



Pallastunturintien koulu

01280 Vantaa

**JULKISIVUJEN BETONIRAKENTEIDEN
KUNTOTUTKIMUS**



**TUTKIMUSRAPORTTI
20.11.2007**

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.....	6
5.1 Yleistä.....	6
.....	6
5.2 Betonin karbonatisoituminen	6
5.3 Betonin vetolujuus.....	7
5.4 Ohuthietutkimukset.....	7
6 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET.....	19
7 TUTKIJAN KÄSITYS KORJAUSTAVASTA JA -AJANKOHDASTA.....	21
VIITEKIRJALLISUUS.....	22
LIITTEET	22

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 selvittää Pallastunturintienkoulun julkisivujen tämänhetkinen kunto, korjaustarve sekä esittää käsitys korjaustavasta.
Tämä tutkimus käsitti :

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

3 YLEISTÄ, KOHDE

Tutkimuskohde on 1979 valmistunut tiilipintainen elementtijulkisivuinen koulurakennus. Päärakennus on pääosin yksikerroksinen.

4 KENTTÄTUTKIMUKSET

4.1 Menetelmät, yleistä

Kenttätutkimus suoritettiin 17.09.2007. Tutkimuksen suoritti RI Teemu Männistö. Tutkimusmenetelmät kenttätutkimuksessa olivat:

- kohteen yleispiirteinen visuaalinen tarkastelu
- tutkimuksen kohdentaminen tiilipintaisiin betonirunkoisiin julkisivuelementteihin

- raudoituksen betonipeitemittaukset julkisivuelementeistä ja paikallavalusokkeleista.
- näytteiden oton ja raudoituksen betonipeitemittausten yhteydessä suoritettu parvekerakenteiden lähempi visuaalinen tarkastelu ja valokuvaus.

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

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

4.2 Kohteen visuaalisen tarkastuksen havainnot

- Julkisivuelementtien tiilipinnoilla on runsaasti rapautumaa.
- Julkisivujen betonisissa pystyosissa ovat raudoitteet osittain niin lähellä ulkopintaa että karbonatisoitumisesta johtuen raudoitteet ovat ruostuneet ja aiheuttaneet pinnan halkeilua.
- Rakennuksen sokkelit ovat paikallavalettuja betonisokkeleita, raudoitteet ovat paikoitta hyvin lähellä rakenteen ulkopintaa.

4.3 Terästen betonipeitekerrosmittaukset

Terästen betonipeitekerrosten paksuusmittauksissa käytettiin Proceq, Profometer 5 terästen etäisyysmittaria.

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

Kaikkiaan etäisyysmittauksia suoritettiin kahdeksalta alueelta yhteensä 296 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 22 kpl. Kohteesta otetut näytteet porattiin \varnothing 50 mm:n poralieriöinä. Näytteet numeroitiin juoksevasti niiden ottojärjestyksen mukaan.

Porausnäytteet ottokohdat ja rauditusmittausmittausten sijainti:

Itäsivu

Näytteet **PT I1** ja **PT I2** porattiin itäsivun korkean osan seinältä. Tämän osan rauditusmittaus tallennettiin tunnuksella **RM 10001**. Mittaus suoritettiin koko elementin pituudelta, josta näyte porattiin, mittauksia mitattiin yhteensä 25 kpl. Raudoitteisiin minimi etäisyys oli 30 mm ja maksimi 55 mm, keskiarvolla 36 mm. **PT I3** ja **PT I4** porattiin itäsivun matalalta puolelta (itäsiipi), rauditusmittaukset **RM 10006** suoritettiin kahden elementin leveydeltä. Rauditusmittauksia suoritettiin 38 kpl, peittokerros etäisyydet olivat minimissään 33 mm ja maksimissaan 50 mm, keskiarvolla 39 mm.

Eteläsivu

Tältä sivulta poranäytteet otettiin korkean osan sivulta sekä sokkelista ja itäsiiven sisäänkäynnin vierestä.

Näytteet **PT E1**, **PT E2**, **PTE3** ja **PTE4** otettiin korkean osan tiilipintaiselta osalta ja **PTE5** ja **PTE6** porattiin saman sivun paikallavalu sokkelista. Rauditusmittaus **RM 10002** suoritettiin julkisivun koko leveydeltä ja korkeussuunnassa koko tiilipintaisen osan mitalta. Peittokerrosetäisyydet on minimissään 21 mm ja maksimietäisyys on 53 mm keskiarvosyvyydellä 38 mm, mittauksia yhteensä tältä sivulta saatiin 51 kpl.

Länsisivu

Länsisivun poranäytteet otettiin korkean osan yläosasta **PT L1**, **PT L2** ja **PT L3**, **PT L4** sekä paikallavalusokkeliosalta **PT L5** ja **PT L6**.

Rauditusmittaus **RM 10003** suoritettiin julkisivun yläosan koko leveydeltä tiilipintaisen osan mitalta. Peittokerrosetäisyydet on minimissään 18 mm ja maksimietäisyys on 44 mm, mittauksia yhteensä tältä sivulta saatiin 52 kpl.

Sokkelirakenteiden peitekerrosmittauksia **RM 10004** mitattiin yhteensä 31 kpl. Raudoitteet olivat peittokerrosetäisyyksillä, minimi 26 mm ja maksimietäisyydellä 51 mm, keskiarvoetäisyyden ollessa 34 mm.

Pohjoissivu

Pohjoissivun näytteet PT P1 ja PT P2 otettiin korkean osan julkisivusta. Tästä raudoitemittaus mitattiin tunnuksella **RM 10005**. Raudoitteiden minimietäisyys oli 20 mm ja maksimietäisyys 47 mm.

