



Martinlaakson koulu



Julkisivuelementtien kuntotutkimus

Vantaa

TUTKIMUSRAPORTTI
29.05.2007

P:\1920410\C5-Kuntotutkimukset\Tutkimusraportti_Martinlaakson koulu.doc

SISÄLLYSLUETTELO

1 TILAAJA, YHTEYSTIEDOT.....	3
2 TEHTÄVÄ.....	3
3 YLEISTÄ, KOHDE.....	3
4 KENTTÄTUTKIMUKSET.....	3
4.1 Menetelmät, yleistä.....	3
4.2 Kohteen visuaalisen tarkastuksen havainnot.....	4
4.3 Terästen betonipeitekerrosmittaukset.....	4
4.4 Näytteet ja näytteiden ottokohdat sekä rauditusmittausten sijainti.....	5
5 LABORATORIOTUTKIMUKSET.....	7
5.1 Yleistä.....	7
.....	7
5.2 Betonin karbonatisoituminen	7
5.3 Betonin vetolujuus.....	8
5.4 Ohuthietutkimukset.....	8
5.5 Betonin kloridipitoisuus.....	17
5.6 Saumamassojen PCB- ja Pb-määritysten tulokset.....	17
6 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET.....	18
7 TUTKIJAN KÄSITYS KORJAUSTAVASTA JA -AJANKOHDASTA.....	20
VIITEKIRJALLISUUS.....	21
LIITTEET	21

1 TILAAJA, YHTEYSTIEDOT

Tilaaaja: Vantaan kaupunki
Tilakeskus, talonsuunnittelu
Jouni Räsänen
Kielotie 13
01300 Vantaa

Konsultti: **Aaro Kohonen Oy**, Espoon toimisto

Teemu Männistö. puh. 09-887 9248
Kenttätutkimukset, 040-843 02 88
raportointi fax. 09-887 9231
E-mail: tma@ako.fi

2 TEHTÄVÄ

Tehtävänä oli tutkia Martinlaakson koulu julkisivujen tämänhetkinen kunto, korjaustarve sekä esittää käsitys korjaustavasta.
Tämä tutkimus käsitti :

- kenttätutkimuksia, raudoitusten peitekerrosmittaukset, porausnäytteiden otto, visuaalinen havainnointi ja valokuvaus.
- laboratoriotutkimuksia: näytteiden visuaalinen havainnointi, karbonatisoitumismääritykset vetolujuustestaukset sekä ohuthieanalyysit

3 YLEISTÄ, KOHDE

Tutkimuskohde on 1 kerroksinen moniosainen koulurakennus, jossa on pesubetonijulkisivut ja betoniset pinnoittamattomat betonisokkelit

4 KENTTÄTUTKIMUKSET

4.1 Menetelmät, yleistä

Kenttätutkimus suoritettiin 28.3.2007. Tutkimuksen suoritti RI Teemu Männistö. Tutkimusmenetelmät kenttätutkimuksessa olivat:

- kohteen yleispiirteinen visuaalinen tarkastelu
- tutkimuksen kohdentaminen pesubetonisiin julkisivuelementteihin
- raudoituksen betonipeitemittaukset sekä julkisivuelementeistä sokkelirakenteista

▪näytteiden oton ja raudoituksen betonipeitemittausten yhteydessä suoritettu julkisivuelementtien lähempi visuaalinen tarkastelu ja valokuvaus.

Kohteessa suoritettiin valittujen tutkimusalueiden lähempi tarkastelu, näytteidenotto sekä raudoituksen betonipeitemittaukset.

Näytteet "koodattiin" ja pakattiin välittömästi ilmatiiviisti teipillä suljettuihin muovipusseihin. Näytteenottokohtat paikattiin Fescon Oy:n Korjausbetonilla.

4.2 Kohteen visuaalisen tarkastuksen havainnot

- Eteläsivun sokkelit olivat paikoin hyvin matalat, pienimmillään alle 10 cm.
- Sokkelirakenteissa havaittiin pakkasrapautumaa ja raudoitteiden liian pienen peittokerroksen johdosta raudoitteiden korroosiota.
- Varsinkin eteläsivun julkisivuelementeistä oli muutamia silmin havaittavia halkeamia elementtien pinnassa, nämä johtunevat pakkasrapautumasta.
- Räystäsrakenteet eivät mahdollista yläpohjarakenteen tuulettumista, koska räystäspellit olivat lähes poikkeuksetta elementin ulkopinnassa kiinni.
- Lämmöneristeen paksuus vaihtelee 9,5 cm:stä 10,5 cm:iin
- Elementtien saumoista puuttui monin paikoin tuuletusputket.

