

Uutta betonia vanhaa hyödyntäen

Anna-Maria Nieminen, dipl.ins., asiantuntija
Vahanan Rakennusfysiikka Oy

Rakennusten purkaminen on yleistynyt, jolloin myös betonisen purkujätteen määrä on kasvanut. Suomessa betonijätteen kierätys rajoittuu tällä hetkellä pääosin murskeen hyödyntämiseen maarakennuksessa, vaikka hyötykäyttöä olisi mahdollista kehittää siten, että betonimursketta käytetään uusiobetonin raaka-aineena.

Useissa Euroopan maissa murskatun betonin käyttö uusiokiviaineksena on tavanomaista, mutta Suomessa betonimurske hyödynnetään pääosin maarakennustarkoitukseen. Kuitenkin betonimurskeen laadun ja lujuusominaisuuksien ollessa hyvät, sen hyödyntäminen uusiobetonin valmistuksessa olisi järkevää ja suositeltavaa. Useilla valmistajilla murske on CE-merkitty standardin SFS-EN 13242 (Maa- ja vesirakentamisessa käytettävät sitoutumattomat ja sidotut kiviainekset) mukaisesti. Vastaavalla menetelmällä valmistettua mursketta voidaan helposti ja luotettavasti alkaa hyödyntää myös uusiobetonin valmistuksessa. Uusiokiviaineksella voidaan korvata uusiutumattomia luonnonkiviainesvaroja ja mahdollisesti myös vähentää betoninvalmistuksessa käytettävän sementin määrää.

Betoninen purkujäte

Rakennusten purkaminen on yleistynyt sekä Suomessa että muualla maailmassa. Useat peruskorjauksissa olevat rakennukset ovat tekniikaltaan tai toiminnallisuudeltaan jääneet jälkeen yleisestä kehityksestä, tai eivät muuten vastaa enää nykytarpeisiin. Vaadittujen muutosten toteuttaminen ei ole aina mahdollista tai järkevää, joten viime vuosina enenevässä määrin rakennuksia on päädytty purkamaan uudisrakennusten tieltä. Vanhat koulut ovat tyypillinen esimerkki siitä, että korjaamisen sijaan päädytään usein purkamaan vanha ja rakentamaan tilalle uusi nykytarpeita paremmin vastaava koulu. Lähiöiden ostoskes-

kuksia, peruskorjattavia toimistorakennuksia sekä asuinkerrostaloja on myös purettu, jotta tontin ala saadaan tehokkaampaan käyttöön, esimerkiksi uusien korkeampien rakennusten avulla. Tuotantorakennuksia on purettu, koska tuotantotekniikoiden kehittyessä rakennukset ja linjat ovat jääneet tarpeettomiksi.

Peruskorjauksissa olevat rakennukset on rakennettu pääosin 1970- ja 80-luvuilla. Betonia on tuolloin käytetty paljon rakennusmateriaalina, kantavissa rakenteissa ja betonielementteinä. Betonin ominaisuuksiin on ollut tiedossa ja betonin laatua on ohjattu. Yleiskäsityksenä on, että kyseisinä vuosikymmeninä rakentamisessa käytetty betoni on ollut jo alun perin hyvälaatuisia ja tasalaatuisia. Lisäksi tänä päivänä arvioitaessa betonirakenteiden lujuudet ovat kokemuksiin perustuen usein suunnittelulujuuksia korkeampia. Betonin tavoitelujuus vastaa lujuutta 28 vuorokauden jälkeen valusta. Lujuudenkehitys jatkuu kuitenkin edelleen vielä tämänkin jälkeen. Kun 1970- tai 80-luvun rakennuksia puretaan, lisääntyy hyvälaatuisen betonijätteen määrä merkittävästi.

