



Tekninen vastuuhenkilö:

TUTKIMUSSELOSTUS
Nro 040907, 20.04.2007

1 (12)

Arto Koskiahde, tj.

Tilaja: Aaro Kohonen Oy Koronakatu 2 02210 ESPOO	Tilaus: Teemu Männistö Saap.pvm: 29.03.2007
Kohde: Martinlaakson koulu	
Tehtävä: Betonin mikrorakennetutkimus ohuthieestä, 12 kpl; testauspvm. 19.-20.04.2007 Karbonatisoitumissyvyys liuosmenetelmällä, 48 kpl; testauspvm. 03.04.2007 Vetolujuustestaus, 12 kpl; testauspvm. 10.04.2007	

NÄYTTEET

Tilajaan toimittamina 24 kpl betonisia porausnäytelieriöitä halkaisijaltaan Ø 59 mm. Näytteet arvioitiin testauksiin soveltuviksi.

TUTKIMUKSET

Laboratoriossa kaikkien porauslierönäytteiden kyljestä tehtiin ensin karbonatisoitumissyvyyden määritykset liuosmenetelmällä soveltaen standardia *SS 13 72 42*.

Kahdestatoista näytteestä valmistettiin esi-impregnoitien jälkeen noin 75 mm (pituus) x 25 mm (leveys) x 0,025 mm (paksuus) kokoiset ohuthienäytteet, jotka tutkittiin polarisaatiomikroskoopilla. Tutkimuksissa noudatettiin soveltaen standardia *ASTM C 856-02*.

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

Betonin vetolujuuden määritykset tehtiin lieriön päiden tasauksen jälkeen loppuista 12:sta näytteestä soveltaen standardia *SFS 5445*.

TULOKSET

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



Tekninen vastuuhenkilö:

TUTKIMUSSELOSTUS
Nro 040907, 20.04.2007

2 (12)

Arto Koskiahde, tj.

OHUTHIETUTKIMUKSET

Näyte MK 1E, ulkopinta

Näytteen pituus ohuthieessä on 70-74 mm (=ulottuvuus syvyys suunnassa). Ohuthienäytteesä on 25-31 mm paksu kerros pesubetonia ja loput on taustabetonia.

Pesubetoni:

- Pesubetoni on karbonatisoitunut ulkopinnastaan 7-14 mm:n syvyyteen. Lisäksi karbonatisoitumista esiintyy pienempinä osa-alueina 26 mm:n syvyyteen.
- Betonissa on hyvin harvaksen tiivistyshuokosia (\varnothing 0,2-2 mm). Ei esiinny lisähuokostusta, eikä betonia voida nykyvaatimusten mukaisesti luokitella pakkasenkestäväksi kosteusrasituksessa.
- Huokostilat ovat täytteettömiä.
- Vesisementtisuhde ja hydrataatioaste vaikuttavat tavanomaisilta.
- Sekä karkearakeinen runkoaine että hienorakeinen runkoaine koostuvat kalkkikivimurskeesta. Raekokojakauma on pesubetonimassoille tyypillisesti epäjatkuva.
- Pesubetonikerroksessa esiintyy (alkavasta) pakkasrapautumisesta johtuvaa mikrohalkeilua. Keskimäärin 28 mm:n paksuisessa kerroksessa on 6 kpl pinnan tason suuntaisia, hyvin kapeita (0,01-0,02 mm), 2-6 mm pitkiä pakkasrapautumamikrohalkeamia.
- Kontakti taustabetonin kanssa on säilynyt enimmäkseen ehjänä.

Taustabetoni:

- Betonissa esiintyy harvaksen tiivistyshuokosia (\varnothing 0,05-1,5 mm). Ei havaittu lisähuokostusta, eikä betonia voida nykyvaatimusten mukaisesti luokitella pakkasenkestäväksi kosteusrasituksessa.
- Huokostilojen täytteisyys on runsasta, sillä niissä on säännönmukaisesti 0,05-0,15 mm paksuja, kehämäisiä, ettringiitin kaltaisia täytteitä. Täytteet indikoivat kosteuden kulkeutumista betonissa.
- Vesisementtisuhde ja hydrataatioaste vaikuttavat tavanomaisilta.
- Runkoaine on särmikkäistä ja särmiltään pyörityneistä rakeista koostuvaa luonnonsoraa/hiekkaa. Pääkivilajeina ovat amfiboliitti, gneissi ja graniitti.
- Taustabetonissakin esiintyy pakkasrapautumisesta johtuvaa mikrohalkeilua. Keskimäärin 43 mm:n paksuisessa kerroksessa on 10-14 kpl pinnan tason suuntaisia, yleisesti täytteitä sisältäviä, 0,01-0,04 leveitä, 1- >18 mm pitkiä pakkasrapautumamikrohalkeamia.