4.3 Terästen betonipeitekerrosmittaukset

Terästen betonipeitekerrosten paksuusmittauksissa käytettiin Proceq, Profometer 5 terästen etäisyysmittaria.

Mittausalueet pyrittiin valitsemaan aina siten, että mittauslinjan kohdalle tuli porausnäytteiden ottokohta ja porausnäytteiden karbonatisoitumissyvyystulokset siten saatiin asetettua päällekkäin.

Kaikkiaan etäisyysmittauksia suoritettiin kahdeltatoista alueelta yhteensä 325 kpl

Kaikki mittaustulokset mittausalueittain, yksityiskohtaisesti on esitetty liitteessä 2.

4.4 Näytteet ja näytteiden ottokohdat sekä rauditusmittausten sijainti

Laboratoriotutkimuksia varten porattiin tutkittavista rakenteista näytteitä betonin mikrorakenteen, vetolujuuden, puristuslujuuden ja karbonatisoitumisen selvittämiseksi yhteensä 24 kpl. Kohteesta otetut näytteet porattiin \varnothing 60 mm:n poralieriöinä. Näytteet numeroitiin juoksevasti niiden ottojärjestyksen mukaan.

Porausnäytteet ottokohdat ja rauditusmittausmittausten sijainti:

Julkisivut

Näytteet **MK1 ja MK2** porattiin Eteläsivun idänpuoleisen sivun päästä noin 3.5 m:n korkeudesta. Rauditusmittaus **RM 10001** suoritettiin koko kaideelementin noin matkalta. Raudittemittauksia parvekkeen kaiteesta mitattiin yhteensä 28 kpl, rauditteisiin minimi etäisyys oli 23 mm ja maksimi 36 mm, keskiarvolla 31 mm.

Näyte **MK3 ja MK4** porattiin myös eteläsivulta ensimmäisen "sisäänvedon" seinästä länteen. Raudittemittaus **RM 10002** suoritettiin koko pieliseinän leveydeltä. Rauditteiden peittokerros etäisyydet olivat minimissään 21 mm ja maksimissaan 43 mm, keskiarvolla 30 mm. Raudittemittauksia suoritettiin 28 kpl

Näytteet **MK5 ja MK 6** otettiin eteläsivun länsipäästä noin neljänmetrin korkeudelta. Rauditusmittaus **RM 10003** suoritettiin ko. seinän osalta pystysuuntaan sekä vaakasuuntaan. Rauditteiden mittaustuloksia saatiin 65 kpl. Rauditteiden peittokerroksen minimietäisyys oli 23 mm ja maksimi 49 mm, peittokerroskeskiarvo oli tällä kohdalla 33 mm.

Näytteet **MK7 ja MK8** porattiin länsisivun eteläpäästä. Rauditusmittaus **RM 10004** mitattiin ko. seinän osalta, näytteenottokohdan molemminpuolin. Raudittemittauksia mitattiin yhteensä 28 kpl, rauditteisiin minimi etäisyys oli 20 mm ja maksimi 35 mm keskiarvon ollessa 26 mm.

Näytteet **MK 9 ja MK 10** porattiin länsisivun keskivaiheelta noin 3 m:n korkeudelta. Raudittemittaus **RM 10006** suoritettiin ko. seinän osalta. Rauditteiden peittokerros etäisyydet olivat minimissään 29 mm ja maksimissaan 40 mm, keskiarvolla 34 mm. Raudittemittauksia suoritettiin 20 kpl.

Näytteet **MK11 ja MK12** porattiin länsisivun pohjoispäästä. Rauditusmittaus **RM 10007** mitattiin ko. seinän osalta, näytteenottokohdan molemminpuolin. Raudittemittauksia mitattiin yhteensä 15 kpl, rauditteisiin minimi etäisyys oli 25 mm ja maksimi 42 mm keskiarvon ollessa 26 mm.

Näytteet **MK13 ja MK14** porattiin pohjoissivun länsipäästä. Raudoitusmittaus RM 10008 mitattiin ko. seinän osalta, näytteenottokohdan molemminpuolin. Raudoitemittauksia mitattiin yhteensä 16 kpl, raudoitteisiin minimi etäisyys oli 25 mm ja maksimi 38 mm keskiarvon ollessa 31 mm. Näytteenottokohdan eristepaksuun on 10,5 cm.

