

Vesa Anttila, diplomi-insinööri,
kehityspäällikkö, Lohja Rudus Oy

Espoossa pidettiin 12. – 14. kesäkuuta 2006 kansainvälinen konferenssi betonirakenteiden käyttöiästä ja säilyvyydestä. Järjestelyistä vastasi *Suomen Betoniyhdistys*, kuten myös itse tilaisuuden tapahtumien organisoinnista. Tilaisuuteen oli saapunut iso joukko säilyvyydestä kiinnostuneita asiantuntijoita 20 eri maasta. Tapahtumapaikaksi valittu Hanasaaren kulttuurikeskus tarjosi rauhallisen ja kesäisen kauniin kokouspaikan ympäristöineen.

Symposiumin aihepiiri käsitteli sekä betonirakennuksia yleensä, että myös teollisuus- ja yhdyskuntarakentamista. Symposiumissa jaettiin päivitettyä tietoa viimeaikaisista tutkimuksista ja teorioista koskien käyttöikäsuunnittelua ja säilyvyyttä. Suurta antia kuulijoille olivat myös esitysten pohjalta käydyt keskustelut ja mielipiteiden vaihto asiantuntijoiden kesken. Symposiumin ja myös teknisen toimikunnan puheenjohtajana toimi tekniikan tohtori emeritus professori *Asko Sarja*.

Symposiumin esitykset oli jaettu kahdeksaan eri ryhmään asiasisällön mukaan. Aihekokonaisuudet olivat betonirakenteiden elinkaari-strategia, elinkaarisuunnittelu, vaurioitumismekanismit ja -mallit, rakenteiden toiminta elinkaaren aikana ja niiden käyttöikä, käyttöikäsuunnittelu, toimivuuden arviointi, tarkkailumenetelmät, korjaussuunnittelun optimointi ja korjaustekniikat. Jako eri aihepiireihin oli mielestäni onnistunut ja mahdollisesti keskittymisen tiettyyn aihepiiriin kerrallaan. Koska symposiumin kesto oli vain vajaat kolme päivää, oli osa aihepiireistä jaettu kahteen rinnakkaistapahtumaan. Kaikkia aiheita on tässä mahdoton käydä läpi, mutta alla muutamasta mielestäni kiinnostavasta esitelmästä.

Elinkaarisuunnittelu

Tästä aihepiiristä oli esillä sekä matemaattisia malleja elinkaaren optimoinnille, että käytännön sovelluksia. *Ayaho Miyamoto* esitelmöi japanilaisten informaatiotekniikkaa hyödyntävästä järjestelmästä, jossa betoniputkien jäteveden kemikaalikuormitusta mitataan sijoituspaikan antureilla, joista tieto saadaan kerättyä talteen. Tiedon avulla voidaan arvioida kemikaalien aiheuttamaa rasitusta ja korroosion etenemistä betoniputkissa. Näin on helpompaa huoltaa putkia ja ajoittaa betoniputkien uusimistarvetta.

Hollantilainen *R. Blok* piti esityksen menetelmästä, jolla voidaan arvioida rakennuksen rakenteellista joustavuutta. Arviointia voidaan tehdä sekä uusille, että jo käytettävissä oleville rakennuksille.



Suomen Betoniyhdistys

Merkittävä hyötyä saadaan, kun jo suunnitteluvaiheessa huomioida tilojen muunneltavuus. Esityksessä painotettiin suunnittelun merkitystä, sekä teknisen toimivuuden, että tilankäytön joustavuuden suhteen. Tavoitteena on kehittää vielä mallia, joka huomioisi rakennuksen toiminnallisen käyttöiän suhteessa rakenteelliseen joustavuuteen. Näin varmaan saataisiin toimivampia tiloja vanhojen rakennusten saneerausten jälkeen rakennuksen uusille käyttötarkoituksille.

Vaurioitumismekanismit

Kanadalainen esitelmöijä *Nemkumar Banthia* kertoi Pohjois-Amerikan silloissa olevan paljon suolapakkasvaurioita. He olivat verranneet muovikuitubetonia tavalliseen betoniin ja todenneet testauksilla kuitujen käytön vähentävän betonin läpäisevyyttä myös rakenteen ollessa kuormitettu. Kuitubetonilla saadaan siis pienempi läpäisevyys ja siten parempi kestävyys esimerkiksi pakkasuolarasitusta vastaan. Kuiduista voisi siten olla erityisesti hyötyä silloissa, jossa suolapakkasrasitus on ankara. Siltojen reunapalkkeja ja laattoja onkin paljon korjattu myös pohjoismaissa suolauksen takia.

Japanilainen tutkija *Masayuki Tsukagoshi* esitti tuloksia vesitiiviiden kalvojen vaikutuksesta betonirakenteen karbonatisoitumiseen halkeamien kohdalla. Suojaamalla betonipinta vesitiiviillä kalvolla voidaan edistää pitkää käyttöiän saavuttamista. Hyvän säilyvyyden kannaltahan on oleellista estää betonin karbonatisoitumista teräksiin asti, jotta terästen korrosio ei alkaisi. Testien tulokset osoittivat, että vesitiiviillä kalvolla voidaan hidastaa karbonatisoitumista, mutta ratkaisevaa toimivuudelle on halkeaman koko ja kalvon paksuus. Ohuilla kalvoilla ja leveiden halkeamien kohdalla karbonatisoituminen etenee vaikkakin hitaammin.

