

Diplomityö Aalto-yliopistossa Korkealujuusbetonin käyttömahdollisuuksia ja etuja paikallavalurakenteissa

Hannes Rolander

Sweco Rakennetekniikka oy
hannes.rolander@sweco.fi

Elina Paukku

Sweco Rakennetekniikka oy
elina.paukku@sweco.fi

Jouni Punkki

Professori (POP), Betonitekniikka
Aalto-yliopisto
jouni.punkki@aalto.fi

Tausta

Tämä työ toteutettiin Sweco Rakennetekniikan rahoittamana opinnäytetyönä Aalto-yliopistossa. Työn ohjaajana toimi *Elina Paukku* Sweco Rakennetekniikasta ja valvojana professori *Jouni Punkki* Aalto-yliopistosta. Ohjaustyöryhmässä oli mukana myös laatu- ja kehitysohjaaja *Mika Tulimaa* Rudus Oy:stä.

Korkealujuusbetonia on ollut olemassa niin kauan, kun betonia on valmistettu. Korkealujuuksinen betoni on betonia, jonka puristuslujuus on tavanomaista betonia korkeampi. Luonnollisesti raja, milloin betoni luokitellaan korkealujuusbetoniksi, on noussut samassa tahdissa kuin betonien keskiarvoinen lujuustaso on noussut. Nykyään, vaikka eurokoodeissa ei ole selkeää luokitusta, korkealujuusbetoniksi luokitellaan betoniluokat C55/65:stä ylöspäin. Tämä rajaus johtuu siitä, että C55/65 betoniluokasta lähtien normaalisti käytetyt betoniin liittyvät laskentakaavat eivät välttämättä enää päde. Tästä lujuusluokasta ylöspäin laskentakaavoissa pitää ottaa huomioon esimerkiksi korkeampilujuuksisten betonien hauraampi luonne. Tämä määrittely on karkeasti ottaen maailmanlaajuinen.

Korkealujuusbetonista tämä päivän merkityksessä alettiin kuitenkin puhua vasta silloin, kun laadukkaita tehonotkistimia kehitettiin ja otettiin tosikäyttöön 1960-luvulla. Siitä lähtien korkealujuusbetonin käyttö on kasvanut globaalisesti. Eteenkin betonisten pilvenpiirtäjien rakentamisessa korkealujuusbetoni on välttämättömyys pitämään kantavien rakenteiden

Korkealujuuksinen betoni on betonia, jonka puristuslujuus on tavanomaista betonia korkeampi. Korkealujuusbetoniksi luokitellaan betoniluokat C55/65:stä ylöspäin. Työn tavoitteena oli arvioida korkealujuusbetonin käyttömahdollisuuksia kartoittaen käyttökohteita, joissa voitaisiin hyödyntää korkealujuusbetonin edut parhaiten.

dimensiot kohtuullisissa rajoissa. Mutta myös erityiskohteissa, joissa vaaditaan esimerkiksi erinomaista säilyvyyttä, tiiviimpi korkealujuusbetoni on alhaisen vesi-sementtisuhteen ansiosta hyvä valinta.

Jos korkealujuusbetoni on niin erinomainen rakennusmateriaali, niin miksei sitä käytetä Suomessa enemmän? Tämä oli yksi kysymys, mitä tällä työllä yritettiin selvittää.

Työn tarkoitus ja sisältö

Työn tavoitteena oli arvioida korkealujuusbetonin käyttömahdollisuuksia kartoittaen käyttökohteita, joissa voitaisiin hyödyntää korkealujuusbetonin edut parhaiten.