Näytteet **MK17 ja MK18** porattiin pohjoissivun itäpäästä noin 1.5m:n korkeudelta. Raudoitusmittaus RM 10010 mitattiin ko. seinän osalta, näytteenottokohdan molemminpuolin. Raudoitemittauksia mitattiin yhteensä 28 kpl, raudoitteisiin minimi etäisyys oli 34 mm ja maksimi 48 mm keskiarvon ollessa 39 mm. Näytteenottokohdan eristepaksuun on 9,0 cm.

Näytteet **MK15 ja MK 16** otettiin itäisivulta noin neljän metrin korkeudelta. Raudoitusmittaus **RM 10009** suoritettiin ko. seinän osalta pysty- sekä vaakasuuntaan. Raudoitteiden mittaustuloksia saatiin 38 kpl. Raudoitteiden peittokerroksen minimietäisyys oli 19 mm ja maksimi 62 mm, peittokerroskeskiarvo oli tässä otoksessa 37 mm.

Näytteet **MK19 ja MK 20** otettiin itäisivulta noin 1,5 m:n korkeudelta pihan puolelta. Raudoitusmittaus **RM 10011** suoritettiin ko. seinän osalta vaakasuuntaan koko näytteenottoseinän pituudelta. Raudoitteiden mittaustuloksia saatiin 21 kpl. Raudoitteiden peittokerroksen minimietäisyys oli 34 mm ja maksimi 48 mm, peittokerroskeskiarvo oli tässä otoksessa 41 mm.

Sokkelit

Näytteet sokkeleista SO 1 ja SO 2 otettiin eteläisivun sisäänvedon sokkelista, tämän sokkelin korkeus oli noin 35 cm. Näytteenotto kohta oli silmämääräisesti rapautunut ja raudoitteet olivat lähellä rakenteen ulkopintaa. Raudoitusmittaus **RM 10013** suoritettiin koko sokkelin pituudelta vaakasuuntaan. Raudoitteiden mittaustuloksia saatiin 12 kpl. Raudoitteiden peittokerroksen minimietäisyys oli 16 mm ja maksimi 57 mm, peittokerroskeskiarvo oli tässä otoksessa 33 mm.

Poranäytteet SO 3 ja SO 4 porattiin länsisivun korkeanosansokkelista. Tässä kohtaa oli sokkelissa halkeama, josta poratessa poranäyte halkesikin kahtia. Raudoitteiden mittaustuloksia saatiin 18 kpl. Raudoitteiden peittokerroksen minimietäisyys oli 7 mm ja maksimi 37 mm, peittokerroskeskiarvo oli tässä otoksessa 23 mm.

5 LABORATORIOTUTKIMUKSET

5.1 Yleistä

Ennen porausnäytteiden jakoa osanäytteisiin suoritettiin näytteiden visuaalinen tarkastus ja betonin karbonatisoitumissyvyyden määrittäminen lieriöiden kyljestä fenoliftaleiini-liuosta käyttäen. Visuaalisessa tarkastuksessa taltioitiin porausnäytteiden mitat, halkeamat, harvavalukohdat, näytteessä olevat teräksiset ym.

Näytteiden visuaalisessa tarkastuksessa todettiin mm. seuraavaa:

- o Julkisivujen ulkokuori oli näytteenottokohdista keskimäärin noin 70 mm paksu, pesubetoniosuus vaihteli 25 mm:stä koko näytteen paksuuteen
- o Eteläisivulta otetun sokkelinäyte halkesi porattaessa halkeaman kohdalta.
- o Julkisivujen raudoitteet olivat halkaisijaltaan 5 mm, ruosteaurioita ei silmä määräisesti havaittu.

5.2 Betonin karbonatisoituminen

Betonin karbonatisoitumissyvyys tutkittiin Ohuthiekeskus FCM Oy:ssa, kaikkien porausnäytteiden (24 kpl) kyljestä fenoliftaleiini-liuoksen avulla, soveltaen standardia SS 137242-1988. Lisäksi betonin karbonatisoituminen tutkittiin ohuthieistä (14 kpl). Ohuthietutkimus antaa tarkimman tuloksen betonin karbonatisoitumisesta, mutta vain valmistuskohdasta ja 25 mm:n levyiseltä alueelta (ohuthieen levyiseltä alueelta).

Karbonatisoitumistuloksista on todettavissa mm. seuraavaa:

Voidaan todeta, että sokkelirakenteiden keskimääräinen karbonatisoitumissyvyys 2...11 mm, minimisyvyyden ollessa 1...8 mm ja maksimissaan karbonatisoitumissyvyys oli 6 ja 17 mm Rakenteen karbonatisoitumissyvyydet on normaali arvo rakenteiden ikään nähden.