Näyte MK 3E, ulkopinta

Näytteen pituus ohuthieessä on 69-74 mm (=ulottuvuus syvyys suunnassa). Ohuthienäytteesä on 34-42 mm paksu kerros pesubetonia ja loput on taustabetonia.



Tekninen vastuuhenkilö:

TUTKIMUSSELOSTUS
Nro 040907, 20.04.2007

3 (12)

Arto Koskiahde, tj.

Pesubetoni:

- Pesubetoni on karbonatisoitunut ulkopinnastaan 8-15 mm:n syvyyteen.
- Betonissa esiintyy vain satunnaisia tiivistyshuokosia ($\varnothing < 1$ mm). Ei esiinny lisähuokostusta, eikä betonia voida nykyvaatimusten mukaisesti luokitella pakkasenkestäväksi kosteusrasituksessa.
- Huokostiloissa on paikoin enimmillään 0,05 mm paksuja täyte kiteytymiä.
- Vesisementtisuhde ja hydrataatioaste vaikuttavat tavanomaisilta.
- Sekä karkearakeinen runkoaine että hienorakeinen runkoaine koostuvat kalkkikivimurskeesta. Raekokojakauma on pesubetonimassoille tyypillisesti epäjatkuva.
- Pesubetonikerroksessa esiintyy yleisesti pakkasrapautumisesta johtuvaa mikrohalkeilua. Keskimäärin 38 mm:n paksuisessa kerroksessa on 12-13 kpl pinnan tason suuntaisia, osin täytteisiä, 0,01-0,05 mm leveitä, 2- >25 mm pitkiä pakkasrapautumamikrohalkeamia.
- Kontakti taustabetonin kanssa on säilynyt enimmäkseen ehjänä.

Taustabetoni:

- Betonissa esiintyy harvakeen tiivistyshuokosia ($\varnothing 0,05-1$ mm). Ei esiinny lisähuokostusta, eikä betonia voida nykyvaatimusten mukaisesti luokitella pakkasenkestäväksi kosteusrasituksessa.
- Huokostilojen täytteisyys on erittäin runsasta, sillä niissä esiintyy säännönmukaisesti 0,05-0,30 mm paksuja, kehämäisiä, ettringiitin kaltaisia täytteitä. Täytteet indikoivat runsaan kosteuden kulkeutumista betonissa.
- Vesisementtisuhde ja hydrataatioaste vaikuttavat tavanomaisilta.
- Runkoaine on särmikkäistä ja särmiltään pyörityneistä rakeista koostuvaa luonnonsoraa/hiekkaa. Pääkilvilajeina ovat amfiboliitti, gneissi ja graniitti.
- Taustabetonissakin esiintyy pakkasrapautumisesta johtuvaa mikrohalkeilua. Keskimäärin 43 mm:n paksuisessa kerroksessa on 6-8 kpl pinnan tason suuntaisia, yleisesti täytteitä sisältäviä, 0,01-0,03 mm leveitä, 1- >10 mm pitkiä pakkasrapautumamikrohalkeamia.

Näyte MK 5E

Näytteen pituus ohuthieessä on 62-65 mm (=ulottuvuus syvyyssuunnassa). Ohuthienäytteesä on 23-26 mm paksu kerros pesubetonia ja loput on taustabetonia. Ohuthie ulottuu läpi ulkokuoren.

Pesubetoni:

- Pesubetoni on karbonatisoitunut ulkopinnastaan 4-8 mm:n syvyyteen.
- Betonissa on suhteellisen yleisesti pieniä ($\varnothing 0,02-0,40$ mm) pallomaisia ilmahuokosia, jotka muistuttavat pakkasenkestävyyden suhteen jonkin verran puutteellista lisähuokostusta.
- Huokostilat ovat täytteettömiä.
- Vesisementtisuhde ja hydrataatioaste vaikuttavat tavanomaisilta.
- Sekä karkearakeinen runkoaine että hienorakeinen runkoaine koostuvat kalkkikivimurs-

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.
www.ohuthiekeskus.com

Arto Koskiahde, tj.

keesta. Raekokojakauma on pesubetonimassoille tyypillisesti epäjatkuva.

- Pesubetonikerroksessa ei esiinny halkeilua.
- Kontakti taustabetonin kanssa on ehjä.