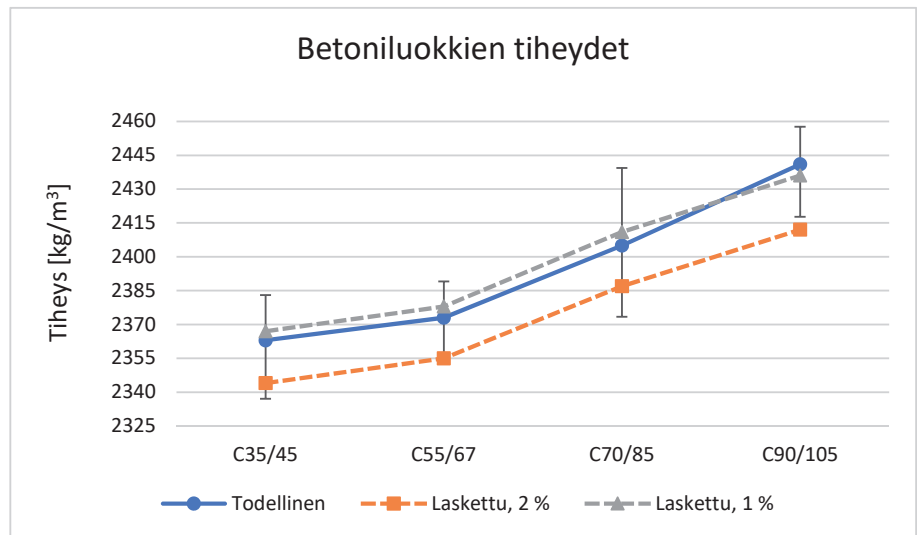
Korkealujuusbetoniin ja betonointiin liittyvät ominaisuudet käsiteltiin perinteisellä kirjallisuustutkimuksella. Lisäksi käytännön testejä suoritettiin neljälle betoniluokalle: yksi vertailubetoni C35/45 ja kolme korkealujuusbetonia lujuusluokiltaan C55/67, C70/85 ja C90/105. Testibetonit valmistettiin laboratorio-olosuhteissa selvittämään, miten helposti korkeampia lujuuksia voidaan saavuttaa ja millaisia eroja normaalin tai korkealujuusbetonin välillä esiintyy. Betoni C90/106 oli kokeellisesti nimetty versio C70/85 betonista, alhaisemmalla v/s-suhteella. Tämä alhaisempi v/s saavutettiin yksinkertaisesti vähentämällä kokonaisvesimäärää ja kasvattamalla notkistimen annostusta.

Samoja betoniluokkia verrattiin myös keskenään betonipilareitten hypoteettisissa tapauksissa selvittämään, miten betonin

1, 2 Korkealujuusbetonin menestyksellä käyttö Burj Khalifassa (a) on kannustanut materiaalin jatkuvaa käyttöä myös tulevaisuuden ennätys-pilvenpiirtäjissä, kuten Jeddah Towerissa (b), joka tulee valmistuessa olemaan maailman korkein rakennus.



Kuva 1. Mitatut keskimääräiset tiheydet sekä minimi- ja maksimiarvot testatuille betonikoekappaleille. Kuvassa on esitetty myös betonien koostumusten ja oletettujen ilmamäärien 1 % ja 2 %, perusteella lasketut tiheydet.



	C35/45	C55/67	C70/85	C90/105
Sementtityyppi	Mega	Mega	SR	SR
V/S	0.57	0.4	0.32	0.28
LT/Sem	28.1 %	28.2 %	–	–
S/Sem	–	–	5.2 %	5.2 %
Notkistin/Sem	0.34 %	0.75 %	1.16 %	1.85 %

Taulukko 1. Betonien ominaisuudet. C35/45 ja C55/67 betoneissa käytettiin Finnsementin Mega-sementtiä ja seosaineena lentotuhkaa. C70/85 ja C90/105 betoneissa käytettiin Finnsementin SR-sementtiä ja seosaineena silikajauhetta. Kaikki suhteet painojen perusteella. V=vesi, S=sideaine, LT=lentotuhka, S=silika ja Sem=sementti.

lujuusluokka vaikuttaa pilarin dimensioihin ja vastaavasti myös loppukustannuksiin.

Korkealujuusbetonin käyttöön liittyvät vaatimukset

Tärkeä tekijä valmistettaessa korkealujuusbetonia on vesi-sementtisuhte. Notkistimet tai tehonotkistimet ovat avainroolissa mahdollistamaan korkealujuusbetonille tyypillisiä v/s-suhteen arvoja alueella 0,25-0,4. Ilman näitä lisäaineita korkealujuusbetonin valmistaminen olisi käytännössä mahdotonta. Vaikka tämän päivän notkistimet ovat hyvin kehittyneitä, pitää huolehtia notkistimen oikeanmu- kaisesta käyttämisestä, varsinkin kun annos korkealujuusbetoneissa todennäköisesti on suhteellinen suuri.