Julkisivuelementtien ulkokuoren karbonatisoitumissyvyys on eteläisivulla ulkopinnassa keskimäärin 5...10 mm:iin, ja ulkokuoren sisäpinnassa 2...9 mm:iin. Länsisivun näytteiden karbonatisoitumissyvyydet on ulkopinnassa keskimäärin 3...7 mm:iin ja sisäpinnassa 4...7 mm:iin. Pohjois- ja itäisivuilla keskimääräinen karbonatisoitumissyvyys on ulkopinnassa 5...13 mm:iin ja sisäpinnassa 1..2 mm:iin

Betonin karbonatisoitumista koskevat kaikki tulokset (porauslieriöiden kyljestä mitatut arvot on esitetty liitteessä 6. Ohuthietutkimuksessa saadut karbonatisoitumisarvot on esitetty ohuthietutkimuksen yhteydessä ja liitteessä 1.

5.3 **Betonin vetolujuus**

Betonin vetolujuusmääritykset tehtiin Betonialan Ohuthiekeskus FCM Oy:ssä. Vetolujuuden testaus suoritettiin standardin SFS 5445 mukaisesti, mutta ilman tiheysmääritystä. Vetolujuuskoekappaleiden halkaisija oli 50 mm. Vetolujuuskoekappaleiden sahauskohdat porausnäytteistä on esitetty liitteessä 3. Vetolujuustestauksia suoritettiin kaikkiaan 12 kpl. Näytteet olivat seuraavista kohteista:

-Sokkelirakenteet: SO 4 ja SO 2

-Julkisivu MK2E, MK4E, MK6E, MK8L, MK10L, MK12L, MK14P, MK18P, MK 16I ja MK20I.

Näytteiden betonin vetolujuus on 0,1...3,2 MN/m². Näytteiden MK4E, SO4, vetolujuustulokset olivat molemmissa 0,1 MN/m², joka tarkoittaa että rakenteessa on pitkälle edennyttä pakkasrapautumaa. Kahden poranäytteet osuus kaikista otetuista vetolujuusanalyysistä on 16 %, ja kun otetaan huomioon näytteet MK18P ja MK 16 I joiden vetolujuustulokset olivat 0,7 ja 0,8 MN/m² on kohteen otettujen vetolujuusanalyysien, joissa on jonkin verran tai pitkälle edennyttä rapautumaa 33,3 %.

Vetolujuustulokset on esitetty yksityiskohtaisesti liitteessä 3.

Julkaisun /1/ mukaan vetolujuuden ollessa luokkaa 0, näytteessä on pitkälle edennyttä rapautumaa ja vetolujuuden ollessa 0,5...1,0 MN/m², näytteessä on jonkinasteista rapautumaa; kun vetolujuus on luokkaa 1,5 MN/m² tai yli, näytteessä ei todennäköisesti ole merkittävää rapautumaa.

5.4 **Ohuthietutkimukset**

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

Näyte MK 1E, ulkopinta

Näytteen pituus ohuthieessä on 70-74 mm (=ulottuvuus syvyysuunnassa). Ohuthienäytteessä 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 (\emptyset 0,2-2 mm). Ei esiinny lisähuokostusta, eikä betonia voida nykyvaatimusten mukaisesti luokitella pakkasenkestäväksi kosteusrasituksessa.
- Huokostilat ovat täytteettömiä.
- 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 (\emptyset 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). Ohuthienäytteessä on 34-42 mm paksu kerros pesubetonia ja loput on taustabetonia.

Pesubetoni:

- Pesubetoni on karbonatisoitunut ulkopinnastaan 8-15 mm:n syvyyteen.
- Betonissa esiintyy vain satunnaisia tiivistyshuokosia (\emptyset <1 mm). Ei esiinny lisähuokostusta, eikä betonia voida nykyvaatimusten mukaisesti luokitella pakkasenkestäväksi kosteusrasituksessa.
- Huokostiloissa on paikoin enimmillään 0,05 mm paksuja täytekiteytymiä.
- 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 harvaksen tiivistyshuokosia (\emptyset 0,05-1 mm). Ei esiinny lisähuokostusta, eikä betonia voida nykyvaatimusten mukaisesti luokitella pakkasenkestäväksi kosteusrasituksessa.
- Huokostilojen täytteisyyden on erittäin runsasta, sillä niissä esiintyy säännönmukaisesti 0,05-0,30 mm paksuja, kehämäisiä, ettringiitin kaltaisia täytteitä. Täytteet indikoivat runsaan kosteuden kulkeutumista betonissa.
- 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 syvyys suunnassa). Ohuthienäytteessä on 23-26 mm paksu kerros pesubetonia ja loput on taustabetonia. Ohuthie ulottuu läpi ulkokuoren.