Taustabetoni:

- Taustabetonin sisäpinnassa on karbonatisoitumista 1-4 mm:n verran.
- Betonissa esiintyy harvakseen tiivistyshuokosia (\varnothing 0,05-3 mm). Ei havaittu lisähuokostusta, eikä betonia voida nykyvaatimusten mukaisesti luokitella pakkasenkestäväksi kosteusrasituksessa.
- Huokostilojen seinämissä on monin paikoin 0,02-0,07 mm paksuja, kehämäisiä, ettringiitin kaltaisia täytteitä. Täytteet indikoivat kosteuden kulkeutumista betonissa.
- Vesisementtisuhde ja hydrataatioaste vaikuttavat tavanomaisilta.
- Runkoaine on särmikkäistä ja särmiltään pyörityneistä rakeista koostuvaa luonnonsoraa/hiekkaa. Pääkivilajeina ovat amfiboliitti, gneissi ja graniitti.
- Taustabetonissa esiintyy (alkavasta) pakkasrapautumisesta johtuvaa mikrohalkeilua. Keskimäärin 38 mm:n paksuisessa kerroksessa on 6-7 kpl pinnan tason suuntaisia, osin täytteitä sisältäviä, 0,01-0,02 mm leveitä, 1-7 mm pitkiä pakkasrapautumamikrohalkeamia.

Näyte MK SO 3, sokkeli

Näytteen pituus ohuthieessä on 56-60 mm (=ulottuvuus syvyys suunnassa).

- Ulkopinnassa on 0,1-1,0 mm paksu laastislammaus. Laasti on karbonisoitunutta. Siinä esiintyy yleisesti pieniä epämääräisen muotoisia ilmasulkeumia, joten laastilla voidaan arvioida olevan pakkasenkestävyyttä. Graniittisen runkoaineen enimmäisraekoko ohuthieessä on 0,5 mm, ja laastiin on sekoittuneena myös yleisesti sahanpurua. Sideainena on sementti. Kerros on enimmäkseen säilynyt ehjänä ja kiinni betonissa.
- Betoni on karbonisoitunut ulkopinnastaan vain 0,5-3,5 mm:n verran. Sisäpinnan puoleisessa päässä karbonisoitumista on näkyvissä 0-0,5 mm:n verran.
- Betonissa on vain <10 kpl tiivistyshuokosia. Ei ole lisähuokostusta, eikä betonia voida nykyvaatimusten mukaisesti luokitella pakkasenkestäväksi kosteusrasituksessa.
- Huokostiloissa on ettringiitin kaltaisia täytekietyymiä.
- Vesisementtisuhteessa esiintyy vaihtelua, mutta toisaalta sideaineen värisävyin muutokset voivat liittyä myös sideaineen liukenemisilmiöihin. Hydrataatioaste vaikuttaa tavanomaisesti.
- Runkoaine on särmikkäistä ja särmiltään pyörityneistä rakeista koostuvaa luonnonsoraa/hiekkaa, jossa pääkivilajeina ovat graniitti ja gneissi.
- Betoni on pitkälle edenneen pakkasrapautumisen heikentämää. Keskimäärin 58 mm:n paksuisessa kerroksessa esiintyy 17-22 kpl pinnan tason suuntaisia, osin täytteisiä, 0,01-0,15 mm leveitä, monin paikoin >25 mm pitkiä pakkasrapautumahalkeamia.

Näyte MK 7L



Tekninen vastuuhenkilö:

TUTKIMUSSELOSTUS
Nro 040907, 20.04.2007

5 (12)

Arto Koskiahde, tj.

Näytteen pituus ohuthieessä on 66-70 mm (=ulottuvuus syvyys suunnassa). Ohuthienäytteesä on 23-34 mm paksu kerros pesubetonia ja loput on taustabetonia. Ohuthie ulottuu läpi ulkokuoren.

Pesubetoni:

- Pesubetoni on karbonatisoitunut ulkopinnastaan 4-9 mm:n syvyyteen.
- Betonissa on suhteellisen yleisesti pieniä (\varnothing 0,02-0,50 mm) pallomaisia ilmahuokosia, jotka muistuttavat pakkasenkestävyyden suhteen hieman puutteellista lisähuokostusta.
- Huokostilat ovat täytteettömiä.
- Vesisementtisuhde ja hydrataatioaste vaikuttavat tavanomaisilta.
- Sekä karkearakeinen runkoaine että hienorakeinen runkoaine koostuvat kalkkikivimurskeesta. Raekokojakauma on pesubetonimassoille tyypillisesti epäjatkua.
- Pesubetonikerroksessa esiintyy kaikkiaan 5 kpl vaihtelevan suuntaisia, erittäin kapeita ($<0,01$ mm), 1-5 mm pitkiä mikrohalkeamia, jotka liittyvät lähinnä kuivumiskutistumiseen.
- Kontakti taustabetonin kanssa on ehjä.

