauslaastia.

Rappaus:

- Ulkopinnassa on kahdesta huokoisuutta sisältävästä osakerroksesta koostuva, yhteensä 0,1-2,2 mm paksu maalipinnoite. Maalissa on havaittavissa kuitumaisia ainesosia. Maalissa on kuitenkin mukana myös levymäisiä täytemineraaleja, joten ohuthienäytteessä kuitumaisena näkyvät partikkelit voivat olla poikkileikkauksia niistä, eivätkä välttämättä ole asbestia. Maalikerros on lohjennut pois 1 mm:n ja 0,5 mm:n pituisilta osuuksilta.
- Rappauksessa on havaittavissa kaksi osakerrosta.
- Pintalaastikerros on 4-10 mm:n paksuinen. Laastikerros on läpi karbonatisoitunut. Laasti on kokonaan sementtipohjaista. Laastissa on epämääräisen muotoisia ilmasulkeumia (\emptyset 0,05-1 mm) sekä pääpiirteissään pintaa vastaan kohtisuoran suuntaisia vedenerottumishuokosia. Ilman kokonaismäärä on arviolta luokkaa 5-10 %, joten huokosrakenteensa perusteella laastilla voidaan arvioida olevan jonkinasteista pakkasenkestävyyttä kosteusrasituksessa. Runkoaineena olevan graniittisen kiven suurin raekoko ohuthienäytteessä on # 4,5 mm. Hienofraktiossa on mukana myös vähän kalkkikiveä. Kerroksessa on muutamia hyvin pieniä kutistumamikrohalkeamia. Pintalaastin kontakti täyttölaastin kanssa on ehjä.
- Täyttölaastikerros on myös läpi karbonatisoitunut. Laasti on kalkkirikas kalkin ja sementin seos (KS-suhde arviolta luokkaa 80...90/20...10?). Ilman kokonaismäärä on arviolta luokkaa 10-15 % ja se koostuu epämääräisen muotoisista ilmasulkeumista sekä kalkkirikkaille laasteille tyypillisestä kutistumamikrohalkeilusta, josta ei kuitenkaan juurikaan muodostu yhtenäistä verkostoa. Ei havaittu pakkasrapautumiseen viittaavaa halkeilua.
- Ei havaittu erillistä tartuntalaastikerrosta.
- Rappaus oli porattaessa irronnut/murtunut aivan tiilen pinnan ja muurauslaastisauman tuntumasta ja lieriönäyte liimattiin yhteen ennen ohuthieen valmistamista. Rappauksen ja tiilen välillä on kuitenkin alun perin ollut tavanomainen määrä keskinäistä tartuntaa.

Taustatiili ja muurauslaasti:

- Tiili on punainen, poltettu ja rei'itetty (neliskanttiset reiät) savitiili. Sahanpuruhuokosia esiintyy yleisesti. Graniittisen hiekan (raekoko # <1 mm) määrä on hieman keskimääräistä alhaisempi, mutta raekokojakauma on tavanomainen. Tiilessä ei esiinny lainkaan polton/-kuivumisen yhteydessä syntyneitä tekstuurimikrohalkeamia. Pakkaskestävyyden suhteen tiili kuuluu VTT:n julkaisun nro 1624 (1995) nelijakoisessa (halkeama)luokituksessa 0-luokkaan, eli parhaimpaan luokkaan.
- Muurauslaasti on läpi karbonatisoitunutta. Laasti on kalkin ja sementin seos. Laastissa pienten ilmasulkeumien määrä on keskimääräistä selvästi alhaisempi ollen arviolta luokkaa 3-5 %. Graniittisesta kiviaineksesta koostuvan runkoaineen suurin raekoko ohuthienäytteessä on # 4 mm. Hienofraktiossa on mukana myös kalkkikiveä. Kutistumamikrohal-

Arto Koskiahde, FM / tj.

keilua esiintyy vähän. Kontaktia tiilen kanssa ei ole varsinaisesti lainkaan ja lisäksi sauman poikki kulkee kookas (0,80 mm leveä) halkeama noin 40 mm:n syvyydellä tiilen ulkopinnasta lukien.

Näyte KS 11, sokkeli, ulkopinta

Näytteen pituus ohuthieessä on 72 mm (=ulottuvuus syvyysuunnassa).