Rakenteiden toiminta ja käyttöikä

Mielenkiintoista väriä symposiumiin toi *Peter Utgenannt* (SP) esitelmällään betonin vanhenemi-

1

Espoossa pidettiin 12. – 14. kesäkuuta kansainvälinen konferenssi betonirakenteiden käyttöiästä ja säilyvyydestä. Tilaisuuteen, joka pidettiin Hanasaaren kulttuurikeskuksessa, oli saapunut iso joukko säilyvyydestä kiinnostuneita asiantuntijoita 20 eri maasta.

sen vaikutuksesta betonirakenteiden suolapakkaskestävyyteen. Aihe on hyvin tärkeä meille suomalaisille jo uusien normien ja sen Borås-testien takia. Yhteenvetona tutkimuksista Utgenannt totesi, että karbonatisoituminen on oleellinen tekijä ja vaikuttaa betonin huokosrakenteen kautta pakkasuola-kestävyyteen. Yli kuukauden ikäisellä betonilla muiden tekijöiden merkitys (kuten kuivuminen ja hydrataatioaste) on pieni verrattuna karbonatisoitumiseen. Karbonatisoituminen johtaa merkittävään muutokseen haihtuvan ja jäätyvän veden määrän kuten myös kapillaarihuokosten veden imun suhteen. Positiivinen vaikutus karbonatisoitumisella on suolapakkaskestävyyteen sekä portlandsementeillä, että sideainekoostumuksilla, jossa on portlansementtiä ja silikaa. Sideainekoostumuksilla, joissa on paljon kuonaa, vaikutus on negatiivinen. Karbonatisoituminen vaikuttaa myös muihin kulutuskestävyyteen vaikuttaviin tekijöihin. Karbonatisoitumisaste tulee siis aina huomioida arvioidessa käyttöikä. Asiasta löytyy runsaasti tietoa SP:n ja Utgenanntin kautta.

Käyttöikäsuunnittelu

Tiistaiaamuna *Jouni Punkki* kertoi uuden suomalaisen betoninormin käyttöikäsuunnittelusta. Tämä varmaan antoi ulkomailta tulleille vieraille mielenkiintoista tietoa suomalaisesta käytännöstä. Meillä taulukko- tai laskentamenetelmällä voidaan määrittää rakenteeseen käytettävälle betonille oikea vaatimustaso, kuten maksimi v/s-suhde, lujuusluokka ja minimisementtimäärä. Tällöin lähtökohtana on tuntee rakenteen rasitusluokat ja tavoiteltava käyttöikä. Punkki kertoi uuden laskentamenetelmän antavan enemmän mahdollisuuksia suunnitella toimivia ja kustannustehokkaita betonirakenteita.

Mielenkiintoinen oli myös ruotsalaisten tutkijoiden *Luping Tang* ja *Anders Lindvall* esitys betonirakenteen elinkaaren arvioimisesta terästen kloridikorroosion suhteen. He olivat testanneet eri kloriditunkeuman laskentamalleja ja totesivat kloriditunkeuma ennusteen riippuvan sekä laskentamallista että vertailuolosuhteista. Laskentamallien toimintaperiaatteet ovat erilaisia, joten saatava tulostaso ei ole sama. Eri laskentamallit toimivat myös eritavoin meriympäristössä kuin suolarasitetussa sillassa. Iso merkitys on myös sallitun kloridipitoisuuden kynnyksellä. Usein lähtötietoihin sisältyy vielä epävarmuustekijöitä, jotka tulisi huomioida käyttöikäarviossa. Käytännössä on havaittu, että mallien kloriditunkeuma ei aina vastaa muutenkaan todellisista

rakenteista mitattua tulostasoa. Ennustavia laskentamalleja tulee siis käyttää varovasti, jotta suunniteltava rakenne täyttää vaaditun käyttöiän, mutta ei toisaalta olisi liian kallis ylivarmuuden takia.

Mielenkiintoinen esitelmä oli myös *Fabio Biondin* esitelmä italialaisten pylonisillan korjaushanke. He ovat kehittäneet mallia, jolla voidaan suunnitelmassa optimoida sillan toimivuus koko käyttöajalle, eikä vain alkuvaiheen kuormituksille. Mallilla voidaan arvioida rakenteen käyttöikä ajan kuluessa tapahtuvan vaurioitumisen johdosta, kuten myös korjaus ja ylläpitotoimien käyttöikä pidentävä ja sillan rakenteellista toimivuutta parantava vaikutus. Malli osoittaa selvästi kuinka paljon rakenteen tasainen huoltoväli korjaustoimineen lisää käyttöikä ja parantaa rakenteen suorituskykyä. Oikean ylläpidon seurauksena myös rakenteen huoltokustannukset ovat pienemmät, koska vaurioiden määrä ja suuruus jää pienemmäksi. Esimerkkinä italialaiset esittivät Milanolaisen sillan korjaushankkeen, jossa sillan vaurioituneet pylonit korjattiin karbonatisoitumista ja teräskorroosiota vastaan.

