

ULKOTERÄSBETONIRAKENTEIDEN SÄILYYVYDEN PARANTAMINEN ERITYYPPISILLÄ TERÄKSILLÄ

DI *Esko Sistosen* esitelmän aiheena oli ulkoterasbetonirakenteiden säilyvyyden parantaminen erityyppisillä teräksillä. Tutkimuksessa verrattiin tavallisen (mustan), säänkestävän, sinkityn ja ruostumattoman betoniteräksen korroosio-ominaisuuksia. Pääpaino oli kuumasinkityillä teräksillä.

Karbonatisoituneessa betonissa kuumasinkityjen terästen korroosionopeus on pienempi kuin tavallisten terästen korroosionopeus. Siten galvanoiduilla teräksillä voidaan pidentää rakenteen käyttöikä tavanomaisissa ulkoilmolosuhteissa. Hidas korroosionopeus perustuu sinkin sekä fyysisen että sähkökemialliseen suojausvaikutukseen. Jos sinkikerrokseen syntyy vaurioita sinkki suojaa katodisesti terästä. Sinkkisuojausella on rajallinen kestoikä, sillä se syöpyy emäksisessä betonissa. Sinkin korroosiotuotteet eivät aiheuta merkittäviä halkaisuvoimia betoniin.

Sinkityt teräksiset on passiivotava ennen käyttöä. Paljaan sinkin syöpyminen nopeus on suuri tuoreessa betonissa ja seurauksena on voimakas vedyn muodostus. Vetykuplat voivat heikentää terästen tartuntalujuutta. Sinkin passivoituminen ilmatilassa kestää useita viikkoja, joten se on otettava huomioon aikatauluja laadittaessa.

Säänkestävät teräksiset on ruostumattomien terästen tavoin kromi-nikkeli-seostettuja, mutta seostamattomien määrän on vähäisempi kuin ruostumattomilla teräksillä. Siten ne eivät anna täydellistä korroosiosuojaa. Säänkestävien terästen korroosionopeus oli mittausten mukaan jossain määrin pienempi kuin tavallisten hiiliterästen, mutta vaikutus rakenteen käyttöikään on kuitenkin vähäinen.

Austenittiset ruostumattomat teräksiset ovat makeassa vedessä ruostumattomia ja kestävät ruostumatta myös varsin korkeita kloridipitoisuuksia. Siten niiden rakenteen käyttöikä pidentävä vaikutus on suurin kaikkiin muihin teräslaatuihin verrattuna. Korkean hinnan lisäksi ruostumattomien terästen ongelmana on lämpölaajenemiskerroin, joka poikkeaa betonin lämpölaajenemiskertoimesta.

Seuranneessa keskustelussa kysyttiin, onko ruostumattoman teräksen käyttö julkisivuissa liioittelua - olisiko kuumasinkitty parempi vaihtoehto? Sistosen mukaan kuumasinkitty teräs on potentiaalinen vaihtoehto, koska kloridit eivät ole ongelma julkisivuissa. Kuumasinkitty rauditus on hinnaltaan edullisempi kuin ruostumattoman. Kuumasinkityjen rauditusten käyttö olisi todennäköisesti ongelmattonta, koska julkisivuelementeissä käytetään tyypiraudoitteita ja sinkityjen rauditusten esisäilytys elementteilla on mahdollista.

PINNOITETUN BETONIJULKISIVUN KÄYTTÖIKÄ

TkL *Erkki Vesikari* esitteli vuonna 2000 toteutetun hankkeen, jonka tavoitteena oli selvittää pinnoitteiden vaikutukset betonijulkisivujen kosteuspitoisuuteen, pakkasrapautumiseen, karbonatisoitumiseen ja rauditusten korroosioon. Pinnoitteet vaikuttavat betonirakenteen turmeltumismekanismiin kosteuspitoisuuden kautta. Pakkasra-

pautuminen, karbonatisoituminen ja rauditusten korroosio ovat kaikki betonin kosteuspitoisuudesta riippuvia turmeltumismuotoja. Siksi oli aluksi selvitetävä, miten pinnoitteet vaikuttavat betonin vedelläkylästy- ja kuivumisnopeuteen. Kokeellisilla tutkimuksilla hankittiin tietoa myös siitä, miten pinnoitteiden kosteudenläpisyominaisuudet muuttuvat, kun ne vanhentuvat UV-säteilyn ja pakkasrasituksen vaikutuksesta. Lisäksi selvitettiin, miten pinnoitteet hidastavat betonin karbonatisoitumista vakio-olosuhteissa. Näitä tutkimustuloksia käytettiin lähtötietoina julkisivujen ikäkäyttötymisen tietokonesimuloinnissa.