- Ulkopinnassa on suhteellisen tiivis, 0,1-0,2 mm paksu maalipinnoite, jossa on havaittavissa vähän kuituja. Maali on monin paikoin irrallaan alustastaan. Alustana on katkonaisena kerroksena kulkeva, enimmillään 0,4 mm paksu, kalkkisementtimaaliilta/slammaukselta näyttävä kerros, joka on pysynyt kiinni alustassaan.
- Maalipinnoitteen alla on kolmesta osakerroksesta koostuva, yhteensä 22-24 mm paksu laastitasoite. Kaksi päällimmäistä osakerrosta ovat karbonatisoituneita, mutta pohjimmainen on pääosin karbonatisoitumaton. Kaikki laastit ovat sementtilaasteja. Yhdessäkään osakerroksessa ei esiinny lisähuokostusta tai edes lähellekään pakkasenkestävyyden suhteen riittävää huokosrakennetta. Graniittisesta kivistä koostuvan runkoaineen suurin ohuthienäytteessä oleva raekoko on # 2 mm. Päällimmäinen, keskimäärin 9 mm:n paksuinen osakerros on kärsinyt varhaispakkasrasituksista, josta ovat osoituksena vaihtelevan suuntaisina kulkevat, enimmillään 0,10 mm leveät ja enimmillään 4 mm pitkät mikrohalkeamat. Lisäksi tämä kerros on ilmeisesti myös pakkasrasituksista johtuen jäänyt kokonaan irralleen allaolevasta laastista. Allaolevat kaksi laastikerrosta ovat muuten ehjiä ja kiinni alustoissaan, mutta niitä rikkoo yksi pinnan tasoa vastaan kohtisuora, 0,01-0,03 mm leveä, noin 14 mm pitkä (kutistuma)mikrohalkeama.
- Betonin pinnassa on jäänteinä laudoituksesta useita puunsälöjä.
- Betoni on karbonatisoitunut ulkopinnastaan 4-10 mm:n verran.
- Betonissa esiintyy epätasaisesti jakaantuneena tiivistyshuokosia (\varnothing 0,05-3,5 mm). Ei esiinny lisähuokostusta, eikä betonia voida nykyvaatimusten mukaisesti luokitella pakkasenkestäväksi kosteusrasituksessa.
- Huokostilat ovat enimmäkseen täytteettömiä.
- Vesisementtisuhde ja sementin hydrataatioaste ovat tavanomaisia.
- Runkoaine on särmikkäistä ja särmiltään pyörityneistä rakeista koostuvaa luonnonsoraa/hiekkaa, jossa pääkivilajeina ovat gneissi ja graniitti. Sideaine-runkoainekontaktit ovat ehjiä.
- Betonissa ei esiinny pakkasrapautumiseen eikä muihinkaan vaurioitumismekanismeihin viittaavaa halkeilua.

Näyte KS 16, julkisivu, ulkopinta

Näytteen pituus ohuthieessä on 66-74 mm (=ulottuvuus syvyysuunnassa). Ohuthienäytteessä on mukana 27-33 mm paksu pinnoitettu rappaus, taustatiiltä sekä tiilien välistä muurauslaastia.

Rappaus:

Arto Koskiahde, FM / tj.

- Ulkopinnassa on kahdesta huokoisuutta sisältävästä osakerroksesta koostuva, yhteensä 0,01-1,10 mm paksu maalipinnoite. Maalissa on havaittavissa vähän kuitumaisia ainesosia. Maalissa on kuitenkin mukana myös levymäisiä täytemineraaleja, joten ohuthienäytteessä kuitumaisena näkyvät partikkelit voivat olla poikkileikkauksia niistä, eivätkä välttämättä ole asbestia. Päällimmäisessä osakerroksessa on yleisesti pintaa vastaan kohtisuoraa kutistumahalkeilua, joka ei kuitenkaan läpäise alempaa osakerrosta. Pinnoite on pysynyt kiinni alustassaan.
- Rappauksessa on havaittavissa kaksi osakerrosta.
- Pintalaastikerros on 3-9 mm:n paksuinen. Laastikerros on läpi karbonatisoitunut. Laasti on sementtirikasta sementin kalkin seosta (KS-suhde arviolta luokkaa 10...20/90...80?). Laastissa on epämääräisen muotoisia ilmasulkeumia (Ø 0,05-1 mm) sekä pääpiirteissään pintaa vastaan kohtisuoran suuntaisia vedenerottumishuokosia. Ilman kokonaismäärä on arviolta luokkaa 10 %, joten huokosrakenteensa perusteella laastilla voidaan arvioida olevan jonkinasteista pakkasenkestävyyttä kosteusrasituksessa. Runkoaineena olevan graniittisen kiven suurin raekoko ohuthienäytteessä on # 4 mm. Hienofraktiossa on mukana myös vähän kalkkikiveä. Kerroksessa on harvakseen pieniä kutistumamikrohalkeamia. Pintalaastin kontakti täyttölaastin kanssa on ehjä.
- Täyttölaastikerros on myös läpi karbonatisoitunut. Laasti on kalkkirikas kalkin ja sementin seos (KS-suhde arviolta luokkaa 65...75/35...25?). Ilman kokonaismäärä on arviolta luokkaa 10-15 % ja se koostuu epämääräisen muotoisista ilmasulkeumista sekä kalkkirikkaille laasteille tyypillisestä kutistumamikrohalkeilusta, josta ei kuitenkaan juurikaan muodostu yhtenäistä verkostoa. Ei havaittu pakkasrapautumiseen viittaavaa halkeilua.
- Ei havaittu erillistä tartuntalaastikerrosta.
- Rappaus oli porattaessa irronnut tiilen pinnasta ja muurauslaastisaumasta ja lieriönäyte liimattiin yhteen ennen ohuthieen valmistamista. Rappauksen ja tiilen tartunta ei ole ollut paras mahdollinen, sillä ohuthienäytteessä olevan tiilen pinnasta noin puolet on sileää ja laastitonta.