Matalan osan julkisivunauhasta ikkunanyläpuolelta porattiin poralieriöt tunnuksella PT P3 ja PT P4, raudoitemittaus mitattiin kahden ikkunannauhaelementin pituudelta tunnuksella **RM 10007** yhteensä 28 kpl. Peitekerroksitausten keskiarvoetäisyyden ollessa 34 mm, minimi- ja maksimietäisyyksien ollessa 27mm ja 38 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 teräskaset ym.

Näytteiden visuaalisessa tarkastuksessa todettiin mm. seuraavaa:

- Pohjoissivun näytteessä P2 oli taustabetonissa valuvirhe, taustan betoni oli osittain ohuempi kuin muualla.
- Betoniosan maksimiraekoot vaihtelivat 10 mm:stä 16 mm:iin

5.2 Betonin karbonatisoituminen

Betonin karbonatisoitumissyvyys tutkittiin Betonialan Ohuthiekeskus FCM Oy:ssa, kaikkien porausnäytteiden (23 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 julkisivuelementtien takapinnan keskimääräinen karbonatisoitumissyvyys (2...10 mm) on normaali arvo rakenteiden ikään nähden. Ja tiililaatan puolella karbonatisoituminen on edennyt 2... 10 mm:iin

Paikallavalusokkelit ovat karbonatisoituneet 6... 15 mm:iin

Sokkeleiden raudoitteet ovat paikoittain hyvin lähellä ulkopintaa, ja tämä on aiheuttanut raudoitteiden korroosion; etenkin korkeanosan pohjoissivulla on runsaasti teräksiä lähellä ulkopintaa.

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 16 kpl. Näytteet olivat seuraavista kohteista:

- itäsivu: 2 kpl
- Länsisivu : 3 kpl
- Eteläsivu 3 kpl
- Pohjoissivu 2 kpl

Näytteiden (9 kpl) betonin vetolujuus on 1,7...3,5 MN/m². Tiililaatasta otetut vetolujuudet olivat luokkaa 0,2 ...1,0 MN/m². Tämä tarkoittaa että tiililaatassa on tapahtunut jo pakkasrapautumaa.

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 PT I2, julkisivuelementti, ulkopinta

Näytteen pituus ohuthieessä on 72-73 mm (=ulottuvuus syvyysuunnassa). Hienäytteessä on näkyvissä tiililaattaa ja taustabetonikerrosta.

Tiililaatta:

- Tiililaattaa on näkyvissä 19-33 mm:n paksuinen poikkileikkaus, jossa laatan pohja on puoliympyrän muotoisista pinnoista koostuva. Tiili on punainen, poltettu savitiili. Sahanpuruhuokosia tiilessä ei esiinny lainkaan. Graniittisen hiekkarunkoaineen raekoko (enimmäisraekoko hienäytteessä # 0,5 mm) ja määrä on tavanomainen. Tiilessä on runsaasti pieniä (0,01-0,05 mm leveitä, 0,1-1,0 mm pitkiä) polton/kuivumisen yhteydessä syntyneitä tekstuurimikrohalkeamia. Pakkaskestävyyden suhteen tiili

kuuluu VTT:n julkaisun nro 1624 (1995) nelijakoisessa (halkeama)luokituksessa 2-luokkaan, eli toiseksi huonoimpaan luokkaan.

- Tiilessä ei havaittu käytönaikaista halkeilua.
- Tiililaatta on kiinnitetty suoraan betoniin. Tiililaatan ja betonin välisessä kontaktissa kulkee noin 8 mm:n matkalla erittäin kapea (<0,01 mm) mikrohalkeama.

Taustabetoni:

- Betonissa on karbonatisoitumista tiililaatan alla 3-10 mm:n verran.
- Betonissa esiintyy yleisesti pieniä (\emptyset 0,02-0,80 mm) pallomaisia il-mahuokosia, jotka edustavat pakkasenkestävyyden suhteen alun perin riittävää lisähuokostusta. Lisäksi esiintyy muutamia kook-kaampia (\emptyset 1-4,5 mm) tiivistyshuokosia.
- Huokostilojen seinämissä on monin paikoin kehämäisiä, 0,01-0,03 mm paksuja, ettringiittiä muistuttavia täytekiteytymiä. Täytteet indikoivat kosteuden kulkeutumista betonissa.
- Vesisementtisuhde ja sementin hydrataatioaste vaikuttavat tavan-omaisilta.
- Runkoaine on särmiltään pyöristyneistä rakeista koostuvaa luon-nonsoraa/-hiekkää. Runkoaine on keskimääräistä hienorakeisem-paa, sillä suurin rae ohuthienäytteessä on kooltaan # 6 mm. Pää-kivilajeina ovat graniitti, gneissi ja hiekkakivi. Sideaine-runkoaine-kontaktit ovat ehjiä.
- Taustabetonissa ei esiinny halkeilua.

Näyte PT I4, julkisivuelementti, ulkopinta

Näytteen pituus ohuthieessä on 72-73 mm (=ulottuvuus syvyys suunnassa). Hie-näytteessä on näkyvissä tiililaattaa ja taustabetonikerrosta.