Simulointilaskelmien mukaan, pinnoitteet aiheuttavat ainoastaan viiveen pakkasvaurioiden alkamisajankohdan, jos betoni ei ole pakkasenkestävää. Viiveen pituus riippuu pinnoitteen vikaantumisenopeudesta. Karbonatisoitumisenopeutta tutkittiin sekä sateelta suojattuna että sateelle alttiina. Molemmissa tapauksissa orgaaniset pinnoitteet hidastivat tehokkaimmin karbonatisoitumista. Pinnoitteiden vikaantuminen ajan mukana sekä mahdolliset betonin pakkasvaurioiden heikentävät luonnollisesti kaikkiin pinnoitteiden teho karbonatisoitumisen hidastamisessa.

Tutkimuksessa kehitettiin kaavat käyttöikä pinnoitekertoimille julkisivujen käyttöikäsuunnittelua varten. Käyttöikä pinnoitekertoimella tarkoitetaan kerrointa, jolla kerrotaan pinnoittamattoman rakenteen ennakoitu käyttöikä, jolloin saadaan arvio pinnoitetun rakenteen käyttöikälle. Kertoimat määritettiin sekä pakkasrapautumisen että karbonatisoitumisen suhteen. Kertoimet riippuvat pinnoitteiden alkuperäisistä ominaisuuksista, vikaantumisenopeudesta ja uudelleenpinnoitusajasta.

UUDET BETONIKESINNÖT

TkT *Risto Marnosen* esitelmän aiheena oli betoniin liittyvät viimeaikaiset keksinnöt, joiden tekemisessä ja edelleen kehittämisessä hän on ollut mukana.

Ensimmäisenä keksintönä esiteltiin laajan *halakaistun betonipinnan* käyttö ulkonäköä parantavassa tarkoituksessa. Menetelmästä on jätetty patentihakemus vuonna 1999. Betonielementin halkaisussa voidaan käyttää useita tekniikoita. Yksi mahdollisuus on sijoittaa valuvaiheessa betoniin tyhjiä muoviputkia, jotka täytetään betonin kovettumisen jälkeen paisuvalle materiaalilla. Halkaisupintaan jää tällöin haljenneiden kiviä lisäksi myös putkien jättämä kuvio. Eräänä esimerkkinä, jossa halkaisutekniikkaa on jo käytetty, mainittiin Espoon kaupungin teettämät liikenne-esteet.

Kuvanveistäjä *Pertti Kukkonen* keksi *sinisen betonin* vuonna 1996 haivaitemalla, että pronssijauheen ja salmiakin yhdistäminen tuottaa betonissa voimakkaan sinisen värin. Kukkonen patentoi idean ja sai laajan patentin metallin käytöstä betonin värjäämiseen. Sininen väri syntyy kuparin reagoimalla kloridin kanssa. Valmistuksen yhteydessä syntyvä ammoniakkiin haju pystytään välttämään korvaamalla salmiakki kalsiumkloridilla. Värjäyksen kustannuksia on onnistuttu pienentämään hienontamalla kuparijauhetta ja pienentämällä annostusta. Riittävä kuparijauheen annostus on 4 % sementin painosta, kun jauheen ominaispinta-ala on 250 m²/kg.

Ilman kloridia sinistä väriä ei voida saada aikaan, minkä johdosta sen käyttö teräsbetonirakenteissa on kyseenalaista rauditusten korroosiovaaran johdosta. Tämä sinisen betonin ongelma pyritään nyt suunnitteilla olevan projektin avulla kääntämään

hyödyksi. Kuparin ja kloridin reaktiotuote, kuparihydroksidikloridi, on nimittäin osoittautunut hyvin niukkaliukoiseksi ja stabiiliksi. Kemiallisesti sitoutuneena kloridi ei ole vaarallinen. Sen johdosta kuparijauheella voidaan mahdollisesti suojata rakennetta ulkopuoliselta kloridilta, koska se sitoo betoniin tunkeutuvan kloridin.

Viimeisenä keksintönä esiteltiin *pyöreän pilarin hiominen ilman tiimantilaikkoja*. Senkin keksijä on kuvanveistäjä *Pertti Kukkonen*. Patentti on hyväksytty vuonna 2000. Menetelmässä pyöreät pilarit pöyryvät toisiansa vasten, jolloin ne hioutuvat pinnaltaan tasaisiksi. Menetelmä on todettu toimivaksi pienessä mittakaavassa. Täysmittakaavaisen laitteiston kehittäminen on meneillään.

GRAAFINEN BETONI

Sis.ark. *Samuli Naamangan* esitelmän aiheena oli *Graafinen Betoni*. Menetelmä perustuu pintahidastustekniikkaan, jolla betonin pintaan voidaan syövyttää haluttu kuvio. Tarkoituksena on ollut kehittää uusi työkalu betonipintoja suunnitteleville arkkitehteille. Menetelmän kehittämisen tavoitteena on ollut kauneus, variaatiomahdollisuudet, joustavuus, suunniteltavuus ja laatu. Graafinen Betonimenetelmällä voidaan lisätä betonipinnan elävyyttä ja immateriaalista vaikutusta julkisivuelementeissä, erilaisissa ympäristöbetonikohteissa, kuten tukimuureissa, äänivalleissa jne. sekä betonitaideteoksissa.