Taustabetoni:

- Taustabetonin sisäpinnassa on karbonatisoitumista 5-9 mm:n verran.
- Betonissa esiintyy hyvin harvaksen pyöreän muotoisia tiivistyshuokosia (\varnothing 0,05-1,5 mm). Ei havaittu lisähuokostusta, eikä betonia voida nykyvaatimusten mukaisesti luokitella pakkasenkestäväksi kosteusrasituksessa.
- Huokostilat ovat enimmäkseen täytteettömiä.
- Vesisementtisuhde ja hydrataatioaste vaikuttavat tavanomaisilta.
- Runkoaine on särmikkäistä ja särmiltään pyörityneistä rakeista koostuvaa luonnonsora/hiekkaa. Pääkivilajeina ovat amfiboliitti, gneissi ja graniitti.
- Taustabetonissa esiintyy (alkavasta) pakkasrapautumisesta johtuvaa mikrohalkeilua. Keskimäärin 35 mm:n paksuisessa kerroksessa on 4-5 kpl pinnan tason suuntaisia, osin täytteitä sisältäviä, hyvin kapeita (0,01 mm), 1-13 mm pitkiä pakkasrapautumamikrohalkeamia.

Näyte MK 9L, ulkopinta

Näytteen pituus ohuthieessä on 71-74 mm (=ulottuvuus syvyys suunnassa). Ohuthienäytteesä on 39-51 mm paksu kerros pesubetonia ja loput on taustabetonia.

Pesubetoni:

- Pesubetoni on karbonatisoitunut ulkopinnastaan 6-12 mm:n syvyyteen. Lisäksi karbonatisoitumista esiintyy pienempinä osa-alueina 25 mm:n syvyyteen.
- Betonissa esiintyy yleisesti ja tasaisesti jakaantuneena pieniä (\varnothing 0,02-0,80 mm) pallomai-

Arto Koskiahde, tj.

sia ilmahuokosia, jotka edustavat pakkasenkestävyyden suhteen riittävää lisähuokostusta.

- Huokostilat ovat täytteettömiä.
- Vesisementtisuhde ja hydrataatioaste vaikuttavat tavanomaisilta.
- Sekä karkearakeinen runkoaine että hienorakeinen runkoaine koostuvat kalkkikivimurskeesta. Raekokojakauma on pesubetonimassoille tyypillisesti epäjatkuva.
- Pesubetonikerroksessa esiintyy kaikkiaan 5 kpl vaihtelevan suuntaisia, erittäin kapeita (<0,01 mm), 2-7 mm pitkiä mikrohalkeamia, jotka liittyvät kuivumiskutistumiseen.
- Kontakti taustabetonin kanssa on säilynyt ehjänä.

Taustabetoni:

- Sisäpinnan puoleisessa päässä ohuthienäytettä on näkyvissä karbonatisoitumista 0-1,5 mm:n verran.
- Betonissa esiintyy harvaksen tiivistyshuokosia (\varnothing 0,1-3,5 mm). Ei esiinny lisähuokostusta, eikä betonia voida nykyvaatimusten mukaisesti luokitella pakkasenkestäväksi kosteusrasituksessa.
- Huokostilojen seinämissä esiintyy paikoittain enimmillään 0,05 mm paksuja ettringiitin kaltaisia täytteitä.
- Vesisementtisuhteessa esiintyy pieniä vaihtelevaa. Hydrataatioaste vaikuttaa tavanomaiselta.
- Runkoaine on särmikkäistä ja särmiltään pyörityneistä rakeista koostuvaa luonnonsoraa/hiekkaa. Pääkivilajeina ovat amfiboliitti, gneissi ja graniitti.
- Sisäpinnan tuntumassa on 2 kpl pinnan tason suuntaisia, erittäin kapeita (<0,01 mm) ja lyhyitä (2-3 mm) mikrohalkeamia, jotka ovat ilmeisesti merkkeinä alkavasta pakkasrapautumisesta.

Näyte MK 11L

Näytteen pituus ohuthieessä on 70-72 mm (=ulottuvuus syvyys suunnassa). Ohuthienäytteesä on 19-35 mm paksu kerros pesubetonia ja loput on taustabetonia. Ohuthie ulottuu läpi ulkokuoren.