Pesubetoni:

- Pesubetoni on karbonisoitunut ulkopinnastaan 4-8 mm:n syvyyteen.
- Betonissa on suhteellisen yleisesti pieniä (\emptyset 0,02-0,40 mm) pallomaisia il-mahuokosia, jotka muistuttavat pakkasenkestävyyden suhteen jonkin verran puutteellista lisähuokostusta.
- Huokostilat ovat täytteettömiä.
- Pesubetonikerroksessa ei esiinny halkeilua.
- Kontakti taustabetonin kanssa on ehjä.

Taustabetoni:

- Taustabetonin sisäpinnassa on karbonisoitumista 1-4 mm:n verran.
- Betonissa esiintyy harvaksen tiivistyshuokosia (\emptyset 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.
- 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 karbonatisoitunutta. Siinä esiintyy yleisesti pieniä epämääräisen muotoisia ilmasulkeumia, joten laastilla voidaan arvioida olevan pakkasenkestävyyttä. Graniittisen runkoaineen enimmäisraekoko ohuthienäytteessä on 0,5 mm, ja laastiin on sekoittuneena myös yleisesti sahanpurua. Sideaineena on sementti. Kerros on enimmäkseen säilynyt ehjänä ja kiinni betonissa.
- Betoni on karbonatisoitunut ulkopinnastaan vain 0,5-3,5 mm:n verran. Sisäpinnan puoleisessa päässä karbonatisoitumista 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 täytekiteytymiä.
- Vesisementtisuhteessa esiintyy vaihtelua, mutta toisaalta sideaineen värisävyn muutokset voivat liittyä myös sideaineen liukenemisilmiöihin.
- Runkoaine on särmikkäistä ja särmiltään pyöristyneistä 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

Näytteen pituus ohuthieessä on 66-70 mm (=ulottuvuus syvyys suunnassa). Ohuthienäytteessä 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.

- 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 (Ø 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 luonnonsoraa/-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 syvyysuunnassa). Ohuthienäytteessä 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 (Ø 0,02-0,80 mm) pallomaisia ilmahuokosia, jotka edustavat pakkasenkestävyyden suhteen riittävää lisähuokostusta.
- 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 näkyvässä karbonatisoitumista 0-1,5 mm:n verran.

- Betonissa esiintyy harvaksen tiivistyshuokosia (\emptyset 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 pienipiirteistä vaihtelua. 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 syvyysuunnassa). Ohuthienäytteessä on 19-35 mm paksu kerros pesubetonia ja loput on taustabetonia. Ohuthie ulottuu läpi ulkokuoren.

Pesubetoni:

- Pesubetoni on karbonatisoitunut ulkopinnastaan 2-10 mm:n syvyyteen.
- Betonissa esiintyy pieniä (\emptyset 0,02-0,50 mm) pallomaisia ilmahuokosia, jotka muistuttavat pakkasenkestävyyden suhteen jonkin verran puutteellista lisähuokostusta.
- Huokostilat ovat täytteettömiä.
- Vesisementtisuhte 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 kuivumiskutistumiseen.
- Kontakti taustabetonin kanssa on ehjä.

Taustabetoni:

- Taustabetonin sisäpinnassa on karbonatisoitumista 5-7 mm:n verran.
- Betonissa esiintyy harvaksen pyöreän muotoisia tiivistyshuokosia (\emptyset 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.
- Vesisementtisuhte 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 pitkstä pakkasrapautumamikrohalkeamasta.

Näyte MK SO 1, sokkeli, ulkopinta

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

- Ulkopinnassa on vähäisiä jäänteitä laastisammukselta vaikuttavasta pinnoitekerroksesta, jossa graniittisen runkoaineen enimmäisraekoko ohuthienäytteessä on 0,5 mm.
- Betoni on karbonisoitunut ulkopinnastaan 7-12 mm:n syvyyteen. Lisäksi karbonisoitumista esiintyy 0,1-2,0 mm:n levyisinä vyöhykkeinä yhden kookkaan halkeaman seinämissä 73 mm:n syvyyteen saakka.
- Betonissa on harvassa tiivistyshuokosia (Ø 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 täyttekiteytymiä. Täytteet indikoivat kosteuden kulkeutumista betonissa.
- Vesisementtisuhde ja hydrataatioaste vaikuttavat tavanomaisilta.
- Runkoaine on särmikkäistä ja särmiltään pyöristyneistä rakeista koostuvaa luonnonsoraa/-hiekkaa, jossa pääkilajejoina 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 liimattiin 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. Syvemmillä näytteessä ei havaittu pakkasrapautumista.