Tiililaatta:

- Tiililaattaa on näkyvissä 26-29 mm:n paksuinen poikkileikkaus, jossa laatan pohja on puoliympyrän muotoisista pinnoista koostu-va. Tiili on punainen, poltettu savitiili. Sahanpuruhuokosia tiilessä ei esiinny lainkaan. Graniittisen hiekkarunkoaineen raekoko (enim-mäisraekoko hienäytteessä # 1,5 mm) ja määrä on tavanomainen. Tiilessä on yleisesti pieniä (0,01-0,03 mm leveitä, 0,1-1,0 mm pit-kiä) polton/kuivumisen yhteydessä syntyneitä tekstuurimikro-halkeamia. Pakkaskestävyyden suhteen tiili kuuluu VTT:n julkai-

sun nro 1624 (1995) nelijakoisessa (halkeama)luokituksessa lähinnä 2-luokkaan, eli toiseksi huonoimpaan luokkaan.

- Tiilessä ei havaittu käytönaikaista halkeilua.
- Tiililaatta on kiinnitetty suoraan betoniin. Tiililaatan ja betonin välinen kontakti on ehjä.

Taustabetoni:

- Betonissa on karbonatisoitumista tiililaatan alla 10-13 mm:n verran.
- Betonissa esiintyy pieniä (\varnothing 0,02-0,80 mm) pallomaisia ilmahuokosia, jotka edustavat pakkasenkestävyyden suhteen jonkin verran puutteellisenä toteutunutta lisähuokostusta. Lisäksi esiintyy muutamia kookkaampia (\varnothing 1-3,5 mm) tiivistyshuokosia.
- Huokostilojen seinämissä on monin paikoin kehämäisiä, 0,01-0,03 mm paksuja, ettringiittiä muistuttavia täyte kiteytyymiä. Täytteet indikoivat kosteuden kulkeutumista betonissa.
- Vesisementtisuhde ja sementin hydrataatioaste vaikuttavat tavannomaisilta.
- Runkoaine on särmiltään pyörityneistä rakeista koostuvaa luonnonsoraa/-hiekkaa. Pääkivilajeina ovat graniitti, hiekkakivi ja gneissi. Sideaine-runkoainekontaktit ovat pääosin ehjiä.
- Taustabetonissa esiintyy 3 kpl vaihtelevan suuntaisia, erittäin kapeita ($<0,01$ mm) ja lyhyitä (1-2 mm) kuivumiskutistumamikrohalkeamia.

Näyte PT L1, julkisivuelementti, ulkopinta

Näytteen pituus ohuthieessä on 72-73 mm (=ulottuvuus syvyys suunnassa). Hienäytteessä on näkyvissä tiililaattaa ja taustabetonikerrosta.

Tiililaatta:

- Tiililaattaa on näkyvissä 20-33 mm:n paksuinen poikkileikkaus, jossa laatan pohja on puoliympyrän muotoisista pinnoista koostuva. Tiili on punainen, poltettu savitiili. Sahanpuruhuokosia tiilessä ei esiinny lainkaan. Graniittisen hiekkarunkoaineen raekoko (enimmäisraekoko hienäytteessä # 1,0 mm) ja määrä on tavanomainen. Tiilessä on runsaasti pieniä (0,01-0,03 mm leveitä, 0,1-1,0 mm pitkiä) polton/kuivumisen yhteydessä syntyneitä tekstuurimikrohalkeamia sekä muutamia kookkaampia halkeamia. Pakkaskestävyyden suhteen tiili kuuluu VTT:n julkaisun nro 1624 (1995) nelijakoisessa (halkeama)luokituksessa 2-luokkaan, eli toiseksi huonoimpaan luokkaan.
- Tiilessä ei havaittu käytönaikaista halkeilua.
- Tiililaatta on kiinnitetty suoraan betoniin. Tiililaatan ja betonin välisessä kontaktissa kulkee 6 mm:n ja 3 mm:n pituisilla osuuksilla erittäin kapeat (<0,01 mm) mikrohalkeamat.

Taustabetoni:

- Betonissa on karbonatisoitumista tiililaatan alla 2-4 mm:n verran.
- Betonissa esiintyy suhteellisen yleisesti pieniä (\varnothing 0,02-0,80 mm) pallomaisia ilmahuokosia, jotka edustavat pakkaskestävyyden suhteen hieman puutteelliselta vaikuttavaa lisähuokostusta. Lisäksi esiintyy muutamia kookkaampia (\varnothing 1-5 mm) tiivistyshuokosia.
- Huokostilojen seinämissä on paikoin kehämäisiä, 0,01-0,02 mm paksuja, ettringiittiä muistuttavia täytekiteytyymiä.
- Vesisementtisuhde ja sementin hydrataatioaste vaikuttavat tavanomaisilta.
- Runkoaine on särmiltään pyörityneistä rakeista koostuvaa luonnon-soraa/-hiekkaa. Runkoaine on keskimääräistä hienorakeisempaa, sillä suurin rae ohuthienäytteessä on kooltaan # 6 mm. Pääkivilajeina ovat graniitti, hiekkakivi ja gneissi. Sideaine-runkoainekontaktit ovat pääosin ehjiä.
- Taustabetonissa esiintyy 3 kpl vaihtelevan suuntaisia, erittäin kapeita (<0,01 mm) ja lyhyitä (1-2 mm) kuivumiskutistumamikrohalkeamia.

Näyte PT L3, julkisivuelementti, ulkopinta

Näytteen pituus ohuthieessä on 70-73 mm (=ulottuvuus syvyys suunnassa). Hienäytteessä on näkyvissä tiililaattaa ja taustabetonikerrosta.