Notkistimen annosteluun liittyen myös muiden ilmiöiden, kuten erottumisen ja työ- tettävyyden katoamisen sekä muiden lisäai- neiden yhteissopivuuden suhteen pitää olla erityisen tarkkana suunniteltaessa korkealu- juusbetonia ja sen käyttöä.

Korkealujuusbetonin korkeaan sementti- määrään liittyy myös muita ominaisuuksia, jotka voivat toimia lannistavina tekijöinä korkealujuusbetonin valitsemisen suhteen.

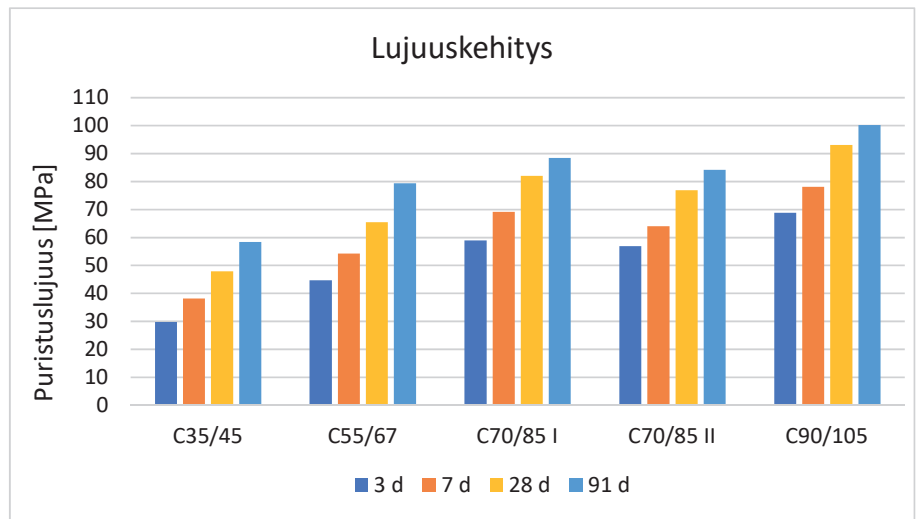
Varsinkin betonin kustannukset nousevat lisäämällä sementtiä.

Korkea sementtipitoisuus tarkoittaa myös korkeaa lämmöntuottoa, mistä voi tulla todellinen ongelma varsinkin tavanomaista hieman massiivisemmissä valuissa, erityisesti jos ympäröivä lämpötilakin on korkealla. On kuitenkin olemassa tehokkaita keinoja ehkäistä tämä haittatekijä. Betoniin käytettävä vesi voidaan esimerkiksi osittain korvata jäällä ja osa sementtiä muilla seosaineilla, kuten masuunikuonalla tai lentotuhkalla, ja edelleen saadaan hyvälaatuista korkealujuusbetonia.

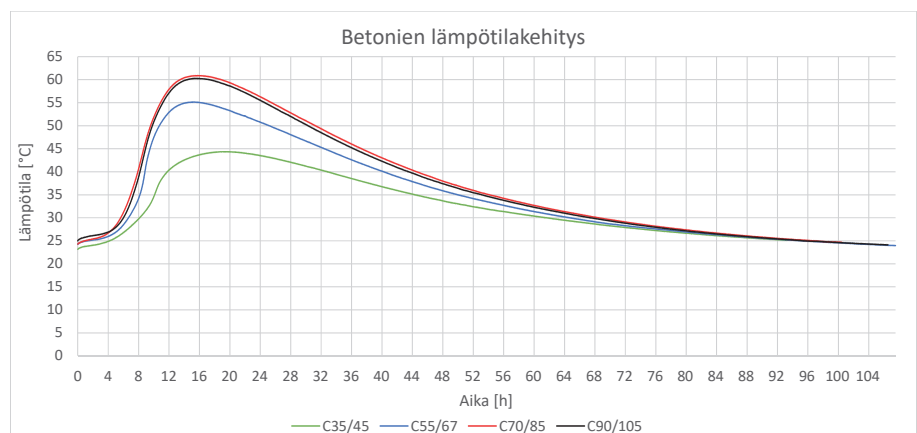
Korkea sementtimäärä korkealujuusbetonissa tarkoittaa myös sitä, että korkealujuusbetonin käyttöön on usein ajateltu liittyvän myös korkeita kustannuksia. Tämä ei välttämättä aina pidä paikkansa. Jos löytää oikeat käyt- töalueet tälle erityisbetonille, voidaan säästää loppukustannuksissa verrattuna tilanteeseen, jossa olisi käytetty tavallista betonia. Näinä aikoina, kun sementin käyttöä halutaan yleis- estä vähentää, korkealujuusbetonin käyttö voi olla yksi vaihtoehto kantavien rakenteiden pie- nemmän poikkileikkauksen saavuttamiseen.