Betonijätettä syntyy Suomessa vuosittain arviolta lähes miljoona tonnia. Jättemäärästä hyötykäytetään noin 70 prosenttia, pääosin maarakentamiseen. Purkamisessa syntyvän betonijätteen koostumus ja laatu määräytyvät purkukohteen mukaisesti. Purkubetonin tekniset ominaisuudet ja ympäristökelpoisuus onkin varmistettava ennen uudelleenkäyttöä. Mikäli betonista purkujätettä halutaan hyö-

dyntää murskeena, purettavasta rakennuksesta tulee laatia huolellinen purkus suunnitelma, jossa arvioidaan betonijätteen soveltuvuus hyödynnettäväksi ja varmistetaan ympäristökelpoisuus. Suunnitelmassa tulee kuvata rakennuksen historia, aiempi toiminta, käytetyt muut rakennusmateriaalit sekä arvioitava ja tutkittava mahdolliset rakennuksen haitalliset aineet. Purkus suunnitelmassa tulee kuvata lisäksi purkumenetelmät sekä betonisen purkujätteen lajittelu ja varastointi. Tämä on erityisen tärkeää siinä tapauksessa, että rakennuksessa on myös hyödynnettäväksi kelpaamatonta betonijätettä. Lisäksi on huolehdittava purkutyön valvonnasta, jotta varmistetaan, että jätteet on lajiteltu ja varastoitu suunnitelmien mukaisesti.

Uusiokiviaines

Purkamisen yleistytessä on kehitettävä materiaalien kierrätystä ja uusiokäyttöä. Uusiokiviaines terminä tarkoittaa kiviainesta, joka on valmistettu aikaisemmin rakentamisessa käytetystä, epäorgaanisesta materiaalista. Uusiokiviaineksena voidaan käyttää murskattuina erilaisia materiaaleja, kuten betonia, tiiltä ja lasia. Kaikki ”epäpuhtaudet” uusiokiviaineksessa kuitenkin vaikeuttavat betonin ominaisuuksien hallintaa

1 Betonielementtirakenteisen rakennuksen toinen siipi on purettu ja hyvälaatuisia potentiaalista uuden betonin raaka-ainetta olisi runsaasti tarjolla.





2

2 Helsingissä puretun betonirakenteisen rakennuksen purkamisesta syntynyt betonimurske hyödynnettiin maarakentamiseen.

3 Betonimurskeen laadulla on vaikutusta uusiobetonin ominaisuuksiin. Diplomityön koebetonista tehdyssä ohuthiessä on erittäin harvarakenteinen uusiokiviainesrae, joka on havaittavissa kuvassa vaaleana ja keltaisena alueena. Kuvan lyhyt sivu vastaa näytteessä 7 mm.

4 Diplomityön koebetonissa, jossa on käytetty myös hienointa uusiokiviainesta, on vaikea erottaa uusiokiviainesraakeita mikroskooppisesti. Kuvaan on ympyröity kolme todennäköisesti alle 0,5 mm:n uusiokiviainesraetta. Kuvan lyhyt sivu on 1,5 mm näytteestä.

ja esimerkiksi lasi saattaa joissain tapauksissa heikentää betonin säilyvyyttä haitallisten kemiallisten reaktioiden vuoksi. Yleisimmin uusiokiviaineksena käytetään murskattua betonia, joka saa sisältää standardin mukaisesti pieniä määriä muita epäorgaanisia materiaaleja, kuten tiiltä. Murskattua tiiltä, tiililaattoja ja muita vastaavia materiaaleja käytetään uusiokiviaineksena, mutta mikäli tiilimurskeen osuus uusiokiviaineksessa on erittäin korkea, saatetaan joukkoon joutua lisäämään puhdasta betonimursketta ominaisuuksien parantamiseksi.