Tiililaatta:

- Tiililaattaa on näkyvissä 18-31 mm:n paksuinen poikkileikkaus, jossa laatan pohja on puoliympyrän muotoisista pinnoista koostuva. Tiili on punainen, poltettu savitiili. Sahanpuruhuokosia tiilessä ei esiinny lainkaan. Graniittisen hiekkarunkoaineen raekoko (enimmäisraekoko hienäytteessä # 0,5 mm) ja määrä on tavanomainen. Tiilessä on runsaasti pieniä (0,01-0,10 mm leveitä, 0,1-1,0 mm pitkiä) polton/kuivumisen yhteydessä syntyneitä tekstuurimikrohalkeamia. Pakkasekestävyyden suhteen tiili kuuluu VTT:n julkaisun nro 1624 (1995) nelijakoisessa (halkeama)luokituksessa lähinnä 2-luokkaan, eli toiseksi huonoimpaan luokkaan.
- Tiilessä ei havaittu käytönaikaista halkeilua.
- Tiililaatta on kiinnitetty suoraan betoniin. Tiililaatan ja betonin välinen kontakti on ehjä.

Taustabetoni:

Betonissa on karbonatisoitumista tiililaatan alla 0,5-2 mm:n verran.

- Betonissa esiintyy yleisesti pieniä (\emptyset 0,02-0,80 mm) pallomaisia ilmahuokosia, jotka edustavat pakkasekestävyyden suhteen alun perin riittävää lisähuokostusta. Lisäksi esiintyy muutamia kookkaampia (\emptyset 1-4,5 mm) tiivistyshuokosia.
- Huokostilojen seinämissä on paikoin hyvin ohuita (0,01-0,02 mm) ettringiittiä muistuttavia täyte kiteytymiä.
- Vesisementtisuhde ja sementin hydrataatioaste vaikuttavat tavanomaisilta.
- Runkoaine on särmiltään pyörityneistä rakeista koostuvaa luonnonsoraa/-hiekkaa. Runkoaine on keskimääräistä hienorakeisempaa, sillä suurin rae ohuthienäytteessä on kooltaan vain # 4 mm. Pääkivilajeina ovat graniitti, gneissi ja hiekkakivi. Sideainerunkoainekontaktit ovat ehjiä.

- Kahdessa pitkälle rapautuneessa runkoainerakeessa esiintyy sisäistä mikrohalkeilua, joka paikoin jatkuu sideainepastan puolelle enimmillään 0,5 mm:n verran.

Näyte PT L6, paikallavalusokkeli, ulkopinta

Näytteen pituus ohuthieessä on 72 mm (=ulottuvuus syvyys suunnassa).

- Betoni on karbonisoitunut ulkopinnastaan 1-6 mm:n verran. Lisäksi karbonisoitumista on parin mikrohalkeaman ympäristössä enimmillään 13 mm:n syvyyteen saakka.
- Betonissa esiintyy yleisesti pieniä (\emptyset 0,02-0,80 mm) pallomaisia ilmahuokosia, jotka edustavat pakkasenkestävyyden suhteen riittävästä vaikuttavasta lisähuokostusta. Lisäksi esiintyy harvaksen kookkaampia (\emptyset 1-1,5 mm) tiivistyshuokosia.
- Huokostilat ovat täytteettömiä.
- Vesisementtisuhde on alhainen. Sementin hydrataatioaste vaikuttaa tavanomaiselta.
- Runkoaine on särmiltään pyörityneistä rakeista koostuvaa luonnon-soraa/-hiekkää. Pääkivilajeina ovat graniitti ja gneissi. Sideainerunkoainerakekontaktit ovat enimmäkseen ehjiä.
- Näytteessä on kaikkiaan 6 kpl ulkopinnasta tai ulkopinnan välittömästä läheisyydestä lähteviä, pintaa vastaan kohtisuoria, hyvin kaapeita (0,01 mm), 1-7 mm pitkiä kuivumiskutistumamikrohalkeamia. Lisäksi yhdessä pitkälle rapautuneessa runkoainerakeessa esiintyy sisäistä mikrohalkeilua, joka paikoin jatkuu sideainepastan puolelle enimmillään 0,5 mm:n verran.

Näyte PT P2, julkisivuelementti, ulkopinta

Näytteen pituus ohuthieessä on 72 mm (=ulottuvuus syvyys suunnassa).

Hienäytteessä on näkyvissä tiililaattaa ja taustabetonikerrosta.

Tiililaatta:

- Tiililaattaa on näkyvissä 19-34 mm:n paksuinen poikkileikkaus, jossa laatan pohja on puoliympyrän muotoisista pinnoista koostuva. Tiili on punainen, poltettu savitiili. Sahanpuruhuokosia tiilessä ei esiinny lainkaan. Graniittisen hiekkarunkoaineen raekoko (enimmäisraekoko hienäytteessä # 0,5 mm) ja määrä on tavanomainen. Tiilessä on runsaasti pieniä (0,01-0,03 mm leveitä,

0,1-1,0 mm pitkiä) polton/kuivumisen yhteydessä syntyneitä tekstuurimikrohalkeamia. Pakkaskestävyyden suhteen tiili kuuluu VTT:n julkaisun nro 1624 (1995) nelijakoisessa (halkeama)luokituksessa 2-luokkaan, eli toiseksi huonoimpaan luokkaan.

- Tiilessä ei havaittu käytönaikaista halkeilua.
- Tiililaatta on kiinnitetty suoraan betoniin. Tiililaatan ja betonin välinen kontakti on ehjä.