Lisäksi voidaan olettaa, että yksi syy alan haluttomuuteen käyttää korkealujuusbetonia laajemmin tulee muuttuvista laskentakaa-

Kuva 2. Testattujen betonien toteutuneita puristuslujuuksia. Keskiarvo kolmesta 100 mm testikuutioista.



Kuva 3. Eri betonityyppien lämmönkehitysseurannan tulokset.



voista, kun ylitetään normaaliin betoniin liittyvä ylempi lujuusluokkaraja C50/60. On totta, että tämän lujuustason yläpuolella betonista tulee käyttäytymiseltään hauraampi ja lisävarmuuksia pitää ottaa käyttöön. Nykyään on kuitenkin olemassa hyviä ohjeita, miten nämä materiaaliin liittyvät muutokset otetaan huomioon, joten tämän ei pitäisi olla este hyödyntää korkealujuusbetonia laajemmin varsinkin, kun tämän alikäytetyn materiaalin hyödyt näkyvät selvästi jopa näiden materiaali-kohtaisen lisävarmuuksien jälkeen.

Koejärjestelyt

Aluksi betonien tavoitenotkeus oli 150 mm. Jotta tähän arvoon päästiin, ainoastaan notkistimen annostusta säädettiin, eikä muita lisäaineita käytetty. Betonit sekoitettiin, valettiin ja säilytettiin laboratorio-olosuhteissa, asianmukaisten menetelmien mukaan. Koska huokostinta ei käytetty ja betonikoekappaleet tiivistettiin valujen yhteydessä, ilmamäärän oletettiin olevan noin 2%. Koekappaleiden tiheyden perusteella tämä arvo oli ehkä jopa vähän yliarvioitu.

Betonien ominaisuudet on esitetty taulukossa 1. Betonien lujuus testattiin 3d, 7d, 28d ja 91d iässä käyttäen 100 mm kuutioita. Sen

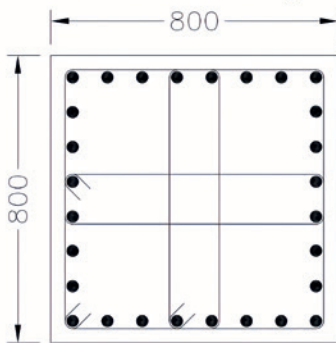
lisäksi valettiin osa jokaisesta betonista styrokso-muotteihin, joiden avulla tarkkailtiin betonien lämmönkehitystä noin 100 tuntia valun alusta lähtien. Muoteissa oli 70 mm paksuiset styrokso-seinät ja niitä säilytettiin normaalissa sisätilassa, jossa lämpötila oli noin 22 °C. Koekappaleita säilytettiin lujuuskokeita varten kosteushuoneessa RH=95%, muotinpurkuhetkestä (24 tuntia valun jälkeen) puristuslujuustestiin saakka. Puristuskokeiden ja lämmönseurannan tulokset on esitetty kuvissa 2 ja 3.

Lujuusluokkien vertailu

Jotta voitiin verrata, miten betonin eri lujuusluokat vaikuttivat teräsbetonisen pilarin suunnitteluun sekä pilarin lopulliseen kokoon ja hintaan, luotiin hypoteettinen, mutta realistinen skenaario tutkittavaksi. Oletettiin, että neliömäinen 4 metriä pitkä teräsbetonipilari sijoittui tornitalon alimpiin kerroksiin ja oli nivelpäisesti tuettu molemmissa päissä. Lisäksi ainoastaan ulkoinen puristuskuorma otettiin huomioon, mutta silti eurokoodien mukainen minimiäpakesisyydestä johtuva minimimomenttivoima huomioitiin laskelmissa. Oletetut kuormitustapaukset pilarille olivat 20 MN, 30 MN, 40 MN ja 50 MN. Kaksi raudoitustapausta tutkittiin kaikille pilarien kuormitustapauksille