Betonisen purkujätteen kierrätyksen kehittäminen on tärkeää, koska sitä hyödynnettäessä uusiobetonin valmistuksessa voidaan purkujätteellä korvata luonnonkiviainesta. Purkubetonista saadun karkean uusiokiviaineksen käytöllä betonin valmistuksessa on positiivisia vaikutuksia, kuten ympäristön saastumisen vähentäminen, kaatopaikkajätteen määrän vähentäminen sekä luonnonkiviainesvarojen säästyminen. Vaihtoehtoisten kiviainesten käyttöä tullaan tulevaisuudessa lisäämään. Purkujätteen kierrätyksellä ja uudelleenkäytöllä pystytään myös vähentämään kuljetuskustannuksia ja energiankulutusta. Betonisen purkujätteen hyödyntäminen uusiokiviaineksena betonissa on tavanomaista monissa Euroopan maissa, kuten Alankomaissa ja Belgiassa, jotka ovat muutenkin edistyskellisiä materiaalien kierrätyksessä.

Luonnonkiviainekselle on asetettu erillinen vero muutamissa Euroopan maissa, kuten Ruotsissa, Tanskassa ja Englannissa. Verotuksen toteutuksessa on hieman eroavaisuuksia eri maissa, mutta veron tarkoituksena on kannustaa vaihtoehtoisten ja kierrätettyjen materiaa-

lien käyttöön. Esimerkiksi Tanskassa kiviaineksen verotus koskee Tanskassa käytettäviä tai maahantuotuja raaka-aineita, joihin luetaan luonnonsoran lisäksi myös muut luonnon raaka-aineet (hiekkä, kivi, savi ym.). Samaan aikaan kiviaineveron kanssa Tanskassa on muutettu jäteveroa. Näillä verouudistuksilla on haluttu rohkaista kierrätettyjen materiaalien hyödyntämiseen. Tavoite on onnistunut, sillä rakennus- ja purkujätteen kierrätysprosentti on vuonna 1985 ollut 12 % ja vastaavasti vuonna 2004 noussut jo 94 %:iin.

Betonisen purkujätteen lisäksi kierrätettävää betonimursketta saadaan ylijäämänä valmisbetonin tai betonituotteiden (kuten elementtien) tuotannosta. Ylijäämäbetonin hyödyntäminen uusiokiviaineksena on kannattavaa, koska sitä syntyy väistämättä tuotantoprosessien sivutuotteena. Verrattuna purkubetoniin, tuotannon ylijäämäbetoni on puhtaampaa, ja sen laatu ja ominaisuudet ovat tiedossa tarkemmin. Ylijäämäbetonista valmistetun murskeen hyödyntäminen betonin valmistuksessa johtaa vastaaviin muutoksiin betonin ominaisuuksissa kuin purkubetonista valmistetun murskeen käyttö. Ylijäämäbetonin hyödyntäminen uusiokiviaineksena ei edesauta pelkästään kiviaineksen ja sementin, vaan myös mahdollisesti betonissa käytettyjen muiden osa-aineiden kuten lentotuhkan ja masuunikuonan kierrätettävyyttä.

