

ITSETIIVISTYVÄ BETONI JA SEMENTTIVALINNAT SILLANRAKENTAMISESSA

Seppo Matala, tekniikan tohtori
Matala Consulting



1

Markku Nousiainen, TIEH

1
Mustasaarella sijaitsevan Raippaluodon sillan tuissa, päällysrakenteessa ja pyloneissa on käytetty sulfaatinkestävää portlandsementtiä.

2
Sillan siipimuurin pilasterin rauditus.

3
Jännitetyn teräsbetonisen palkkisillan päätypalkin ankkurointialueen rauditus.

Tiehallinto on ajantasaistanut sillanrakentamista koskevaa ohjeistoaan vastaamaan uudistetun betoninormin vaatimuksia ja "normittamalla" myös itsestivistyvän betonin käyttöä koskevia ohjeita. ITB-ohjeistus katsottiin välttämättömäksi, koska betoninormeihin ei ole toistaiseksi sisällytetty asianomaisia vaatimuksia ja koska kansainvälinen normitustyö on vielä IT-betonin osalta keskeneräinen.

Toinen merkittävä muutos on sisällytetty Betonirakenneohjeeseen, jossa määritellään sillan osille rasitusympäristöstä riippuvat rasitusluokkaryhmät, joiden perusteella on asetettu vähimmäisvaatimukset betonin lujuudelle, P-luvulle ja betonipeitteen

nimellisarvolle. Tämän lähinnä suunnittelua koskevan ohjeen lisäksi on laadittu suunnittelijoita varten ohje sulfaatinkestävän sementin valitsemiseksi sillanrakennuskohteissa. Seuraavassa tarkastellaan lähemmin edellä esitettyjä ohjeita.

ITSETIIVISTYVÄN BETONIN LAATUVAATIMUKSET

Itsetiivistyvän betonin eli IT-betonin käytön mahdollistamiseksi Tiehallinto lisäsi sillanrakentamista koskevaan ohjeeseen "Sillanrakentamisen yleiset laatuvaatimukset. Betonirakenteet – SYL 3" IT-betonia koskevat laatuvaatimukset jo vuonna 2005.

SYL 3:n IT-betonia koskevat laatuvaatimukset kirjattiin ohjeiston sisään tavanomaisen täytettävän betonin laatuvaatimusten joukkoon. Suurimmat lisävaatimukset koskevat betonin ennakkokokeita, betonimassan laadunvalvontaa, työnsuoritusta ja sen laadunvalvontaa.

IT-betoni on erikoisbetonia, jonka laatuominaisuuksien vaihtelu on herkkä osa-ainemuutoksille. Koska materiaalin käyttö varsinkin paikallavalukohteissa on harvinaista, tulee betonin valmistamisessa betonin laadusta, laadun toteamiseksi tehtävistä ennakkokokeista ja käytettävistä koemenetelmistä sekä vastuurajoista betonoinnin aikana ja kohteen toteutustavasta sopia ennakolta massan valmistajan ja urakoitsijan välillä.

Tuoreen IT-betonin koostumuksen määrittämiseksi, koossapysyvyyden ja itsetiivistyvyysominaisuuksien ja huokostusilman pysyvyyden varmistamiseksi tehdään tarvittavat ennakkokokeet. Paikallavalukohteissa lisäksi edellytetään, että kuljetusmatkan, lämpötilan, valumenetelmän ja rakennuspaikalla tehtävän massan notkeuden korjaamisen vaikutus tuoreen betonin ilmamäärään ja ilman pysyvyyteen selvitetään. Koska itsetiivistyvän betonin laadunvalvontakokeiden koemenetelmiä ei ole standardoitu, jouduttiin SYL 3:een liittämään tarvittavien koemenetelmien kuvaukset.

Koevalun käyttö on aina suositeltavaa betonin koostumuksen varmistamisessa. Valmistajan on laadittava ennakkokokein varmistettu ohje notkeuden korjaamista varten, jossa massan lämpötilan vaikutus notkeuteen on myös selvitetty. Notkeuden korjaamisen vaikutus tuoreen betonin ilmamäärään selvitetään myös ennakkokokeilla.