Pintahidastin painetaan vettäläpiseemättömälle kalvolle tavanomaista painatustekniikkaa käyttäen. Mahdollisia painatusmenetelmiä ovat seripaino, flexopaino ja digitaalitulostus. Eri painatustekniikat täydentävät toisiaan. Esimerkiksi flexopaino soveltuu valmiiden rasterikirjastojen käyttöön.

Hidastuskäsittelyn jälkeen betonipinta pestään, jolloin hidastetut kohdat syövyvät pois. Syövytetyt kohdat noudattavat varsin tarkasti haluttua kuviota. Samassa elementissäkin voidaan käyttää eri syvyistä syövytystä, jolloin saadaan aikaan sävyeroja. Väriaineiden ja erilaisten kivimateriaalien käyttö lisäävät vaihtelumahdollisuuksia.

Nyt Graafisesta Betonista on tullut tuotekehityshanke, joka tähtää menetelmän tuotteistamiseen. Tavoitesuunnitelman mukaisesti projekti kestää vuoden 2001 loppuun. Menetelmä on suunnittelijoiden käytössä vuonna 2002.

Seuranneessa keskustelussa kyseltiin hintatietoja Graafisesta Betonista. Esitelmän pitäjän oma arvio tavallisen rasterikuvion hinnaksi oli n. 50 - 70 mk/m². Valmiita rasterytöitä käytettäessä voidaan päästä vieläkin edullisempiin neliöhintoihin. Yksittäisellä taideteoksella neliöhinta voi olla 300 - 500 mk/m².

LISÄTIETOJA

- Sistonen, E., Tukianen P., Laitala M. & Huovinen S. Teräsbetonirakenteiden korroosioriskin rajoittaminen ulko-olosuhteissa. Teknillinen korkeakoulu Talonrakennustekniikan laboratorio. Julkaisu 11, 198 s.
- Vesikari, E. Julkisivupinnoitteiden vaikutukset betonin vedelläkylästyminenopeuteen, kuivumisnopeuteen, pakkasrapautumiseen, karbonatisoitumiseen ja rauditusten korroosioon. VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka. Sisäinen raportti RTE37-IR1/2001. 62 s.
- Naamanka, S. Graafinen Betoni. Betoni 3/2000.

CONCRETE RESEARCH SEMINAR

This year's concrete seminar addressed several topics and the article gives a summary of the different papers. Concrete building technology programme: A recent survey supports the launch of the concrete building technology programme for the period from 2001 to 2004. The strategy of concrete construction, material studies and the need to develop the repair of concrete structures were discussed in respective reports. Also the

European technology development programmes, the ecoefficiency and the cluster of concrete construction were reviewed.

The concrete building technology programme focuses on four main areas, i.e. material technology, structures, systems and services, planning and building processes, and manufacturing and production technologies. Themes which are common to all of these areas are ecoefficiency and life cycle quality, utilization of information technology, networking, distribution of information and training.

CEN standards: New material standards will be adopted into use by 1 December 2003. This means that national standards will not be permissible thereafter. The first harmonized building product standard was issued for cement and it is effective since 1 April 2001. After a year's transition period, that is to say from 1 April 2002 onwards, only CE-marked cements may be used in Finland.

Environment: Environmental requirements under EN 206-1 and their control were discussed at the meeting. Compared with the provisions of the European guidelines, more stringent parameters may be required, for example, to assure frost resistance in Finland.

Concrete families: The formation and introduction of concrete families would be useful. A concrete family may contain concretes of varying strength, with the exception of high-strength concrete. Every member as well as the family must fulfil the requirements.

Entrainment: The formation of protecting pores is studied in an ongoing project. The distribution of air pores is measured in a thin slice. This gives the average distance between the pores. The specific surface of air grows if the number of small pores increases. The aim of the project is to develop a laboratory method to test the compatibility of additives, to verify air entrainment in a specified concrete, and to assess the distribution of pores therein.

There are also new entraining techniques, such as micropores, microfoams and gas formation. Manageability and optimum (small) pore sizes are the aims of these new methods.

Durability and strength: There was also a paper which reported how to use various types of steels to improve the durability of external structures made of reinforced concrete. Ordinary (black), weather-resistant, galvanized and non-corrosive (stainless) concrete steels were compared with regard to their corrosion resistance. The focus was on hot-dip galvanized steel which, in fact, was found to be a good choice because a reinforcement made of this grade is less expensive than stainless steel.

Service life: The aim of a project carried out in the year 2000 was to explore the impact of coatings on the age strength of concrete facades. Computer simulations were used to find out about their impacts on the

2. Halkaistu betonipinta.
3. Graafinen betoni.
4. Sininen betoni.



moisture content of concrete facades, frost weathering, carbonization and corrosion of reinforcements.

According to the simulations, coatings only delay the appearance of the first frost damages if the concrete is not frost-resistant. Coating factors were formulated for service life planning. They were determined with a view to frost weathering and carbonization.

New developments: Another report discussed recent developments in the production, appearance and application of concrete. Exciting prospects open up, for example, through new patented products, special colour techniques, advanced finishing processes, graphic concrete, etc.