Näyte MK 13P, ulkopinta

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 harvakseen pieniä (Ø 0,02-0,80 mm) pallo-maisia ilmahuokosia, jotka muistuttavat pakkasenkestävyyden suhteen puutteellista lisähuokostusta.

- 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 syvyys suunnassa). Ohuthienäytteessä on 31-35 mm paksu kerros pesubetonia ja loput on taustabetonia.

Pesubetoni:

- Pesubetoni on karbonatisoitunut 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.
- 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 harvaksen 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.
- Taustabetonissa on yksi pinnan tason suuntainen, täytteinen, 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). Ohuthienäytteessä 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 ($\emptyset < 0,5$ mm). Ei esiinny lisähuokostusta, eikä betonia voida nykyvaatimusten mukaisesti luokitella pakkasenkestäväksi kosteusrasituksessa.
- Pesubetonikerroksessa on syvyydsvälillä 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 ($\emptyset 0,05-2$ 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.
- 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.

Näyte MK 19

Näytteen pituus ohuthieessä on 59-71 mm (=ulottuvuus syvyyssuunnassa). Ohuthienäytteessä 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 epäjatkuva.
- Pesubetonikerroksessa on noin 40 mm:n syvyydellä 3 kpl pinnan tason suuntaisia, 0,01-0,03 mm leveitä, >4-23 mm pitkiä pakkasrapautumismikrohalkeamia. Lisäksi on 2 kpl ulkopinnasta lähteviä, pintaa vastaan kohtisuoria, hyvin kapeita (0,01 mm), 3-5 mm pitkiä kuivumiskutistumismikrohalkeamia.
- Kontakti taustabetonin kanssa on ehjä.

Taustabetoni:

- Taustabetonin sisäpinnassa on karbonatisoitumista 2-4 mm:n verran.
- Betonissa esiintyy harvaksen 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.
- Taustabetonissa ei esiinny halkeilua.

5.5 Betonin kloridipitoisuus

Betonin kloridipitoisuus määriteltiin Kiratek Oy:n laboratoriossa standardin SFS 5451 ohjeita noudattaen, liite 4.

Kaikkien otettujen näytteiden 0-20mm kloridi pitoisuus betonin painosta on vähemmän kuin 0,01 p-% .

Kloridipitoisuus (Cl^-) kaikissa näytteissä on enintään 0,01 p-% betonin painosta. Kloridikorroosioriski kaikissa tapauksissa merkityksetön, sillä julkaisun /2/ mukaan betonin kloridipitoisuuden (Cl^-) ollessa enintään 0,02 p-% betonin painosta, on kloridikorroosioriski merkityksetön; jos betonin kloridipitoisuus on 0,02...0,05 p-% betonin painosta, on alhainen korroosioriski; jos betonin kloridipitoisuus on 0,05...0,15 p-% betonin painosta, on keskiuuri korroosioriski ja jos betonin kloridipitoisuus on enemmän kuin 0,15 p-% betonin painosta, on suuri korroosioriski.

Kloridipitoisuusmääritysten tulokset on esitetty yksityiskohtaisesti liitteessä 4.

5.6 Saumamassojen PCB- ja Pb-määritysten tulokset

Saumaussmassan PCB- ja lyijypitoisuus tutkittiin Envitop Oy:ssä kolmesta saumaussmassanäytteestä etelä-, länsi ja pohjoissivulta. PCB-pitoisuus määritettiin Enzyme linked Immunosorbent Assay-menetelmällä (EIA). Lyijypitoisuus määritettiin NITON XLt 999-analysaattorilla. Näytteiden PCB-pitoisuus (mg/kg) on alle 50 ja näin ollen ei ylitä ympäristöviranomaisten määrittelemiä raja-arvoja. Lyijypitoisuus (mg/kg) on otetuissa näytteissä 13600-23300 mg/kg. Tämä ylittää viranomaisten antaman rajan joka on 1500 mg/kg. Lyijymäärän ollessa yli määritellyn raja-arvon on saumoja purettaessa huolehdittava siitä, etteivät ne sekoitu muihin jätteisiin tai leviä ympäristöön. Jätteet on toimitettava ongelmajäteasemalle hävitettäväksi.

PCB- ja Pb- määritysten tulokset on esitetty yksityiskohtaisesti liitteessä 6.