Uusiobeton

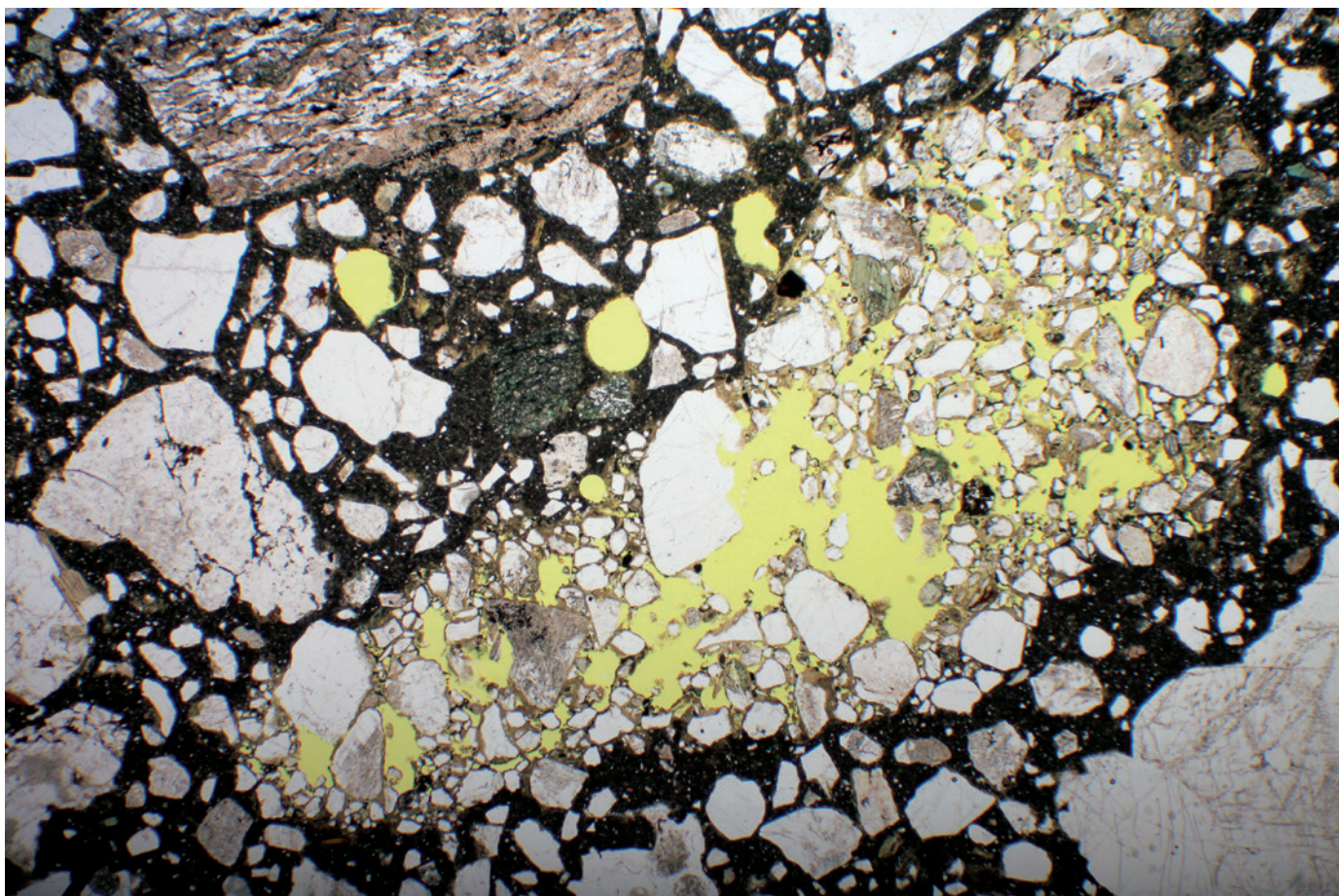
Yleisesti on tiedossa, että uusiokiviaineksen käyttö betonissa alentaa lujuuksia ja saattaa aiheuttaa tiettyjen ominaisuuksien heikkenemistä. Useissa tutkimuksissa on kuitenkin havaittu, että valmistustekniikkaa kehittämällä

voidaan merkittävästi parantaa betonin ominaisuuksia, eikä siten välttämättä ole tarvetta lisätä sementtiä.