Taustatiili ja muurauslaasti:

- Tiili on punainen, poltettu ja rei'itetty savitiili. Sahanpuruhuokosia esiintyy yleisesti. Graniittisen hiekan (raekoko # <1 mm) määrä on hieman keskimääräistä alhaisempi, mutta raekokojakauma on tavanomainen. Tiilessä ei esiinny lainkaan polton/kuivumisen yhteydessä syntyneitä tekstuurimikrohalkeamia. Pakkaskestävyyden suhteen tiili kuuluu VTT:n julkaisun nro 1624 (1995) nelijakoisessa (halkeama)luokituksessa 0-luokkaan, eli parhaimpaan luokkaan.
- Muurauslaasti on läpi karbonatisoitunutta. Laasti on kalkin ja sementin seos. Laastissa pienten ilmasulkeumien määrä on tavanomaista tasoa ollen arviolta luokkaa 10 %. Graniittisesta kiviaineksesta koostuvan runkoaineen suurin raekoko ohuthienäytteessä on # 2 mm. Hienofraktiossa on mukana myös kalkkikiveä. Laastissa ei esiinny halkeilua. Uloimman 13 mm:n pituisella osuudella tiilen ja muurauslaastin välissä on kookas ilmatasku. Syvemmillä aivan kontaktin tuntumassa kulkee koko ohuthienäytteen pituisella matkalla hyvin kapea (0,01-0,02 mm) mikrohalkeama. Tämä on voinut syntyä näytteenoton yhteydessä, koska mikrohalkeama ei kulje aivan kontaktissa, vaan hieman laastikerroksen puolella.



Tekninen vastuuhenkilö:

TUTKIMUSSELOSTUS
Nro 101708, 22.10.2008

12 (14)

Arto Koskiahde, FM / tj.

Näyte KS 17, julkisivu, ulkopinta

Näytteen pituus ohuthieessä on 59-73 mm (=ulottuvuus syvyysuunnassa). Ohuthienäytteessä on mukana julkisivutiiltä, tiilien välistä muurauslaastisaumaa sekä tämän pinnassa oleva saumauslaastikerros.

Tiili:

- Tiili on punainen, poltettu ja reiätetty savitiili. Sahanpuruhuokosia esiintyy yleisesti. Graniittisen hiekan (raekoko # <2 mm) määrä on selkeästi keskimääräistä alhaisempi, mutta raekokojakauma on tavanomainen. Suuri osa tiilestä on poltettaessa pääsyt sintrautumaan mustaksi. Tiilessä ei kuitenkaan juurikaan esiinny polton/kuivumisen yhteydessä syntyneitä tekstuurihalkeamia. Pakkaskestävyyden suhteen tiili kuuluu VTT:n julkaisun nro 1624 (1995) nelijakoisessa (halkeama)luokituksessa 0-luokkaan, eli parhaimpaan luokkaan.