6 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Martinlaakson koulun julkisivujen kuntotutkimuksessa käytettiin betonin mikrorakennetutkimusta (ohuthietutkimusta) betonin kunnan määrittämisessä ja vaurioiden syiden selvittämisessä porausnäytteistä. Ohuthietutkimukset tehtiin kahdestatoista näytteestä, betonin vetolujuus testattiin myös kahdestatoista näytteestä, betonin kloridipitoisuus tutkittiin kolmesta näytteestä. Raudoitusten betonipeitepaksuuksia mitattiin parvekelaatoista, kaiteista sekä pie-liseinistä yhteensä kahdeltatoista alueelta ja mittaustuloksia oli yhteensä 325 kpl.

Ohuthietutkimus on erittäin luotettava tutkimusmenetelmä betonin pakkasenkestävyyden ja vaurioiden syiden selvittämisessä, jos näytteet edustavat tutkittavia rakenteita hyvin ja jos näytteiden määrä on riittävä. Pakkasenkestävyydestä ohuthietutkimuksella saatava tieto on lisäksi tarkka, sillä ohuthietutkimuksella voidaan tarvittaessa, epäselvissä tapauksissa tutkia mm. suojahuokosten välimatka (suojuhuokosten kriittinen etäisyys) ja ominaispinta-ala, joilla on erittäin suuri merkitys betonin pakkasenkestävyyttä tarkasteltaessa. Mikäli betonissa on vähän kapillaarihuokostiloja, betoni saattaa kestää jonkinasteista pakkasrasitusta, vaikka betonia ei olisi lisähuokostettu. Käytännössä ilman lisähuokostusta betoni ei kuitenkaan ole pakkasenkestävää ja pakkasenkestäväksi vaadittujen betonirakenteiden pakkasenkestävyys on nykyisin varmistettava betoninormin BY50-2004 mukaisesti. Betoninormissa BY50-2004 on esitetty betonin pakkasenkestävyyden toteaminen ohuthietutkimuksena (huokosjakomäärityksenä), mutta normissa on esitetty myös muutama muu hyväksytty menetelmä betonin pakkasenkestävyyden toteamiseksi.

Nyt tilattu ohuthietutkimus ei sisältänyt huokosjakomääritystä ja huokosten ominaispinta-alan määritystä pistelaskentaa käyttäen VTT TEST R003-00 mukaisesti. Pistelaskentaa varten tutkittavasta betonista täytyy olla 2 kpl ohuthieitä. Martinlaakson koulun julkisivujen tapauksissa ohuthieiden mikrokooppinen yleistarkastelu oli kuitenkin riittävä tutkimustapa, sillä tulkintaongelmia lisähuokostuksen suhteen ei esiintynyt. Ohuthieiden määrä oli riittävä ja ohuthieet edustivat riittävässä määrin tutkittuja rakenteita sekä niiden eri alueita.

Ohuthietutkimuksen perusteella **julkisivujen** pakkasenkestävyydestä voidaan todeta, että kaikissa tutkituissa tapauksissa julkisivujen ulkokuoren, sekä pesubetonin että taustabetonin betonissa ei esiinny lisähuokostusta ja näin ollen, betonia ei voida luokitella pakkasenkestäväksi kosteusrasituksessa. Ote-tuista poranäytteistä kuuden näytteen pintabetonissa oli pakkasrapautumaa joko pitkälle edennyttä tai alkavaa pakkasrapautumaa, neljän näytteen pinta-betonissa havaittiin kuivumisesta johtuvia halkeamia. Kahdeksan näytteen taustabetonissa havaittiin pakkasrapautumisesta aiheutuvaa halkeamaa eli 66 % otetuista poranäytteistä oli pakkasrapautunut taustabetonin osalta. Vain yhden poranäytteen pinta- tai taustabetonissa ei havaittu pakkasrapautumisen aiheuttamaa halkeilua.

Huokostilojen seinämissä on lähes jokaisessa näytteessä monin paikoin ettringiitin kaltaisia täytteitä. Täytteisyys indikoi kosteuden kulkeutumista betonissa. Tutkituissa tapauksissa betoni ei nykyvaatimusten mukaan ole pakkasenkestävää kosteusrasituksessa.

Betonin vetolujuus. Julkisivujen vetonäytteiden vetolujuudet vaihtelivat välillä 0,1...3,2 MN/m², neljässä poranäytteessä vetolujuus oli huonompi kuin 1,0 MN/m² joka tarkoittaa julkaisun /1/ mukaan on pitkälle edennyttä rapautumaa, tai jonkinasteista rapautumaa.

Saumamassojen pcb- ja lyijyanalyysit suoritettiin kolmesta näytteestä, kaikki otetut sisälsivät lyijyä yli viranomaisen määrittelemän raja-arvon. Tämä tarkoittaa, että korjaustyötä tehdessä on huolehdittava, ettei jäte sekoitu muuhun rakennusjätteeseen. Saumamassa on toimitettava ongelmajäteasemalle hävitettäväksi.