Taustabetoni:

- Betonissa on karbonatisoitumista tiililaatan alla epätasaisesti 0,5-13 mm:n verran. Lisäksi karbonatisoitumista on näkyvissä 0-5 mm:n verran sisäpinnan puoleisessa päässä ohuthienäytettä.
- Betonissa esiintyy harvakseen tiivistyshuokosia (\varnothing 0,05-2 mm). Ei havaittu lisähuokostusta, eikä betonia voida nykyvaatimusten mukaisesti luokitella pakkaskestäväksi kosteusrasituksessa.
- Huokostilojen seinämissä on paikoittain 0,01-0,02 mm paksuja, ettringiittiä muistuttavia täyte kiteytymiä.
- Vesisementtisuhteessa esiintyy pienipiirteistä vaihtelua. Sementin hydrataatioaste on keskimääräistä korkeampi.
- Runkoaine on särmiltään pyörityneistä rakeista koostuvaa luonnon-soraa/-hiekkaa. Runkoaine on keskimääräistä hienorakeisempaa, sillä suurin rae ohuthienäytteenä on kooltaan vain # 2,5 mm. Pääkivilajeina ovat graniitti, hiekkakivi ja gneissi. Sideaine-runkoainekontaktit ovat enimmäkseen ehjiä.
- Taustabetonissa on syvyysvälillä 70-72 mm 2 kpl pinnan tason suuntaisia, täytteisiä, hyvin kapeita (0,01 mm) ja lyhyitä (3-4 mm) mikrohalkeamia, jotka viittaavat alkavaan pakkasrapautumiseen.

Näyte PT P4, julkisivuelementti, ulkopinta

Näytteen pituus ohuthieessä on 72 mm (=ulottuvuus syvyys suunnassa). Hienäytteessä on näkyvissä tiililaattaa ja taustabetonikerrosta.

Tiililaatta:

- Tiililaattaa on näkyvissä 20-35 mm:n paksuinen poikkileikkaus, jossa laatan pohja on puoliympyrän muotoisista pinnoista koostuva. Tiili on punainen, poltettu savitiili. Sahanpuruhuokosia tiilessä ei esiinny lainkaan. Graniittisen hiekkarunkoaineen raekoko (enimmäisraekoko hienäytteessä # 0,5 mm) ja määrä on tavanomainen. Tiilessä on runsaasti pieniä (0,01-0,03 mm leveitä, 0,1-1,0 mm pitkiä) polton/kuivumisen yhteydessä syntyneitä tekstuurimikrohalkeamia. Pakkasekestävyyden suhteen tiili kuuluu VTT:n julkaisun nro 1624 (1995) nelijakoisessa (halkeama)luokituksessa lähinnä 2-luokkaan, eli toiseksi huonoimpaan luokkaan.
- Tiilessä ei havaittu käytönaikaista halkeilua.
- Tiililaatta on kiinnitetty suoraan betoniin. Tiililaatan ja betonin välisessä kontaktissa kulkee >18 mm:n matkalla enimmillään 0,02 mm leveä mikrohalkeama.

Taustabetoni:

- Betonissa on karbonatisoitumista tiililaatan alla 1-5 mm:n verran.
- Betonissa esiintyy yleisesti pieniä (\emptyset 0,02-0,80 mm) pallomaisia ilmahuokosia, jotka edustavat pakkasekestävyyden suhteen riittävää lisähuokostusta. Lisäksi esiintyy harvaksen kookkaampia (\emptyset 1-2,5 mm) tiivistyshuokosia.
- Huokostilat ovat täytteettömiä.
- Vesisementtisuhde ja sementin hydrataatioaste vaikuttavat tavanomaisilta.
- Runkoaine on särmiltään pyörityneistä rakeista koostuvaa luonnonsoraa/-hiekkaa. Runkoaine on keskimääräistä hienorakeisempaa, sillä suurin rae ohuthienäytteessä on kooltaan # 5 mm. Pääkivilajeina ovat graniitti, gneissi ja hiekkakivi. Sideaine-runkoainekontaktit ovat pääosin ehjiä.

- Taustabetonissa esiintyy 2 kpl vaihtelevan suuntaisia, erittäin kapeita (<0,01 mm) ja lyhyitä (2-3 mm) kuivumiskutistumamikrohalkeamia.

Näyte PT E1, julkisivuelementti, ulkopinta

Näytteen pituus ohuthieessä on 73 mm (=ulottuvuus syvyysuunnassa). Hienäytteessä on näkyvissä tiililaattaa ja taustabetonikerrosta.

Tiililaatta:

- Tiililaattaa on näkyvissä 18-32 mm:n paksuinen poikkileikkaus, jossa laatan pohja on puoliympyrän muotoisista pinnoista koostuva. Tiili on punainen, poltettu savitiili. Sahanpuruhuokosia tiilessä ei esiinny lainkaan. Graniittisen hiekkarunkoaineen raekoko (enimmäisraekoko hienäytteessä # 0,5 mm) ja määrä on tavanomainen. Tiilessä on runsaasti pieniä (0,01-0,10 mm leveitä, 0,1-1,0 mm pitkiä) polton/kuivumisen yhteydessä syntyneitä tekstuurimikrohalkeamia. Pakkaskestävyyden suhteen tiili kuuluu VTT:n julkaisun nro 1624 (1995) nelijakoisessa (halkeama)luokituksessa lähinnä 2-luokkaan, eli toiseksi huonoimpaan luokkaan.
- Tiilessä ei havaittu käytönaikaista halkeilua.
- Tiililaatta on kiinnitetty suoraan betoniin. Tiililaatan ja betonin välisessä kontaktissa on noin 14 mm:n pituisella osuudella hyvin kapea (0,01 mm) mikrohalkeama.