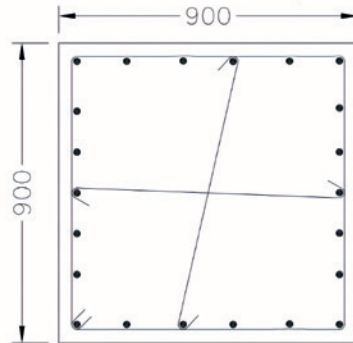
Pilarin pinta-alan minimointi

-Pääterätkset 28 Ø 32 mm
-Vaakahaat Ø 10 mm 200 mm jaolla

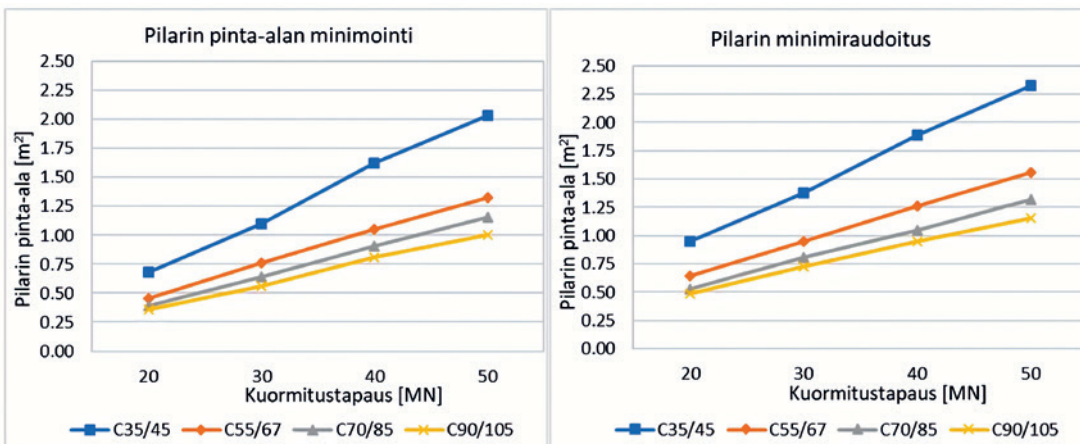


Minimiraudoitus

-Pääterätkset 22 Ø 20 mm
-Vaakahaat Ø 10 mm 200 mm jaolla



Kuva 4. Esimerkki raudoituksesta kuormitustapaukselle 30 MN, lujuusluokan C70/85 betonisille pilareille. Samaa raudoituseriaatetta käytettiin kaikille pilaritapauksille.



Kuva 5. Eri pilarimitoitusten lopputulokset.

Taulukko 2. Esimerkki kuormitustapauksen 30 MN eri pilarimitoitusten ominaisuuksista.

30 MN Pilarin pinta-alan minimointi	Profiili		A_c	V_c	Muotti	$A_{s, min}$	Pysty- raudoitus	$A_{s, act}$	Vaaka- raudoitus*	Raudoitus yhteensä
	b [mm]	h [mm]	[m ²]	[m ³]	[m ²]	[mm ²]	[nTØ]	[mm ²]	[kg/pilari]	[kg/pilari]
C35/45	1050	1050	1.10	4.41	16.8	6600	28T32	22519	113.4	997
C55/67	900	850	0.77	3.06	14.0	6600	28T32	22519	97.4	981
C70/85	800	800	0.64	2.56	12.8	6600	28T32	22519	88.8	973
C90/105	750	750	0.56	2.25	12.0	6600	28T32	22519	83.8	968

30 MN Minimiraudoitus	Profiili		A_c	V_c	Muotti	$A_{s, min}$	Pysty- raudoitus	$A_{s, act}$	Vaaka- raudoitus*	Raudoitus yhteensä
	b [mm]	h [mm]	[m ²]	[m ³]	[m ²]	[mm ²]	[nTØ]	[mm ²]	[kg/pilari]	[kg/pilari]
C35/45	1200	1150	1.38	5.52	18.8	6600	22T20	6912	92.5	364
C55/67	1000	950	0.95	3.80	15.6	6600	22T20	6912	77.7	349
C70/85	900	900	0.81	3.24	14.4	6600	22T20	6912	71.5	343
C90/105	850	850	0.72	2.89	13.6	6600	22T20	6912	67.8	339

* Vaakaraudoitus koostuu umpihaaista sekä lisähaaista tarpeen mukaan, kuva 4 periaatteen mukaisesti. Kaikki vaakaraudat Ø=10 mm ja 200 mm jaolla.