Pesubetoni:

- Pesubetoni on karbonisoitunut ulkopinnastaan 2-10 mm:n syvyyteen.
- Betonissa esiintyy pieniä (\varnothing 0,02-0,50 mm) pallomaisia ilmahuokosia, jotka muistuttavat pakkasenkestävyyden suhteen jonkin verran puutteellista lisähuokostusta.
- Huokostilat ovat täytteettömiä.
- Vesisementtisuhde ja hydrataatioaste vaikuttavat tavanomaisilta.
- Sekä karkearakeinen runkoaine että hienorakeinen runkoaine koostuvat kalkkikivimurskeesta. Raekokojakauma on pesubetonimassoille tyypillisesti epäjatkuva.
- Pesubetonikerroksessa esiintyy kaikkiaan 14 kpl vaihtelevan suuntaisia, enimmäkseen erittäin kapeita (<0,01 mm), 1-3 mm pitkiä mikrohalkeamia, jotka liittyvät lähinnä kuivu-

Arto Koskiahde, tj.

miskutistumiseen.

- Kontakti taustabetonin kanssa on ehjä.

Taustabetoni:

- Taustabetonin sisäpinnassa on karbonatisoitumista 5-7 mm:n verran.
- Betonissa esiintyy harvakseen pyöreän muotoisia tiivistyshuokosia (\varnothing 0,05-2,5 mm). Ei havaittu lisähuokostusta, eikä betonia voida nykyvaatimusten mukaisesti luokitella pakkasenkestäväksi kosteusrasituksessa.
- Huokostilojen seinämissä esiintyy 0,02-0,07 mm paksuja, ettringiitin kaltaisia täytteitä. Täytteet indikoivat kosteuden kulkeutumista betonissa.
- Vesisementtisuhde ja hydrataatioaste vaikuttavat tavanomaisilta.
- Runkoaine on särmikkäistä ja särmiltään pyörityneistä rakeista koostuvaa luonnonsoraa/hiekkaa. Pääkivilajeina ovat amfiboliitti, gneissi ja graniitti.
- Taustabetonissa esiintyy sisäpinnan tuntumassa (alkavasta) pakkasrapautumisesta johtuvaa mikrohalkeilua, joka koostuu kahdesta pinnan tason suuntaisesta, kapeasta (0,01-0,02 mm), 14 mm ja 8 mm pitkistä pakkasrapautumamikrohalkeamasta.

Näyte MK SO 1, sokkeli, ulkopinta

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

- Ulkopinnassa on vähäisiä jäänteitä laastislammaukselta vaikuttavasta pinnoitekerroksesta, jossa graniittisen runkoaineen enimmäisraekoko ohuthienäytteessä on 0,5 mm.
- Betoni on karbonatisoitunut ulkopinnastaan 7-12 mm:n syvyyteen. Lisäksi karbonatisoitumista esiintyy 0,1-2,0 mm:n levyisinä vyöhykkeinä yhden kookkaan halkeaman seinämissä 73 mm:n syvyyteen saakka.
- Betonissa on harvassa tiivistyshuokosia (\varnothing 0,05-8,5 mm). Ei ole lisähuokostusta, eikä betonia voida nykyvaatimusten mukaan luokitella pakkasenkestäväksi kosteusrasituksessa.
- Huokostiloissa on monin paikoin ettringiitin kaltaisia, enimmillään 0,12 mm paksuja täytekietyymiä. Täytteet indikoivat kosteuden kulkeutumista betonissa.
- Vesisementtisuhde ja hydrataatioaste vaikuttavat tavanomaisilta.
- Runkoaine on särmikkäistä ja särmiltään pyörityneistä rakeista koostuvaa luonnonsoraa/hiekkaa, jossa pääkivilajeina ovat graniitti, gneissi ja amfiboliitti.
- Näytteessä on yksi ulkopinnasta lähtevä, ohuthienäytteen toiseen päähän saakka ulottuva, pintaa vastaan kohtisuora halkeama, jota myöten porauslieriönäyte oli haljennut ja joka liittyy kiinni ennen ohuthieen valmistamista. Halkeama vaikuttaa syntyneen betoniin jo plastisessa vaiheessa. Lisäksi näytteessä on uloimman 0,5 mm:n paksuisessa pintavyöhykkeessä yhteensä 3 kpl pinnan suuntaisia, hyvin kapeita (0,01-0,02 mm) ja lyhyehköjä (2-5 mm) mikrohalkeamia, jotka voivat olla pintaan kohdistuneista pakkasrasituksista johtuvia. Syvemmällä näytteessä ei havaittu pakkasrapautumista.

Näyte MK 13P, ulkopinta

Arto Koskiahde, tj.