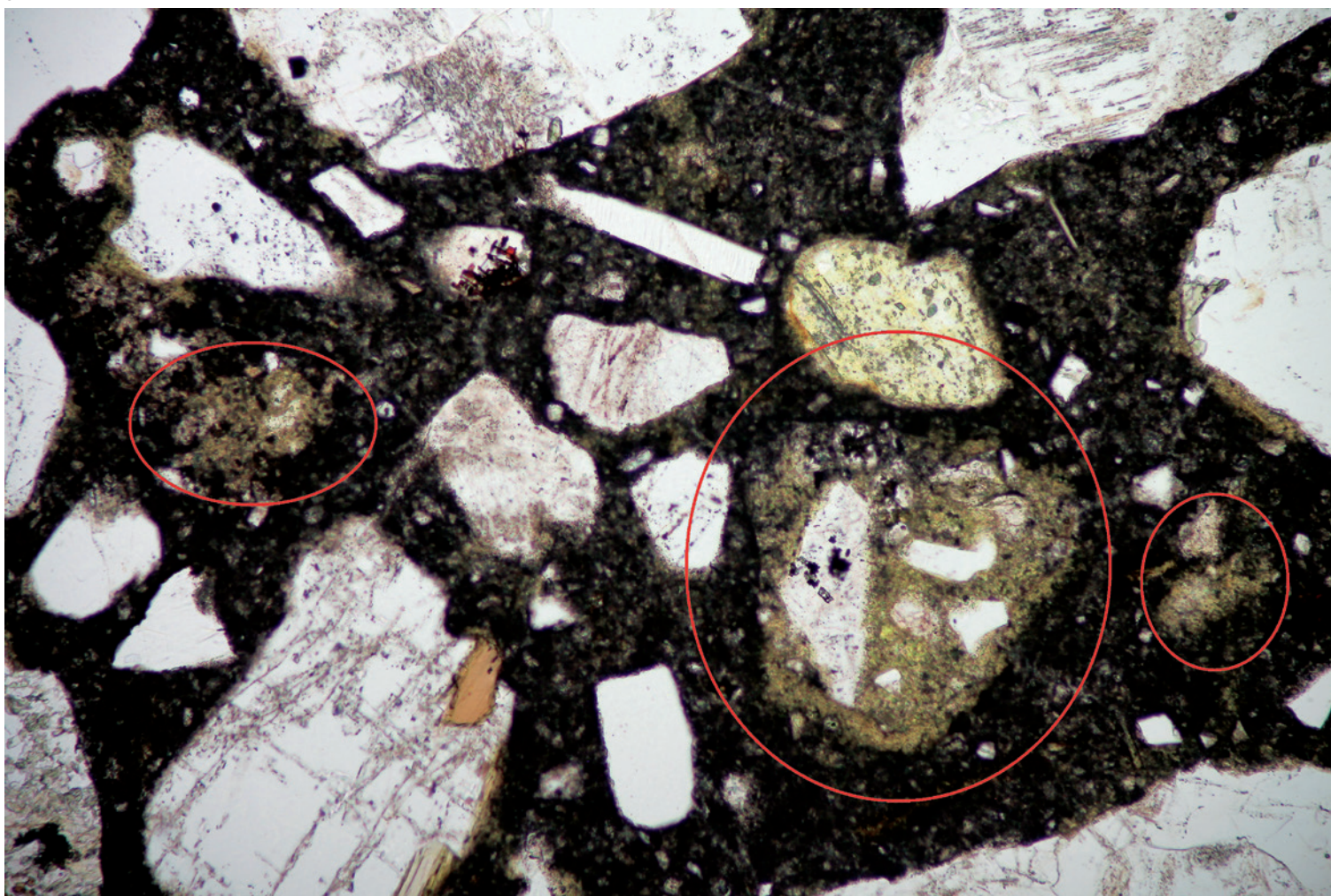
Purkubetonista valmistetaan uusiokiviainesta murskaamalla betoniset rakenneosat mekaanisesti pienemmiksi kappaleiksi. Magneettien avulla murskeesta erotellaan magneettiset metallit. Murskauksen jälkeen seulontalaitteistolla uusiokiviaines jaotellaan eri raekokoihin. Uusiokiviaineksen raemuotoa ja koostumusta voidaan parantaa murskaamalla betoni monivaiheisena, koska murskausvaiheiden lisääminen vähentää sementtipastan osuutta uusiokiviainesraakeissa.

Murskaus voidaan suorittaa purkutyömaalla siirrettävillä laitteistoilla, jolloin saavutetaan merkittävä etu jätteen kuljetuksesta aiheutuvien kustannusten ja päästöjen alenemisella. Vaihtoehtoisesti betonijäte voidaan työmaalla hajottaa pienemmiksi kappaleiksi, jotta jäte saadaan kuljetettua erilliseen murskauslaitokseen. Murskauslaitos voitaisiin perustaa betoniaseman läheisyyteen, jolloin betonisen purkujätteen kuljetusmatkat pienenevät huomattavasti.