Itsetiivistyvää betonia käytettäessä ennen betonointisuunnitelman tekoa on sovittava kohteen toteutustavasta. Ennen betonointia käsitellään ja sovitaan suunnittelijan, betonin toimittajan ja urakoitsijan kesken seuraavat toteutukseen vaikuttavat tekijät:

- valettava rakenne ja sen asettamat vaatimukset
- muotti (materiaalit, suunnittelu, lujuus)
- sääolosuhteet ja massan siirrot
- vastuiden jako (massa, rakenne, betonointilupa)
- laatuvaatimukset betonille sekä niiden mittaustavat.

Itsetiivistyvän betonin hyväksymiseen ja laadunvalvontaan liittyvät kokeet ja hyväksymiskriteerit esitetään betonointisuunnitelmassa. Hyväksymiskokeet tehdään aluksi viidelle ensimmäiselle toimitetulle kuormalle. Jos betoni näissä kokeissa täyttää

vaatimukset, tehdään hyväksymiskokeet tämän jälkeen joka kolmannelle kuormalle ja jokaiselle kuormalle tehdään silmämääräinen tarkastus ennen betonointiluvan antamista. Pakkaskestävän IT-betonin ilmamäärä mitataan aina valupaikalla.

IT-betoni on sekoitettava työmaalla ennen näytteenottoa. Työmaalla tapahtuvalla sekoituksella varmistetaan, että mahdollisesti matkalla erottunut kuorma sekoittuu tasalaatuisiksi. Massan notkeutta ei työmaalla säädetä vedellä ja massan korjauksen tulee perustua ennakolta laadittuun suunnitelmaan. Mikäli itsetiivistyvän betonin laatu ei täytä sovituita vaatimuksia, massaa ominaisuuksia voidaan työmaalla korjata massan notkeustason ja stabiiliuden suhteen, mutta ei ilmamäärän suhteen. Onnistuneen IT-betonin ja sen valutyön vaatimustenmukaisuuden (kelpoisuuden) osoittaminen ei poikkea tavanomaisesta betonista.

ITSETIIVISTYVÄN BETONIN KÄYTTÖKOHTEITA SILLANRAKENNUKSESSA

IT-betonin käyttö siltakohteissa on ollut varsin vähäistä, vaikka ilmeistä tarvetta sen käytölle on olemassa. Uudistunut siltasuunnittelussa noudatettava betonirakenneohje /4/ on lisännyt halkeamamitoituksen kautta erityisesti suolarasitettujen siltorakenteiden rauditusmääriä, jolloin rauditustankojen vapaavälit jäävät usein pieniksi. Toinen varsin yleinen tiheästi raudoitettu sillan osa on ollut jännitettyjen palkkisiltorakenteiden ankkurointialueet ja pilarit, joissa on selvä itsetiivistyvän betonin käyttöalue. Siltorakenteiden korjauksessa on niin ikään runsaasti osa-alueita, joissa itsetiivistyvällä betonilla saavutetaan selviä etuja.

Urakoitsijat eivät ole laajasti omaksuneet IT-betonin käyttöä. Lopputuotteen paremmalle laadulle, reklamaatioiden ja arvonalennusten vähenemiseksi, nopeutuvalla rakennusaikataululle ja vähentyvälle työtekijätarpeelle, jotka ovat IT-betonin selviä etuja, ei ainakaan vielä ole ollut riittävästi kysyntää. Elementtiteollisuudessa IT-betonin käyttö on sen sijaan yleistynyt kiitettävästi.

SILTAKOHTEIDEN SEMENTTIVALINNAT

Suomessa kaikkia markkinoilla olevia sementtilaatuja voidaan käyttää siltakohteissa. Kaikilla sementtilaaduilla ja oikealla suhteituksella päästään vaatimaan pakkaskestävyysluokkaan P50. Rakenteiden massiivisuuden vuoksi lämmönkehityksen hallitsemiseksi hitaimmat sementit kuten Yleissementti ja Perussementti olisivat suositeltavimpia.