Taustabetoni:

- Betonissa on karbonatisoitumista tiililaatan alla 1-3 mm:n verran.
- Betonissa esiintyy yleisesti pieniä (Ø 0,02-0,80 mm) pallomaisia il-mahuokosia, jotka edustavat pakkaskestävyyden suhteen alun perin riittävää lisähuokostusta. Lisäksi esiintyy muutamia kookkaampia (Ø 1-2 mm) tiivistyshuokosia.
- Huokostilojen täytteisyys vaihtelee täytteettömistä huokosista sel-laisiin, joissa on enimmillään 0,06 mm paksuja, ettringiittiä muistut-tavia täytekiteytymiä. Täytteet indikoivat kosteuden kulkeutumista betonissa.
- Vesisementtisuhde ja sementin hydrataatioaste vaikuttavat tavan-omaisilta.

- Runkoaine on särmiltään pyörityneistä rakeista koostuvaa luonnon-soraa/-hiekkaa. Runkoaine on keskimääräistä hienorakeisempaa, sillä suurin rae ohuthienäytteessä on kooltaan # 5 mm. Pääkivilajeina ovat graniitti, gneissi ja hiekkakivi. Sideaine-runkoainekontaktit ovat ehjiä.
- Betonissa ei esiinny halkeilua.

Näyte PT E4, julkisivuelementti, ulkopinta

Näytteen pituus ohuthieessä on 73 mm (=ulottuvuus syvyys suunnassa). Hienäytteessä on näkyvissä tiililaattaa ja taustabetonikerrosta.

Tiililaatta:

- Tiililaattaa on näkyvissä 16-24 mm:n paksuinen poikkileikkaus, jossa laatan pohja on puoliympyrän muotoisista pinnoista koostuva. Tiili on punainen, poltettu savitiili. Sahanpuruhuokosia tiilessä ei esiinny lainkaan. Graniittisen hiekkarunkoaineen raekoko (enimmäisraekoko hienäytteessä # 0,5 mm) ja määrä on tavanomainen. Tiilessä on yleisesti pieniä (0,01-0,02 mm leveitä, 0,1-0,5 mm pitkiä) polton/kuivumisen yhteydessä syntyneitä tekstuurimikrohalkeamia. Pakkaskestävyyden suhteen tiili kuuluu VTT:n julkaisun nro 1624 (1995) nelijakoisessa (halkeama)luokituksessa lähinnä 2-luokkaan, eli toiseksi huonoimpaan luokkaan.
- Tiilessä ei havaittu käytönaikaista halkeilua.
- Tiililaatta on kiinnitetty suoraan betoniin. Tiililaatan ja betonin välisessä kontaktissa kulkee katkonaisesti kapea mikrohalkeama.

Taustabetoni:

- Betonissa on karbonatisoitumista tiililaatan alla 1-3 mm:n verran.
- Betonissa esiintyy yleisesti pieniä (\emptyset 0,02-0,80 mm) pallomaisia il-mahuokosia, jotka edustavat pakkaskestävyyden suhteen alun perin riittävää lisähuokostusta. Lisäksi esiintyy muutamia kookkaampia (\emptyset 1-2,5 mm) tiivistyshuokosia.
- Huokostilojen täytteisyys vaihtelee täytteettömistä huokosista sellaisiin, joissa on enimmillään 0,05 mm paksuja, ettringiittiä muistuttavia täytekiteytymiä. Täytteet indikoivat kosteuden kulkeutumista betonissa.

- Vesisementtisuhde ja sementin hydrataatioaste vaikuttavat tavanomaisilta.
- Runkoaine on särmiltään pyöristyneistä rakeista koostuvaa luonnon-soraa/-hiekkaa. Pääkivilajeina ovat graniitti, gneissi ja hiekkakivi. Sideaine-runkoainekontaktit ovat ehjiä.
- Betonissa ei esiinny halkeilua.

Näyte PT E5, paikallavalusokkeli, ulkopinta

- Näytteen pituus ohuthieessä on 72-73 mm (=ulottuvuus syvyys-suunnassa).
- Betoni on karbonatisoitunut ulkopinnastaan epätasaisesti 8-19 mm:n verran.
- Betonissa esiintyy harvaksen tiivistyshuokosia (\varnothing 0,05-5,5 mm). Ei esiinny lisähuokostusta, eikä betonia voida nykyvaatimusten mukaisesti luokitella pakkasenkestäväksi kosteusrasituksessa.
- Huokostilojen täytteisyys vaihtelee täytteettömistä huokosista sellaisiin, joissa on enimmillään 0,06 mm paksuja, ettringiittiä muistuttavia täytekiteytymiä. Täytteet indikoivat kosteuden kulkeutumista betonissa.
- Vesisementtisuhteen arvioiminen ohuthienäytteestä ei käy päinsä, koska betonissa on seosaineena sen verran lentotuhkaa, että se tummentaa sideainepastan värisävyä. Sementin hydrataatioaste vaikuttaa tavanomaiselta.
- Runkoaine on särmiltään pyöristyneistä rakeista koostuvaa luonnon-soraa/-hiekkaa. Pääkivilajeina ovat graniitti ja gneissi. Runkoaine on keskimääräistä hienorakeisempaa, sillä suurin rae ohuthienäytteessä on kooltaan # 4,5 mm. Sideaine-runkoainekontaktit ovat enimmäkseen ehjiä.
- Näytteessä on kaikkiaan 2 kpl ulkopinnasta tai ulkopinnan välittömästä läheisyydestä lähteviä, pintaa vastaan kohtisuoria, hyvin ka-peita (0,01-0,03 mm), 2-8 mm pitkiä kuivumiskutistumamikrohalkeamia. Ei havaittu pakkasrapautumiseen viittaavaa halkeilua.