Näytteen pituus ohuthieessä on 67-73 mm (=ulottuvuus syvyysuunnassa). Ohuthienäyte koostuu kokonaan pesubetonimassasta.

- Pesubetoni on karbonisoitunut ulkopinnastaan 10-16 mm:n syvyyteen. Lisäksi karbonisoitumista esiintyy pienempinä osa-alueina 25 mm:n syvyyteen.
- Betonissa esiintyy suhteellisen harvakeen pieniä (\varnothing 0,02-0,80 mm) pallomaisia ilmahuokosia, jotka muistuttavat pakkasenkestävyyden suhteen puutteellista lisähuokostusta.
- Huokostilat ovat täytteettömiä.
- Vesisementtisuhde ja hydrataatioaste vaikuttavat tavanomaisilta.
- Sekä karkearakeinen runkoaine että hienorakeinen runkoaine koostuvat kalkkikivimurskeesta. Raekokojakauma on pesubetonimassoille tyypillisesti epäjatkuva.
- Pesubetonissa esiintyy kaikkiaan 21 kpl vaihtelevan suuntaisia, hyvin kapeita (0,01 mm), 1-11 mm pitkiä mikrohalkeamia, jotka liittyvät kuivumiskutistumiseen.

Näyte MK 17P, ulkopinta

Näytteen pituus ohuthieessä on 71-74 mm (=ulottuvuus syvyysuunnassa). Ohuthienäytteesä on 31-35 mm paksu kerros pesubetonia ja loput on taustabetonia.

Pesubetoni:

- Pesubetoni on karbonisoitunut ulkopinnastaan 7-11 mm:n syvyyteen.
- Betonissa esiintyy vain satunnaisia tiivistyshuokosia (\varnothing 0,1-2,5 mm). Ei esiinny lisähuokostusta, eikä betonia voida nykyvaatimusten mukaisesti luokitella pakkasenkestäväksi kosteusrasituksessa.
- Huokostilat ovat täytteettömiä.
- Vesisementtisuhde ja hydrataatioaste vaikuttavat tavanomaisilta.
- Sekä karkearakeinen runkoaine että hienorakeinen runkoaine koostuvat kalkkikivimurskeesta. Raekokojakauma on pesubetonimassoille tyypillisesti epäjatkuva.
- Pesubetonikerroksessa on yksi noin 4 mm:n syvyydellä pinnan tason suuntaisesti kulkeva, hyvin kapea (0,01-0,02 mm), >14 mm pitkä mikrohalkeama, joka on todennäköisesti alkavasta pakkasrapautumisesta johtuva. Lisäksi esiintyy kaikkiaan 18 kpl vaihtelevan suuntaisia, erittäin kapeita (<0,01 mm), 1- >6 mm pitkiä mikrohalkeamia, joista osa voi liittyä kuivumiskutistumiseen ja osa mahdollisesti alkavaan pakkasrapautumiseen.
- Kontakti taustabetonin kanssa on säilynyt pääosin ehjänä.

Taustabetoni:

- Betonissa esiintyy harvakeen tiivistyshuokosia (\varnothing 0,05-1 mm). Ei esiinny lisähuokostusta, eikä betonia voida nykyvaatimusten mukaisesti luokitella pakkasenkestäväksi kosteusrasituksessa.
- Huokostilojen täytteisyys on varsin runsasta, sillä niissä esiintyy säännönmukaisesti 0,05-0,15 mm paksuja, kehämäisiä, ettringiitin kaltaisia täytteitä. Täytteet indikoivat kosteuden kulkeutumista betonissa.

Arto Koskiahde, tj.

- Vesisementtisuhde ja hydrataatioaste vaikuttavat tavanomaisilta.
- Runkoaine on särmikkäistä ja särmiltään pyörityneistä rakeista koostuvaa luonnonsoraa/hiekkaa. Pääkivilajeina ovat amfiboliitti, gneissi ja graniitti.
- Taustabetonissa on yksi pinnan tason suuntainen, täytteen, hyvin kapea (0,01 mm), 10 mm pitkä pakkasrapautumamikrohalkeama. Lisäksi esiintyy 8 kpl vaihtelevan suuntaisia, erittäin kapeita (<0,01 mm), 1-2 mm pitkiä mikrohalkeamia, joista osa voi liittyä kuivumiskutistumiseen ja osa mahdollisesti alkavaan pakkasrapautumiseen.

Näyte MK 15I, ulkopinta

Näytteen pituus ohuthieessä on 68-74 mm (=ulottuvuus syvyys suunnassa). Ohuthienäytteesä on 34-38 mm paksu kerros pesubetonia ja loput on taustabetonia.