Uusiokiviaineksen sekä siitä valmistettavan betonin laatuun ja ominaisuuksiin vaikuttaa murskatun betonin laatu. Näin ollen on tarpeen kehittää betoniselle purkujätteelle laatuoluokittelua, jotta betonimursketta voidaan hyödyntää uusiokiviaineksena laaja-alaisesti. Kun purkubetonin laatu on tiedossa, myös uusiokiviaineksen raaka-aineen ominaisuudet tunnetaan. Betonimurskeen hyödyntäminen uusiobetonissa on erityisen hyödyllistä ja luotettavaa silloin, kun murske valmistetaan ominaisuuksiltaan ja lujuudeltaan hyvästä lähdemateriaalista.



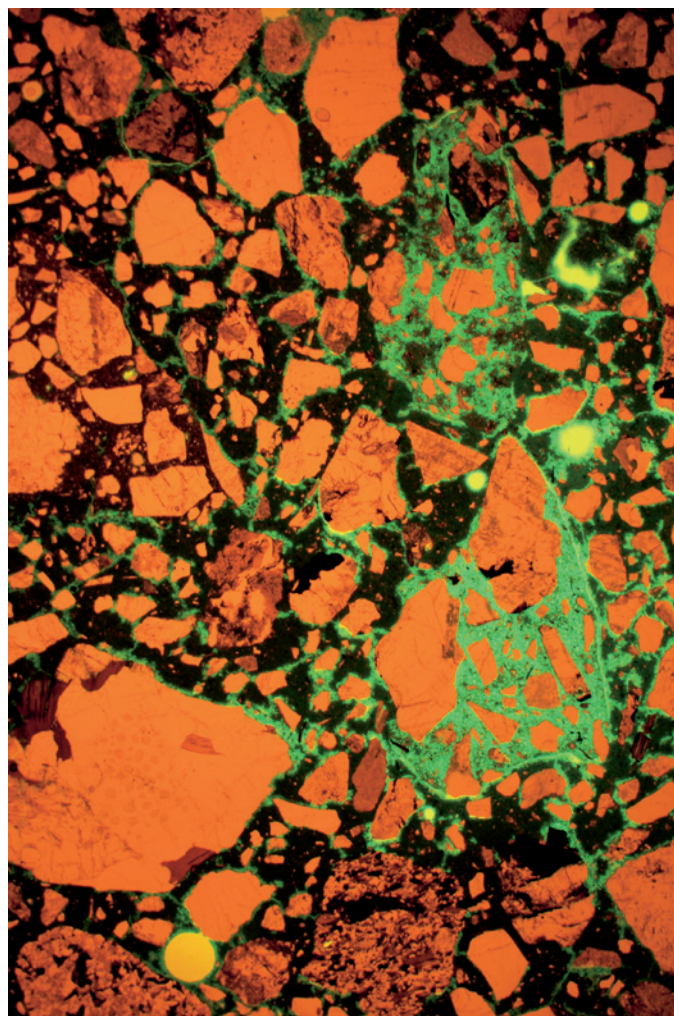
3



4



5



6

Uusiokiviaines eroaa luonnonkiviaineksesta, siksi, koska se koostuu kivrakeen lisäksi sementtipastasta. Ominaisuuksissa uusiokiviaines eroaa luonnonkiviaineksesta ennen muuta vedenimukyvyssä, tiheydessä ja rakeiden koostumuksessa. Uusiokiviaineksen nopea ja suuri vedenimukyky verrattuna luonnonkiviainekseen vaikuttaa massan työstettävyyteen ja betonin vesi-sideainesuhteeseen. On jo kehitetty menetelmiä, joiden avulla pyritään kontrolloimaan betonin valmistusta siten, että uusiokiviaineksen käyttö ei vaikuttaisi negatiivisesti uusiobetonin ominaisuuksiin. Uusiobetonin työstettävyyttä voidaan parantaa lisäaineilla, kuten käyttämällä notkistinta.