Näyte PT E7, julkisivuelementti, ulkopinta

Näytteen pituus ohuthieessä on 68-73 mm (=ulottuvuus syvyys suunnassa). Hienäytteessä on näkyvissä tiililaattaa, laattojen välistä sauman aluetta sekä taustabetonikerrosta.

Tiililaatta ja sauman alue:

- Tiililaattaa on näkyvissä enimmillään 35 mm paksulti. Tiili on punainen poltettu savitiili. Sahanpuruhuokosia tiilessä ei esiinny lainkaan. Graniittisen hiekkarunkoaineen raekoko (enimmäisraekoko hienäytteessä # 0,5 mm) ja määrä on tavanomainen. Tiilessä on yleisesti pieniä (0,01-0,02 mm leveitä, 0,1-0,5 mm pitkiä) polton/kuivumisen yhteydessä syntyneitä tekstuurimikrohalkeamia. Pakkaskestävyyden suhteen tiili kuuluu VTT:n julkaisun nro 1624 (1995) neljakoisessa (halkeama)luokituksessa lähinnä 2-luokkaan, eli toiseksi huonoimpaan luokkaan.
- Tiilessä ei esiinny käytönaikaista halkeilua.
- Tiililaatta on kiinnitetty suoraan betoniin ja pohjakontakti betonin kanssa on ehjä. Tiililaatan kyljen ja saumantäytemassan kontaktissa kulkee koko matkalla hyvin kapea mikrohalkeama.
- Sauman alue on täytetty erillisellä laastimaisella massalla, jota esiintyy 19-24 mm:n paksuisena kerroksena. Saumantäyte on karbonatisoitunut pinnastaan 1-2 mm:n verran. Massassa esiintyy harvakeen tiivistyshuokosia (\emptyset 0,05-1,5 mm). Ei havaittu lisähuokostusta, eikä sitä voida nykyvaatimusten mukaisesti luokitella pakkaskestäväksi kosteusrasituksessa. Graniittisen runkoaineen enimmäisraekoko on ohuthieestä määritettynä # 1,0 mm. Saumantäytekerroksessa esiintyy kaikkiaan 3 kpl pinnan tason suuntaisia, hyvin kapeita (0,01-0,02 mm), 3- >12 mm pitkiä mikrohalkeamia, jotka ovat seurausta (alkavasta) pakkasrapautumisesta. Kookkain näistä mikrohalkeamista kulkee osin saumantäytteen ja taustabetonin välistä kontaktia pitkin.

Taustabetoni:

- Betonissa on karbonatisoitumista saumantäytemassan alla enimmillään 12 mm ja tiililaatan alla enimmillään 6 mm.
- Betonissa esiintyy yleisesti pieniä (\emptyset 0,02-0,80 mm) pallomaisia ilmahuokosia, jotka edustavat pakkaskestävyyden suhteen

riittävältä vaikuttavaa lisähuokostusta. Lisäksi esiintyy muutamia kookkaampia (\varnothing 1-2 mm) tiivistyshuokosia.

- Huokostilojen seinämissä on paikoin yksittäisiä täytekiteytymiä
- Vesisementtisuhde ja sementin hydrataatioaste vaikuttavat tavanomaisilta.
- Runkoaine on särmittään pyöristyneistä rakeista koostuvaa luonnonsoraa/-hiekkaa. Pääkivilajeina ovat graniitti ja gneissi. Sideaine-runkoainekontaktit ovat ehjiä.
- Taustabetonissa ei havaittu halkeilua.

6 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Pallastunturien koulun julkisivujen kuntotutkimuksessa käytettiin betonin mikrorakennetutkimusta (ohuthuetutkimusta) betonin kunnan määrittämiseksi ja vaurioiden syiden selvittämisessä porausnäytteistä. Ohuthuetutkimukset tehtiin yhdestätoista näytteestä, betonin vetolujuus testattiin kuudestatoista näytteestä. Raudoitusten betonipeitepaksuuksia mitattiin julkisivusta, yhteensä kahdeksalta alueelta ja mittaustuloksia oli yhteensä 296 kpl.

Ohuthuetutkimus on erittäin luotettava tutkimusmenetelmä betonin pakkasenkestävyyden ja vaurioiden syiden selvittämisessä, jos näytteet edustavat tutkittavia rakenteita hyvin ja jos näytteiden määrä on riittävä. Pakkasenkestävyydestä ohuthuetutkimuksella saatava tieto on lisäksi tarkka, sillä ohuthuetutkimuksella voidaan tarvittaessa, epäselvissä tapauksissa tutkia mm. suoja-huokosten 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 ohuthuetutkimuksena (huokosjakomäärityksenä), mutta normissa on esitetty myös muutama muu hyväksytty menetelmä betonin pakkasenkestävyyden toteamiseksi.

Nyt tilattu ohuthuetutkimus ei sisältänyt huokosjakomääritystä ja huokosten ominaispinta-alan määritystä pistelaskentaa käyttäen VTT TEST R003-00 mukaisesti. Ohuthuetien määrä oli riittävä ja ohuthuetit edustivat riittävässä määrin tutkittuja rakenteita sekä niiden eri alueita.

Ohuthuetutkimuksen perusteella **julkisivujen tiillilaatan sekä taustabetonin osalta** pakkasenkestävyydestä voidaan todeta, että kaikkien julkisivuis-

ta otettujen näytteiden tiililaattojen laatu oli 2-luokkaa, eli VTT:n julkaisun nro 1624 mukaan kuuluvat toiseksi huonoimpaa luokkaan. Tiilen ja taustabetonin pohjakontakti oli kolmessa poranäytteessä ehjä, muissa tapauksissa tiililaatan ja betonin välisessä kontaktissa kulkee halkeamia. Taustabetonin kuudessa tutkitussa tapauksessa julkisivujen ulkokuoren betonissa on tyypillisesti pallomaisia ilmahuokosia \varnothing 0,08-0,50 mm, jotka edustavat alunperin riittävää lisähuokostusta. Taustabetonin näytteissä on tyypillisesti kuivumiskutistumien aiheuttamia halkeamia.