Pesubetoni:

- Pesubetoni on karbonatisoitunut ulkopinnastaan 5-10 mm:n syvyyteen.
- Betonissa esiintyy vain satunnaisia tiivistyshuokosia ($\varnothing < 0,5$ mm). Ei esiinny lisähuokostusta, eikä betonia voida nykyvaatimusten mukaisesti luokitella pakkasenkestäväksi kosteusrasituksessa.
- Huokostilat ovat pääosin täytteettömiä.
- Vesisementtisuhde ja hydrataatioaste vaikuttavat tavanomaisilta.
- Sekä karkearakeinen runkoaine että hienorakeinen runkoaine koostuvat kalkkikivimurskeesta. Raekokojakauma on pesubetonimassoille tyypillisesti epäjatkuva.
- Pesubetonikerroksessa on syvyysvälillä 2-7 mm pinnasta lukien 3 kpl pinnan tason suuntaisesti kulkevia, 0,01-0,08 mm leveitä, 8- >15 mm pitkiä mikrohalkeamia, jotka ovat pakkasrapautumisesta johtuvia. Lisäksi esiintyy kaikkiaan 17 kpl vaihtelevan suuntaisia, erittäin kapeita (<0,01 mm), 1-4 mm pitkiä mikrohalkeamia, joista osa voi liittyä kuivumiskutistumiseen ja osa mahdollisesti alkavaan pakkasrapautumiseen.
- Kontakti taustabetonin kanssa on säilynyt pääosin ehjänä.

Taustabetoni:

- Betonissa esiintyy harvaksen tiivistyshuokosia ($\varnothing 0,05-2$ mm). Ei esiinny lisähuokostusta, eikä betonia voida nykyvaatimusten mukaisesti luokitella pakkasenkestäväksi kosteusrasituksessa.
- Huokostilojen seinämissä esiintyy enimmillään 0,13 mm paksuja, ettringiitin kaltaisia täytteitä. Täytteet indikoivat kosteuden kulkeutumista betonissa.
- Vesisementtisuhde ja hydrataatioaste vaikuttavat tavanomaisilta.
- Runkoaine on särmikkäistä ja särmiltään pyörityneistä rakeista koostuvaa luonnonsoraa/hiekkaa. Pääkivilajeina ovat amfiboliitti, gneissi ja graniitti.
- Taustabetonissa esiintyy 4 kpl vaihtelevan suuntaisia, erittäin kapeita (<0,01 mm), 2-6 mm pitkiä mikrohalkeamia, joista osa voi liittyä kuivumiskutistumiseen ja osa mahdollisesti alkavaan pakkasrapautumiseen.



Tekninen vastuuhenkilö:

TUTKIMUSSELOSTUS
Nro 040907, 20.04.2007

10 (12)

Arto Koskiahde, tj.

Näyte MK 19

Näytteen pituus ohuthieessä on 59-71 mm (=ulottuvuus syvyysuunnassa). Ohuthienäytteesä on 48-52 mm paksu kerros pesubetonia ja loput on taustabetonia. Ohuthie ulottuu läpi ulkokuoren.

Pesubetoni:

- Pesubetoni on karbonatisoitunut ulkopinnastaan 2-7 mm:n syvyyteen.
- Betonissa ei esiinny käytännöllisesti katsoen lainkaan huokostiloja, millä perusteella betonia ei voida luokitella pakkasenkestäväksi kosteusrasituksessa.
- Vesisementtisuhde ja hydrataatioaste vaikuttavat tavanomaisilta.
- Sekä karkearakeinen runkoaine että hienorakeinen runkoaine koostuvat kalkkikivimurskeesta. Raekokojakauma on pesubetonimassoille tyypillisesti epäjatkua.
- Pesubetonikerroksessa on noin 40 mm:n syvyydellä 3 kpl pinnan tason suuntaisia, 0,01-0,03 mm leveitä, >4-23 mm pitkiä pakkasrapautumamikrohalkeamia. Lisäksi on 2 kpl ulkopinnasta lähteviä, pintaa vastaan kohtisuoria, hyvin kapeita (0,01 mm), 3-5 mm pitkiä kuivumiskutistumamikrohalkeamia.
- Kontakti taustabetonin kanssa on ehjä.