Toimivuuden arviointi

Rakenteiden vaurioiden ja toimivuuden selvitys on tärkeää kunnossapidon ja korjaustoimien mitoituksen takia. Mielenkiintoisena esimerkkinä tästä oli esitelmä Tallinnassa olevasta vuosiasadan alussa rakennetusta vesitasolentokoneiden hallirakennuksesta. Lentokonehalli on sinänsä varsin näyttävän näköinen ja julistettu kansallisesti arvokkaaksi rakennukseksi, mutta se on kärsinyt pahoja vaurioita. Rakennuksen huolto on laiminlyöty ja esimerkiksi kattorakenteet ovat vaurioituneet. Kantavuus on siksi heikko betonin rapautumisen ja terästen korroosion takia. Viime aikoina onkin tehty selvityksiä vaurioiden vakavuudesta ja laadusta korjaustoimien arvioimiseksi. Tämän rakennuksen korjaaminen tulee olemaan hyvin haastava projekti jo vaurioiden vakavuuden takia. Usein vanhoissa korjauskohteissa ei ole aina tarkkaa tietoa tehdyistä rakenteista, koska rakennuspiirustukset ovat puutteellisia. Tässä tapauksessa ei piirustuksia enää ole, joten korjaustoimet on tapauskohtaisesti selvitettävä. Esitelmän piti *Heiki Onton*.

Mielenkiintoinen esimerkki nykytekniikan soveltamisesta oli japanilaisten kehittämä menetelmä arvioida betonirakenteen pakkaskestävyyttä betonipinnan väriä mittaamalla. Menetelmä vaatii varmasti kehittämistä, mutta voisi tarjota nopeaa tapaa arvioida betonin pakkaskestävyyden tasoa

ajan suhteen käytännön rakenteissa ilman rakennekokeita. Varsinaiset rakennekokeet pakkaskestävyyden määrittämisessä ovat usein aikaa vieviä, rikkovat rakennetta ja ovat kalliita. Esitelmän piti *Makoto Kagaya*.

Posterit esittelyt

Posterit esittelyssä *Herbert van der Ham* esitteli hollantilaisien halkeiluriskin arviointiin käyttämän Monte Carlo-mallinnuksen. Pitkän käyttöiän saavuttamista edesauttaa, jos rakenteen halkeilu voidaan välttää. Usein halkeilu syntyy jo betonin kovettumisen alkuvaiheessa. Tässä Monte Carlo-simulaation avulla voidaan arvioida halkeilun ajankohtaa sekä yksittäisten tekijöiden merkitystä halkeilulle. Käytännössä rakenteen halkeiluun vaikuttaa moni tekijä kuten valupaikan olosuhteet, rakennematat ja betonin koostumus. Käytännössä halkeilua pyritään nyt välttämään kokemusperäisellä tiedolla, koska laskentaohjelmia asialle ei juuri ole. Laskentamalli, jolla voitaisiin huomioida halkeiluun vaikuttavat tekijät ja siten saada varmaa tietoa halkeiluherkkyydestä olisi hyödyllinen työkalu monen työmaan rakenteiden ennakkosuunnittelussa.

Loppukommentti

Symposiumin esitykset ovat saatavissa Betoniyhdistyksen kautta. Aiheet osoittivat jälleen kerran, että betonirakenteiden säilyvyys ja käyttöikä on hyvin monimutkainen asiakokonaisuus ja paljon on vielä selvitettävää. Kuten Sarja alkupuheessaan totea, on vielä puutteita sekä teorioissa että käytännön vaurioiden ymmärtämisessä ja koulutuksessa koskien käyttöikä- ja korjaussuunnittelua. Tiedon ja oikeiden toimintatapojen koulutus onkin alalle jatkossa hyvin tärkeää. Eräs havainto on tietotekniikan voimakas mukaantulo säilyvyyden ja käyttöiän arviointiin. Useissa esityksissä hyödynnettiin tietotekniikan mahdollisuuksia sekä mittauksiin että tulosten käsittelyyn.

Symposiumi onnistui tavoitteessaan tuoda alan uusinta tietoa esille ja ainakin allekirjoittaneen mielestä säilyvyysasioihin keskittyviä tapahtumia tulee järjestää lisää, koska myös Suomessa on paljon lisätiedon tarvetta. Myös järjestelyt toimivat Betoniyhdistyksen puolelta hienosti. Olin itse tyytyväinen symposiumin antiin ja mahdollisuuteen tutustua mielenkiintoisimpien esitelmien aiheisiin henkilökohtaisten keskustelujen kautta. Paljon riittää kuitenkin vielä säilyvyysasioissa selvitettävää ja tehtävää.