Kahdessa näytteessä betonin ilmahuokokset edustavat jonkinverran puutteellista tai hieman puutteellista lisähuokostusta pakkasenkestävyyden suhteen.

Sokkelirakenteiden poranäytteiden toisessa näytteessä on lisähuokostus riittäväällä tasolla ja toisessa, eteläsivulta otetussa näytteessä ei esiinny lisähuokostusta eikä betonia voida määritellä pakkasenkestäväksi kosteusrasituksessa. Sokkelirakenteiden betonissa ei esiinny pakkasrapautumiseen viittaavaa halkeilua.

Betonin karbonatisoitumismääritysten ja terästen betonipeitemittausten tulosten samanaikaista tarkastelu osoittaa, että julkisivujen taustabetonin, keskimääräinen karbonatisoitumissyys on 2...10 mm:iin sekä eristeen puolella 2..5 mm:iin. Terästen peittokerrospaksuudet, ovat keskimäärin luokkaa 34... 39 mm:iin ja ottaen huomioon tiililaatan paksuuden noin 30 mm raudoitteet ovat lähellä taustabetonin ulkopintaa, on karbonatisoitumisrintama lähestymässä raudoitteita. Laskennallisesti voidaan osoittaa betonin karbonatisoituminen saavuttaa raudoitteet kokonaisuudessaan noin 20 vuoden kuluessa.

Julkisivun taustabetonin vetolujuustulokset (1,7 MN/m²;...3,5 MN/m²) osoittavat, ettei elementin taustabetonissa ole rapautumaa.

Tiilipinnan vetolujuustulokset ollessa luokkaa 0,3... 1,5 MN/m², on selvä osoitus siitä että tiilen pinta on osittain rapautunut, vetolujuuden ollessa alle 0,5 voidaan olettaa että tiilen pinta on vaurioitunut. Kahdessa näytteessä tiilipinnan vetolujuus on 0,3 MN/m² ja 0,2 MN/m².

Julkaisun /1/ mukaan betoninvetolujuuden ollessa luokkaa 0, näytteessä on pitkälle edennyttä rapautumaa ja vetolujuuden ollessa luokkaa 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.

Julkisivujen visuaalisessa tarkastuksessa todettiin muutamissa elementeissä nostolenkkien korroosiosta johtuvia tiilipinnan halkeilua. Tiilipinnoilla on paikoittain havaittavissa pakkasrapautumaa.

Myös julkisivussa olevien betonisten pystyelementtien raudoitteet ovat paikoittain lähellä pintaa, ja betonin karbonatisoitumisesta johtuen raudoitteet ovat ruostuneet ja rikkoneet betonipinnan.

Paikallavalusokkelit varsinkin länsisivulla on raudoitettu niin, että raudoitteet ovat lähellä pintaa ja ovat ruostuneet.

7 TUTKIJAN KÄSITYS KORJAUSTAVASTA JA -AJANKOHDASTA

Julkisivujen korjauksen pääasiallisena tehtävänä on julkisivujen ulkokuoren tiililaatan pakkasenkestävyyden lisääminen. Ulkokuoren pintaan imeytyvää kosteutta ja samalla pakkasrasitusta pitäisi vähentää. Tämä on mahdollista lisäämällä julkisivuun pinnoite, jolla on karbonatisoitumista ja hidastava vaikutus sekä kosteudelta suojaava vaikutus, kuitenkin niin, että pinnoite läpäisee vesihöyryn. Nämä impregnoitaiaineet suojaavat julkisivun noin 10-15 vuotta. Tiilipinnan impregnoiti lisää kuitenkin tiilien tausbetonin karbonatisoitumista ja näin teräskorroosion riskiä Suosituksena on, että julkisivulle tehdään suurempi korjaus. Silloin vaihtoehtoina on joko lämpörappaus tai nykyisen ulkokuoren purkaminen ja uuden tuulettuvan seinärakenteen tekeminen tiililaattapintaisesta betonikuoresta.

Sokkeli, otetussa näytteessä betonissa oli suojahuokosia, jotka muistuttavat pakkasen kestävyyden suhteen riittävää lisähuokostusta.

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 omaavaa maalipinnoitetta käyttäen.

Julkisivun ja sokkelirakenteiden korjaustyöt pitäisi tehdä viiden vuoden kuluessa.

ESPOOSSA 20.11.2007

AARO KOHONEN OY
Asiantuntijapalvelut, korjaussuunnittelu

Teemu Männistö
Projektipäällikkö, RI

P:\1920430\C6-kuntotutkimukset\Tutkimusraportti_Pallastunturintien koulu.odt

Raportin hyväksyjä:

Aki Meuronen, tekn. lis

VIITEKIRJALLISUUS

/1/ Betonijulkisivun kuntotutkimus, BY 42, 2002

LIITTEET

- 1 Valokuvia kohteesta, näytteenottokohdista ja vaurioista, 8 kpl.
- 2 Raudoitusten betonipeitekerrosmittausten tulokset, 9 s.
- 3 Ohuthietutkimuksen ja vetolujuuskokeiden tulokset , 9 s.
- 4 Porausnäytteiden visuaalisen tarkastuksen havainnot, 11 s.
- 5 Julkisivupiirustukset