Vedenimukyvyn hallintaan on käytetty erilaisia kostutusmenetelmiä, mutta useissa tutkimuksissa on todettu, että liiallinen kiviainesten kostutus heikentää uusiobetonin ominaisuuksia. Vedenimukyvyn hallitsemiseksi on kehitetty betonin sekoitusmenetelmiä. Kaksivaiheista sekoitusmenetelmää (TSMA – Two-stage mixing approach) käytettäessä betonimassa valmistetaan siten, että sekoittimeen punnitaan ensin sekä luonnonkiviainekset että uusiokiviainekset. Tämän jälkeen aloitetaan ensimmäinen sekoitusvaihe, jossa massaun lisätään puolet siihen lasketusta vesimäärästä. Sitten sekoit-

timeen lisätään sementti ja loppuvesi, minkä jälkeen massan sekoitusta jatketaan. Kaksivaiheisen sekoitusmenetelmän ensimmäisessä vaiheessa sekoitettu vesi muodostaa uusiokiviainespattikkeen pinnalle ohuen sementtilietekerroksen, joka imeytyy alkuperäiseen huokoiseen sementtipastaan ja täyttää vanhat halkeamat ja huokoset. Sekoituksen toisessa vaiheessa lisättävä loppuvesi takaa riittävän veden sementin hydrataatioon. Tällä menetelmällä syntyy vahvempi tartuntavyöhyke uusiokiviaineksen ja sementtipastan välille. Tutkimusten avulla on saatu vahvistus sille, että sideaineen ja kiviaineksen välisen sidoksen lujuuden kasvaessa myös betonin lujuus kasvaa.

Uusiobetonin kokeellinen tutkimus

Aiheesta tehdyn diplomityön kokeellisessa tutkimuksessa tehtiin useita erilaisia uusiobetoneita, ja niiden ominaisuuksia ja koostumusta vertailtiin. Koebetoneissa uusiokiviainesta on käytetty korvaamaan luonnonkiviainesta maltillisesti (välillä 5,1 - 13,8 %). Tavoitteena oli löytää uusiobetonille koostumus, joka on mahdollisimman hyvin sovellettavissa tuotantoon. Uusiobetonin valmistuksessa käytettiin kaikkia kolmea uusiokiviainelajitetta, jotka ovat # 16 - 32 mm, # 8 - 16 mm ja # 0,125 - 8 mm. Kokeel-

lisessä tutkimuksessa painotettiin kuitenkin karkeimpien lajitteiden käyttöä, joten hienointa lajitetta käytettiin vain yhdessä koemassassa.

Koetuloksissa havaittiin, että uusiobetonin puristuslujuudet olivat hieman alemmat kuin vertailubetonilla, vaikka nimellislujuus ylittyikin. Taivutuslujuustuloksista nähdään, että taivutuslujuus on vertailubetoniin verrattuna vähintään yhtä hyvä. Parantunut taivutuslujuus saattaa olla kiviainesarakeiden voimakkaamman tartuntavyöhykkeen ansiota.

Mikroskooppisesti ohutheiden avulla tutkittuista näytteistä havaittiin, että vertailubetoni on hyvin tiivistynyt ja homogeeninen. Betonissa kiviaineksen ja sementtipastan keskinäinen jakautuma on tasainen. Myös koebetoniin koostumus on tiivis ja homogeeninen. Uusiokiviainesarakeiden havainnointi betonissa on paikoin jopa haastavaa, koska niiden rajapinta ei ole aina selvästi erotettavissa, varsinkaan silloin kun tartuntavyöhyke on luja. Mikroskooppilla uusiobetonin tutkittaessa, erottuu huonolaatuinen uusiokiviaines erityisen selvästi.