Saumauslaasti ja muurauslaasti:

- Saumauslaastikerroksen paksuus on 14-16 mm. Laastikerros on läpi karbonisoitunut. Laasti on varsin harvarakenteista, sillä epämääräisen muotoisten huokostilojen määrä on arviolta luokkaa 20 %. Sideaine on kokonaan sementtiä. Graniittisesta kiviaineksesta koostuvan runkoaineen suurin raekoko ohuthienäytteessä on # 1,5 mm. Hienofraktiossa on mukana myös vähän kalkkikiveä. Kerroksessa ei esiinny halkeilua. Laasti oli porattaessa irronnut muurauslaastista ja liimattiin kiinni ennen ohuthieen valmistamista. Kontaktia tiileen ei ilmeisesti ole ollut alun perinkään, koska tiilen pinnassa ei ole lainkaan jäljellä saumauslaastia.
- Myös muurauslaasti on läpi karbonisoitunutta. Laasti on kalkkirikas kalkin ja sementin seos. Laastissa pienten pyöreän muotoisten, ja osin pallomaistenkin, ilmasulkeumien määrä on keskimääräistä selvästi alhaisempi ollen arviolta luokkaa 3 %. Graniittisesta kiviaineksesta koostuvan runkoaineen suurin raekoko ohuthienäytteessä on # 3 mm. Hienofraktiossa on mukana myös kalkkikiveä. Laastissa ei esiinny lainkaan halkeilua. Muurauslaastikin oli porattaessa irronnut tiilestä ja liimattiin kiinni ennen ohuthieen valmistusta. Laastijäänteiden vähäisyyden perusteella tartunta tiileen on ollut puutteellista.



Tekninen vastuuhenkilö:

TUTKIMUSSELOSTUS
Nro 101708, 22.10.2008

13 (14)

Arto Koskiahde, FM / tj.

LIITE 1

KARBONATISOITUMISSYVYYDET

Testausikä: -

Näytteet: betoniporalieriöt, halkaisija 50 mm

TUNNUS/ RAKENNE	karbonatisoitumissyvyys ulkopinta/alapinta, mm			karbonatisoitumissyvyys, sisäpinta/yläpinta, mm		
	minimi	keskiarvo	maksimi	minimi	keskiarvo	maksimi
KS 1 laatta		läpi	60	-	-	-
KS 2 laatta		läpi	50	-	-	-
KS 3 laatta	-	-	-	1	1	2
KS 4 sokkeli	15	18	21	-	-	-
KS 5 sokkeli	16	18	22	-	-	-
KS 8 laatta	3	5	6	-	-	-
KS 9 palkki	53	58	65	-	-	-
KS 10 palkki	57	61	68	-	-	-
KS 11 sokkeli	9	12	15	-	-	-
KS 12 sokkeli	12	16	19	-	-	-
KS 13 muuri	4	5	7	-	-	-
KS 14 muuri	3	4	5	-	-	-

VETOLUJUUSKOKEIDEN TULOKSET

Näytteet: betoniporalieriöt, halkaisija 50 mm

Menetelmä: SFS 5445 (ilman tiheysmäärittäystä)

Vetolaite: F15D EASY M2000

Testausikä: -

TUNNUS/ RAKENNE	VETO- NÄYTTEEN	VETO- LUJUUS	MURTOKOHTA/ ETÄISYYS PINNASTA (mm)
--------------------	-------------------	-----------------	---------------------------------------

Tämän tutkimusselostuksen osittainen kopiointi on kielletty ilman Betonialan Ohuthiekeskus FCM Oy:n kirjallista lupaa.
Betonialan Ohuthiekeskus FCM Oy puh. (09) 290 50070, gsm 050-530 2923 Y-tunnus 1713909-2
Nuijatie 25 B fax (09) 290 50071 Kotipaikka Helsinki
01650 Vantaa arto.koskiahde@ohuthiekeskus.com ALV rek.



Tekninen vastuhenkilö:

TUTKIMUSSELOSTUS
Nro 101708, 22.10.2008

14 (14)

Arto Koskiahde, FM / tj.

	PITUUS (mm)	MN/m ² (=Mpa)	
KS 3 laatta	98	0,2	100% betoni, n.90 mm yp:sta
KS 5 sokkeli	105	1,2	100% betoni, n.65 mm up:sta
KS 10 palkki	112	1,0	100% betoni, n.15 mm up:sta
KS 12 sokkeli	111	0,5	100% slammauksen ja betonin sauma, n. 20 mm up:sta
KS 13 muuri	76	1,3	100% betoni, n.10 mm up:sta

'yp'=yläpinta, 'up'=ulkopinta.