Betonin kloridipitoisuusmääritykset (Cl⁻) julkisivujenbetonista osoittavat, ettei ko. rakenteissa ole klorideja, koska kloridipitoisuus on enintään 0,01 % betonin painosta.

Betonin karbonatisoitumismääritysten ja terästen betonipeitemittausten tulosten samanaikaista tarkastelu osoittaa, että julkisivuista otettujen näytteiden mukaan betonin keskimääräinen karbonatisoitumissyys on 3...13 mm:iin ja maksimikarbonatisoitumissyys 7...20 mm. Terästen peittokerrospaksuudet, minimietäisyys on 9 mm ja maksimietäisyys on 62 mm, keskiarvoetäisyydellä 34 mm. Näin ollen raudoitteiden karbonisoinnista johtuvaa teräskorroosio ei ole todennäköinen.

Sokkelirakenteiden karbonatisoituminen oli keskimäärin edennyt 2...11 mm etäisyydelle, raudoitteista olivat karbonisoituneella alueella on raudoitteitausten mukaan 10 %. Tällä osin on oletettavaa että raudoitteissa voi olla teräskorroosiota.

Julkisivujen visuaalisessa tarkastuksessa todettiin paikoittain julkisivuelementtien pinnassa silminnähtäviä pakkasrapautumisesta johtuvaa halkeilua. Eteläsivulla havaittiin myös yksi törmäysvaurio, jossa elementin nurkasta puuttui elementin pala. Elementtien saumat ovat osittain erittäin huonossa kunnossa, joten on mahdollista että sadevedet on päässyt seinärakenteisiin. Saumauksien risteyksistä puuttuvat tuuletusputket. Katon ja seinän yläreunan liittymäkohdassa ei ole myrskypeltiä. Tämä pelti ei mahdollista räystään tuulettumista.

7 TUTKIJAN KÄSITYS KORJAUSTAVASTA JA -AJANKOHDASTA

Sokkeli, otetuista näytteissä betonissa ei havaittu suojahuokostusta, ja näin ollen betoni ei ole pakkasenkestävää kosteusrasituksessa. Länsisivulta otetussa poranäytteessä havaittiin pitkälle edennyttä pakkasrapautumaa. Eteläisivun sokkelin halkeama on syntynyt jo plastisessa vaiheessa juuri ennen rakenteen kovettumista.

Sokkelin korjaus kuten julkisivukin, tehtävänä on sokkelin ulkokuoren betonin pakkasenkestävyyden lisääminen sekä sokkelin pintaan imeytyvän kosteusrasituksen pienentäminen, sokkelin ylitasoitukseen tulee käyttää polymeerimodifioitua, pakkasenkestävää ja karbonatisoitumista hidastavaa tiivistyslaastia + vastaavia ominaisuuksia omaa maalipinnoitetta käyttäen.

Julkisivujen korjauksen pääasiallisena tehtävänä on julkisivujen ulkokuoren betonin pakkasenkestävyyden lisääminen, koska julkisivuelementtien ulkokuori ei ole nykyäskäytön mukaan pakkasenkestävää ja seinärakenteen ulkokuori on suurelta osin pakkasrapautumisen vaurioittama.

Julkisivurakenteiden korjaamiseen ehdotamme pakkasrapautumisen etenemisen keskeyttämiseen julkisivujen lisälämmöneristystä ja lämpörappausta tai rakentamalla lisälämmöneristeen päälle tuulettuva levy/pinnoite rakenne. Samalla kun julkisivut uusitaan on myös räystäsrakenteet uusittaan.

ESPOOSSA 29.5.2007

AARO KOHONEN OY
Asiantuntijapalvelut, korjaussuunnittelu

Teemu Männistö
Projektipäällikkö, RI

Raportin hyväksyjä:

Aki Meuronen, tekn. lis

VIITEKIRJALLISUUS

- /1/ Betonijulkisivun kuntotutkimus, BY 42, 2002
/2/ Repair of concrete damaged by reinforcement corrosion, Concrete Society Technical Report No. 26, London 1985

LIITTEET

- 1Valokuvia kohteesta, näytteenottokohdista ja vaurioista, 10 kpl.
2Raudoitusten betonipeitekerrosmittausten tulokset, 15 s.
3Ohuthietutkimuksen ja vetolujuuskokeiden tulokset , 9 s.
4Kloridipitoisuuden määrittämisen tulokset, 2 s.
5Porausnäytteiden visuaalisen tarkastuksen havainnot, 14 s.
6Pcb- ja lyijyanalyyssiraportti, 1 s.