	€/tn	€/kg
Megasementti ¹⁾	100	0.1
SR-sementti ²⁾	110	0.11
Silika	300	0.3
Lentotuhka	25	0.025
Kiviaines	20	0.02
Tehonotkistin	1000	1

- 1) Finnsementin Megasementti, CEM I 52.5 N
2) Finnsementin SR-sementti, CEM I 42.5 N - SR

Taulukko 3a. Betonin osa-aineiden arvioidut kustannukset. Raaka-aineiden kustannusarvio tehtiin 2018.

	C35/45 [€/m ³]	C55/67 [€/m ³]	C70/85 [€/m ³]	C90/105 [€/m ³]
Materiaalikustannukset yhteensä	70	82	104	111
Hintakatteella	35 %	50 %	50 %	50 %
	108	164	208	222

Taulukko 3b. Betonien arvioidut materiaalikustannukset, kun myös hintakate on otettu huomioon. Kustannustarvot tehtiin 2018.

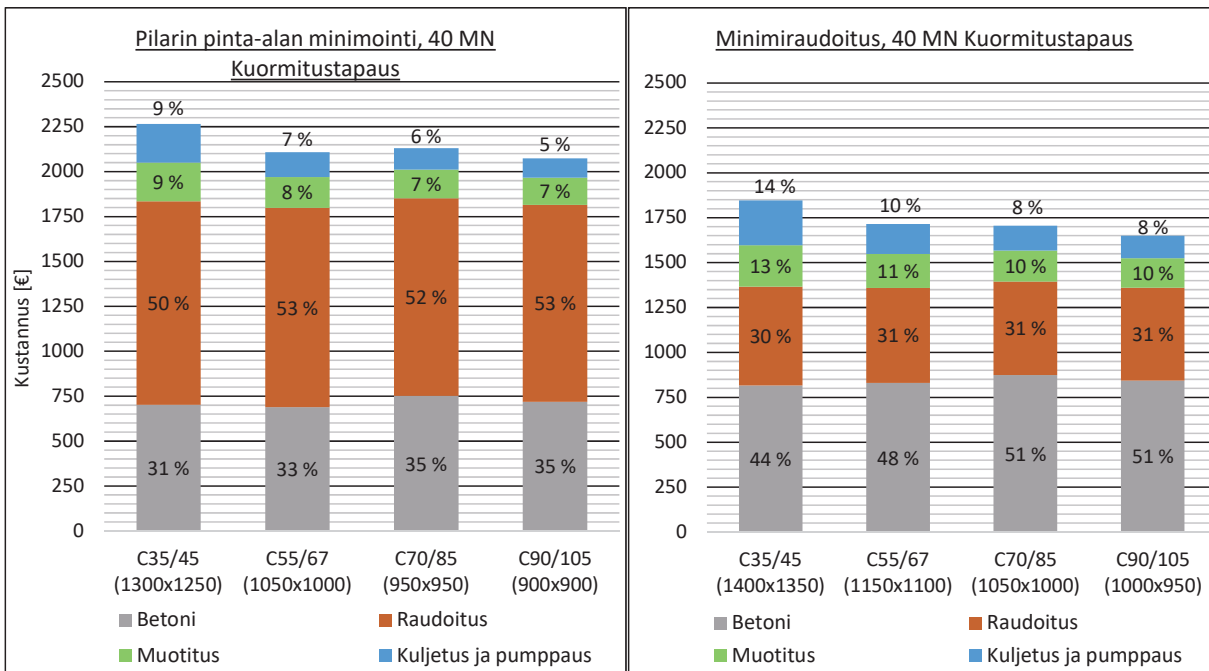
ja betoniluokille: minimirauditus eurokoodin mukaan ja rauditus, jolla minimoitiin pilarin poikkileikkausmitat käyttämättä kuitenkaan kohtuuttoman paljon rautaa. Toisella rauditusvaihtoehdolla raudoituksiin ei käytetty suurempia tankokokoja kuin T32, jotta pysyttiin eurokoodien mukaisen maksimirauditusasteen alapuolella. Tällä rauditusvaihtoehdolla pyrittiin lähinnä tutkimaan, kuinka paljon raudoituksella voi vaikuttaa pilarin lopullisiin dimensioihin ja kustannuksiin. Esimerkit pilareiden rauditusvaihtoehdoista on esitetty kuvassa 4.