Taustabetoni:

- Taustabetonin sisäpinnassa on karbonatisoitumista 2-4 mm:n verran.
- Betonissa esiintyy harvakseen tiivistyshuokosia (\varnothing 0,05-4 mm). Ei havaittu lisähuokostusta, eikä betonia voida nykyvaatimusten mukaisesti luokitella pakkasenkestäväksi kosteusrasituksessa.
- Huokostilojen seinämissä on monin paikoin 0,02-0,07 mm paksuja, kehämäisiä, ettringiitin kaltaisia täytteitä. Täytteet indikoivat kosteuden kulkeutumista betonissa.
- Vesisementtisuhde ja hydrataatioaste vaikuttavat tavanomaisilta.
- Runkoaine on särmikkäistä ja särmiltään pyörityneistä rakeista koostuvaa luonnonsora/hiekkaa. Pääkivilajeina ovat amfiboliitti, gneissi ja graniitti.
- Taustabetonissa ei esiinny halkeilua.



Tekninen vastuuhenkilö:

TUTKIMUSSELOSTUS
Nro 040907, 20.04.2007

11 (12)

Arto Koskiahde, tj.

LIITE 1

KARBONATISOITUMISSYVYYDET

Testausikä: 33 v.

Näytteet: betoniporalieriöt, halkaisija 59 mm

TUNNUS/ RAKENNE	karbonatisoitumissyvyys ulkopinta/alapinta, mm			karbonatisoitumissyvyys, sisäpinta/yläpinta, mm		
	minimi	keskiarvo	maksimi	minimi	keskiarvo	maksimi
MK 1E, julkisivu	6	9	15	6	8	13
MK 2E, julkisivu	5	8	16	6	9	14
MK 3E, julkisivu	6	10	15	1	2	3
MK 4E, julkisivu	4	8	17	1	2	3
MK 5E, julkisivu	4	7	8	2	4	7
MK 6E, julkisivu	3	5	7	2	4	5
MK SO 3, sokkeli	1	2	6	1	1	2
MK SO 4, sokkeli	8	11	14	1	1	2
MK 7L, julkisivu	3	5	7	3	5	8
MK 8L, julkisivu	4	5	8	5	7	13
MK 9L, julkisivu	5	7	12	3	6	10
MK 10L, julkisivu	4	6	10	3	5	8
MK 11L, julkisivu	3	4	8	2	4	6
MK 12L, julkisivu	2	3	7	3	5	8
MK SO 1, sokkeli	5	8	15	1	1	2
MK SO 2, sokkeli	6	10	17	1	1	2
MK 13P, julkisivu	7	11	16	1	2	4
MK 14P, julkisivu	10	13	20	1	2	3

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.
www.ohuthiekeskus.com



Tekninen vastuuhenkilö:

TUTKIMUSSELOSTUS
Nro 040907, 20.04.2007

12 (12)

Arto Koskiahde, tj.

MK 17P, julkisivu	6	9	14	1	1	2
MK 18P, julkisivu	7	11	16	1	1	1
MK 15I, julkisivu	6	10	15	1	1	2
MK 16I, julkisivu	6	9	17	1	1	2
MK 19, julkisivu	4	5	8	1	2	3
MK 20, julkisivu	4	6	9	1	2	2

LIITE 2

VETOLUJUUSKOKEIDEN TULOKSET

Näytteet: betoniporalieriöt, halkaisija 59 mm
Menetelmä: SFS 5445 (ilman tiheysmäärittystä)
Vetolaite: F15D EASY M2000
Testausikä: 33 v.

TUNNUS/ RAKENNE	VETO- NÄYTTEEN PITUUS (mm)	VETO- LUJUUS MN/m ²	MURTOKOHTA/ ETÄISYYS PINNASTA (mm)
MK 2E, julkisivu	79	1,1	100% betoni, n.70 mm up:sta
MK 4E, julkisivu	78	0,1	100% pesubetoni, n.20 mm up:sta
MK 6E, julkisivu	64	2,5	100% betoni, n.60 mm up:sta
MK SO 4, sokkeli	65	0,1	100% betoni, n.15 mm up:sta
MK 8L, julkisivu	62	1,4	100% betoni, n.60 mm up:sta
MK 10L, julkisivu	78	2,8	100% pesubetoni, n.30 mm up:sta
MK 12L, julkisivu	63	3,2	100% pesubetoni, n.20 mm up:sta
MK SO 2, sokkeli	78	2,2	100% betoni, n.35 mm up:sta
MK 14P, julkisivu	68	2,3	100% pesubetoni, n.10 mm up:sta
MK 18P, julkisivu	88	0,8	100% pesubetoni, n.30 mm up:sta, teräs 5mm
MK 16I, julkisivu	80	0,7	100% pesubetoni, n.10 mm up:sta
MK 20, julkisivu	67	1,5	50% pesubetoni 50% tausta, n.40 mm up:sta

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.
www.ohuthiekeskus.com