2

Seppo Matala



3

Seppo Matala

Mikään ei ole esteenä myöskään vielä runsaammin seostettujen sideaineiden käytölle esimerkiksi peruslaatoissa, vedenalaisissa rakenteissa, P20-tasoa olevissa siltabetoneissa ja yleisesti voimakkaan ympäristörasituksen ulottumattomissa olevissa rakenneosissa. Mahdollisimman pienellä klinkerimäärällä toteutetun sementti-seosainekombinaation käyttö yhdistettynä pitkän kestoajan kehittyneisiin kuorirakennusratkaisuihin olisi myös ympäristöystävällisin.

Koska sulfaatinkestävän portlandsementin CEM I (SR) käyttö on viime vuosina yleistynyt sillanrakennuksessa sellaisissakin kohteissa, joissa sen käyttö ei ole tarpeellista ympäristön sulfaattirasituksen vuoksi, on Tiehallinto on laatinut julkaisun "Sulfaatinkestävän sementin valinta siltorakentamisessa 15.6.2007". Julkaisu on tarkoitettu sekä suunnittelijoille että betonin valmistajille.

Julkaisussa käsitellään sulfaattirasituksen tasoa Suomessa, suunnittelijan tekemää rasitusluokan valintaa sulfaattipitoisuuden raja-arvojen mukaan, betonin valmistajan tekemää sementin ja betonin

valintaa määrittelyn rasisluokan mukaan ja sulfaatinkestävän sementin vaikutuksia betonin ominaisuuksiin.

Suomessa sulfaattirasitus on yleisesti tasolla, jota ei luokitella kemiallisesti aggressiiviseksi pitoisuudeksi. Meriveden sulfaattipitoisuus ylittää yleensä rasisluokkaan XA 1. Paikallisesti Länsi- ja Etelä-Suomen rannikkoseudulla voi esiintyä maaperässä ja pohjavesissä aggressiiviseksi luokiteltavia pitoisuuksia, jotka saattavat edellyttää sulfaattirasituksen huomioon ottamista sementin valinnassa. Paikallisesti myös sadevesien sisältämä sulfaatti voi nostaa maaperän sulfaattipitoisuutta.

Jos sillan rakenneosa sijoittuu ympäristönsä sulfaattipitoisuuden perusteella aggressiiviseen ympäristöön, suunnittelija merkitsee sillan rakennussuunnitelmaan sillan osan rasisluokkaryhmän /4/ lisäksi kemiallista rasisutusta osoittavan XA-rasisluokan joko XA 1, XA 2 tai XA 3. *Suunnitelma-asiakirjoihin ei merkitä käytettävää sementtilaatuja kuin erikoistapauksissa.* Suunnittelija tarkastaa lisäksi, että betonin lujuusluokkavaatimus täyttää vähimmäislujuusluokkavaatimuksen kemiallisesti aggressiivisessä ympäristössä. Vähimmäislujuusluokkavaatimus XA-rasisluokissa /3/ on yleensä suurempi kuin Betonirakennusohjeen /4/ asettama lujuusluokan rakenneosakohtainen vähimmäisvaatimus.

Betonin valmistaja määrittelee kemiallisen ympäristön rasisluokkaryhmän (XA 1, XA 2 tai XA 3) perusteella betonin koostumuksen. Sen tulee täyttää SYL3:n /1/ ja julkaisun Siltabetonien P-lukumenettely /2/ perusteella määräytyvät sillan rakenneosakohtaisen rasisluokkaryhmän asettamat vähimmäisvaatimukset ja aggressiivisen kemiallisen ympäristön edellyttämät betonin koostumusta koskevat vähimmäisvaatimukset /3/.

On huomattava, että rakenneosan sijoittuminen kemiallisesti aggressiiviseen ympäristöön ei johda välttämättä sulfaatinkestävän sementin käyttöön. Kaikkia Suomessa valmistettavia sementtejä voidaan käyttää rasisluokan XA 1 vaatimukset täyttävään betoniin. Jos sillan rakenneosa kuuluu rasisluokkiin XA 2 tai XA 3 *ympäristön sulfaattipitoisuuden perusteella*, sulfaatinkestävää sementtiä on käytettävä. Tässäkin on huomattava, että rakenne voi kuulua ympäristöluokkiin XA 2 tai XA 3 jokin muunkin rasisituksen kuin sulfaattirasituksen perusteella, jolloin perusteita sulfaatinkestävän sementin käytölle ei luonnollisesti synny.