Vaikka ulkoisia momenteja ei lainkaan otettu huomioon, rajoittava tekijä kaikissa tapauksissa pilaridimensioiden kannalta oli kuitenkin kaksiaksiaalinen taivutus. Lopulliset tulokset pilareitten poikkialoille, kaikille pilarivaihtoehdoille ja kuormitustapauksille, on esitetty kuvassa 5. Esimerkki lopullisista yksityiskohdista kaikille pilarivaihtoehdoille 30 MN kuormitustapaukselle, on esitetty taulukossa 2.

Näitä pilareiden mitoitustuloksia käytettiin seuraavaksi pohjana kustannusarvioinnille. Betonin hinnan lisäksi otettiin huomioon

myös pilareiden rauditus-, muotti- sekä kuljetus- ja pumppauskustannukset jokaiselle pilarivaihtoehdolle. Betonien hintojen pohjana olivat betonikoostumukset ja eri osa-aineiden arvioidut hinnat. Lisäksi otettiin huomioon korkeampi hintakate korkealujuusbetoneille vastaamaan tiukempia laatuvaatimuksia. Betonin osa-aineiden arvioidut hinnat sekä betonin materiaalikustannukset on esitetty taulukoissa 3a ja 3b.

Raudoitukseksi oletettiin esivalmistetut rauditusyksiköt, jotka nostetaan paikalle työmaalla. Tämän perusteella raudituksen hinnaksi minimirauditusvaihtoehdoille oletettiin 1,1 €/kg, ja 1,0€/kg pilarin minimipoikkialan vaihtoehdoille. Lisäksi hypoteettinen kuljetusmatka raudituksille oli 100 km, joka tarkoitti 15€ lisäkustannusta per pilari (rauditusten kuljetuksen kannalta). Myös raudituksen paikoilleennosto työmaalla otettiin huomioon lisäämällä kustannukseen 30 €/pilari. Muottitöiden kustannusten kannalta oletettiin, että jokaiselle pilarille tarvitaan muotit 7 päiväksi. Muottien hinnaksi valittiin 1.5 €/m²/päivä, sekä muihin kustannuksiin, päädyttiin keskustelemalla alan toimittajien kanssa.



Kuva 6. Esimerkki kuormitustapauksen 40 MN pilareitten kustannusjaosta.

Betonin kuljetus- ja pumppauskustannuksille oletettiin 8 km kuljetusmatka ja että pumppaus saataisiin tehtyä 30 minuutissa. Kun vielä oletettiin, että betoniautot olisivat täynnä, kokonaiskustannuksiksi betonien kuljetuksesta ja pumppauksesta saatiin 33 €/m³. Kuvassa 6 on esitetty osakustannusten suhteet pilarien kokonaiskustannuksista, kaikki 40 MN pilari-vaihtoehtojen osalta.

Yhteenvedo kaikista pilaritapauksista ja niiden loppukustannuksista on esitetty kuvassa 7. Vaikka suuria eroja käytettyjen betoniluokkien välillä ei ole huomattavissa, on muistettava, että korkealujuusbetoniset pilarit, jotka yleensä ajatellaan kalliimmaksi vaihtoehtoksi, ovat kuitenkin edullisempia verrattuna pilareihin, jotka on tehty tavallisesta betonista. Mukana vertailussa olevasta korkeimman lujuusluokan C90/105 betonista pitää kuitenkin huomioida se, ettei tämän lujuusluokan puristuslujuustuloksiin päästä pelkästään vähentämällä veden määrää. Siksi C90/105 betonin kustannus jäi hieman liian alhaiseksi. Jotta tämän lujuusluokan betonia voitaisiin verrata tasaveroisesti muiden lujuusluokkien betoneihin, pitäisi kyseisen betonin koostumusta vielä optimoida ja siten saada tälle betoniluokalle realistisempi hinta.