Tutkimustuloksiin perustuen uusiokiviaineksen karkeimpien lajitteiden käyttö on suositeltavinta, koska niiden vaikutukset betonin ominaisuuksiin ovat pienemmät suhteessa hienompaan lajitteeseen. Diplomityön kokeellisen

5 Kuvassa on kolme betoniin hyvin istuvaa uusiokiviainesraetta, jotka on merkitty nuolilla. Kuvan lyhyt sivu vastaa näytteessä 7 mm.

6 Viereistä kuvaa vastaava mikroskooppikuva fluorensenssivalossa, mistä havaitaan, että uusiokiviaineksen ja sementtipastan välinen tartunta on hyvä.

7 Murskelohkareita purkutyömaalla. Betonirakenteet on murskattu ja betonista on eroteltu raudoitteet.



7

vaiheen tulokset osoittavat, että uusiokiviaineksella voidaan korvata luonnonkiviainesta lähes 15 %:n osuudella varsin vähäisellä laadun (mekaaniset ominaisuudet) heikkenemisellä. Osa betonin ominaisuuksista voi jopa parantua käytettäessä uusiokiviainesta korvaamassa luonnonkiviainesta, sillä uusiokiviaineksen pinnalla on reaktiivista sementtipastaa lujittamassa sidoksia. Mikroskooppisesti tarkasteltuna koebetoneissa havaittiin, että uusiokiviaines sopii hyvin betoniin.

Betonisen purkujätteen hyötykäyttöä voisi kehittää siten, että betonimurskeesta tulisi uusiobetonin raaka-aine, kuten useissa Euroopan maissa on jo tavanomaista. Tämä vaatii vielä kehitystyötä ja eri sidosryhmien, kuten viranomaisten, suunnittelijoiden, betonivalmistajien ja purkutyötä tekevien välistä yhteistyötä, jotta saavutetaan riittävän tehokas prosessi betonimurskeen järjestelmälliseen hyödyntämiseen betonin uusiokiviaineksena. Valmistusprosessia kehittämällä voidaan vaikuttaa positiivisesti uusiobetonin ominaisuuksiin. Purkujätteen ja sitä kautta uusiokiviaineksen laatuluokittelu parantaa mahdollisuuksia hyödyntää uusiokiviainesta myös korkeamman vaatimustason betonien valmistuksessa.

Utilising old concrete in new

The use of crushed concrete as recycled aggregate is quite common in several European countries. In Finland, crushed concrete is mainly utilised in earthworks. However, when the crushed quality is of high quality and has good strength properties, it would be rational and advisable to reuse it in the production of recycled concrete.

Many producers have crushed concrete that is CE marked according to standard SFS-EN 12620. Crushed concrete produced using a conforming method can be reliably and without difficulties utilised also in the production of recycled concrete. Recycled aggregate can replace non-renewable resources of natural aggregate, and possibly also reduce the amount of cement used in the production of concrete.

The use of coarse recycled aggregate made from demolished concrete reduces environmental pollution and the amount of landfill waste and saves natural aggregate resources. The recycling and reuse of demolition waste also results in lower transport costs and energy consumption.

Crushed concrete for recycling is obtained also as surplus material from the production of ready mix concrete and concrete products. Compared with demolished concrete, produc-

tion surplus concrete is purer and its quality and properties are better known.

The strength of concrete made using recycled aggregate is lower and certain properties may be poorer. Studies have shown, however, that the properties of concrete can be significantly improved by developing the production technique, and thus it may not be necessary to add cement.

It is advisable to use the coarser grades of recycled aggregate, because they will affect the properties of concrete less than the finer grades. Almost 15% of natural aggregate can be replaced with recycled aggregate with very minor deterioration of quality. Some of the properties of concrete may even be improved, as there is reactive cement paste on the surface of recycled aggregate to strengthen the bonds.

Lisätietoja ja lähteet:

- Nieminen, Anna-Maria. Murskatun betonin hyödyntäminen uusiokiviaineksena betonissa. Diplomityö. Aalto-yliopisto. 2015.