Sulfaatinkestävistä sementtilaaduista Suomes-

sa valmistetaan sulfaatinkestävää portlandsementtiä CEM I 42,5 N (SR). Sulfaatinkestävyyssvaatimuksen täyttää myös sideainekoostumus, jonka masuunikuonapitoisuus on vähintään 70 %. Jos rakenteelle on asetettu sulfaatinkestävyyss- ja P-lukuvaatimus, käytetään sulfaatinkestävää portlandsementtiä CEM I (SR).

Yksi syy käytön yleistymiseen on betoniteknologinen. Betonin vedentarve on SR-sementtiä käytettäessä pienempi kuin muita Suomessa valmistettavia sementtilaatuja käytettäessä, jolloin voimakkaasti vesi-sementtisuhteesta riippuva P-luku on ollut helpompi saavuttaa. SR-sementillä valmistettu betoni on värisävyltään tummempaa kuin muilla sementeillä valmistettu betoni. Kohteissa, joissa käytetään muottikangasta, pinnasta tulee tummempi kuin ilman muottikangasta ja tällöin betonin tummuus korostuu entisestään SR-sementtiä käytettäessä. Väriä tummentaa edelleen SR-sementin yhteydessä käytettävä silika.

Kloridirasituksen alaisissa sillan osissa kuten reunapalkit ja pilarit edellytetään CEM I (SR) sementin yhteydessä silikan käyttämistä betonin tiiviyyden parantamiseksi (silikaa 3-5 % sideaineen määrästä). Silikan saatavuudessa on kuitenkin viime aikoina esiintynyt ongelmia. Tämän johdosta, kun sillan rakennussuunnitelmassa on edellytetty SR-sementin käyttämistä, vaikka ympäristön sulfaattirasitus ei olisi sitä edellyttänyt, on siltojen rakennusvaiheessa jouduttu suunnitelmia muuttamaan.

LÄHTEET:

- /1/ Sillanrakentamisen yleiset laatuvaatimukset. Betonirakenteet – SYL 3. TIEH 2200034-05. + päivityssivu.
- /2/ Siltabetonien P-lukumenettely. Tiehallinnon selvityksiä 30/2005. Lokakuu 2006. TIEH 3200942-v.
- /3/ Sulfaatinkestävän sementin valinta siltojen suunnittelussa ja rakentamisessa.
- /4/ Betonirakennusohjeet 2006. TIEH 2100037-v-06.

Julkaisut 1- 4 löytyvät kokonaisuudessaan osoitteesta www.tiehallinto.fi/sillat kohdissa: *Suunnitteluohteet ja Rakentamisohteet.*

SELF-COMPACTING CONCRETE AND CEMENT CHOICES IN BRIDGE CONSTRUCTION

The Finnish Road Administration has updated the guidelines for bridge construction on the basis of the requirements of the renewed concrete norm, and has also standardised the guidelines for use of self-compacting concrete. These guidelines were considered necessary as the concrete norms at present do not include requirements related to self-compacting concrete, and as international standardisation with respect to self-compacting concrete is still under preparation.

Another significant change is the definition of exposure class groups for bridge components, based on the exposure conditions. The definition is included in the guidelines for concrete structures, and it is used as the basis for specifying minimum requirements for concrete strength, P rate and the nominal value of the concrete cover. In addition to these guidelines that are mainly utilised in design, guidelines have also been drawn up to designers for the selection of sulphate resistant cement for bridge construction applications.

The use of self-compacting concrete has been quite restricted in bridge applications, although it is evident that it would be the right choice in many cases. The use of self-compacting concrete has not gained ground among contractors to any significant extent. The clear advantages offered by self-compacting concrete, such as better end-product quality, less complaints and deterioration of value, shorter construction schedules and smaller workforce have not been considered sufficiently important criteria, at least not up till now. In precast element industry, on the other hand, the use of self-compacting concrete has increased commendably.

All cement grades commercially available in Finland can be used in bridge applications. All the cement grades, together with correct mix designs, will produce the P50 frost resistance class. Due to the massiveness of the structures, the retarded cement grades are recommended in order to control heat development.