Kun vielä otetaan huomioon tilansäästö, mikä saavutetaan käyttämällä korkeampia lujuusluokkia teräsbetonipilareissa, on selvää, että korkealujuusbetonin käyttö korkeasti kuormitetuissa pilareissa on täysin järkevää. Kohteissa, joihin tällaisia pilareita tai muita

kantavia rakenteita suunnitellaan, vapaa lattia-ala on luultavasti hyvin arvokasta, kuten esimerkiksi korkeiden rakennusten pohjakerroksissa. Siksi työssä yritettiin selvittää myös sitä, miten suuret hyödyt pienemmistä pilareiden pinta-aloista saadaan, kun otetaan huomioon myös kaksi eri hinnoittelutapaa vapaalle lattiapinta-alalle. Lähtötiedot olivat samat kuin aiemmin esitetyissä pilarivaihtoehtoissa. Vertailuarvona ja nollapisteenä toimi pienin pilaripinta-ala kaikista eri kuormitustapauksista ja rauditusvaihtoehdoista, eli pilarit, jotka oli valmistettu C90/105 betonista. Suurempien pilareiden pinta-alaerolle, verrattuna C90/105 pilareihin, asetettiin siten oletetut lattiahinnat 2000 €/m² ja 5000 €/m². Tällä tavalla isommille pilareille saatiin lisäkustannus oletusta, muuten vapaasti käytettävissä olevasta arvokkaasta lattiapinta-alasta. Tämä tulos on esitetty kuvassa 8. Tässä kohtaa korkealujuusbetonista valmistettu pilari osoittaa arvonsa, vaikka betonista C90/105 valmistettujen pilarien tulokset saattavat olla hieman optimistisia jo aiemmin esitetyistä syistä.

Johtopäätökset

Kuten kokeellisesta osiosta voidaan päätellä, valmistettaessa hyvänlaatuista korkealujuusbetonia pitää todella keskittyä ja optimoida tuotantomenetelmiä, jotta päästään vaadittaviin lujuusluokkiin. Tästä syystä täytyy ottaa huomioon hieman korkeammat tuotantokustannukset korkealujuusbetoneille, kuten pilarivertailuosiossa tehtiin. Voidaan kuitenkin

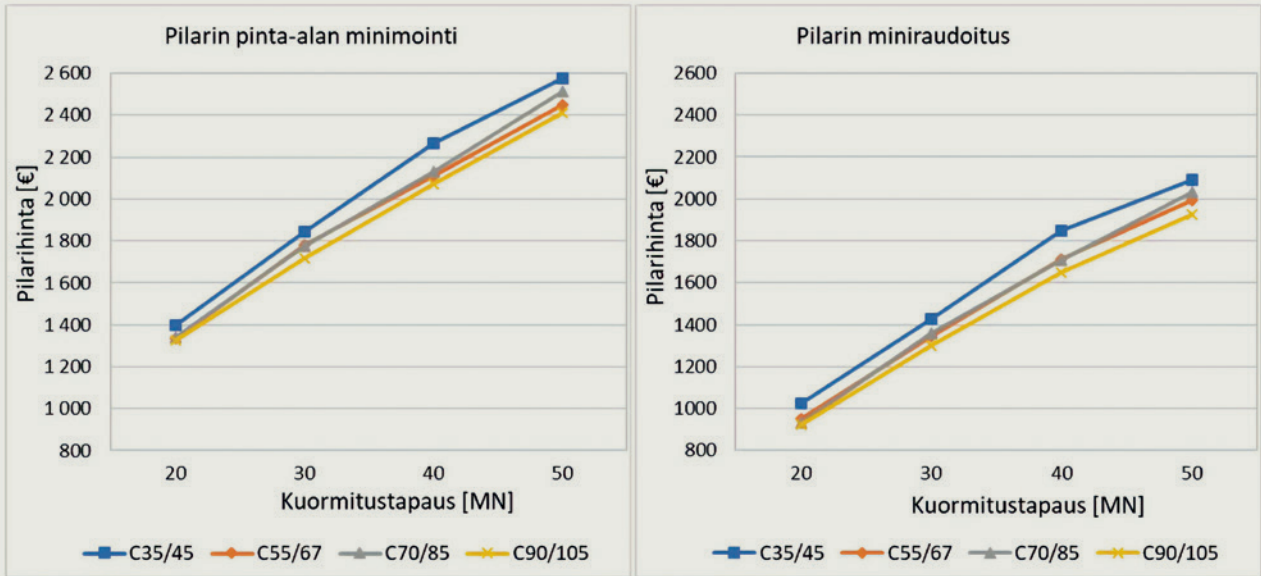
olettaa, että mikäli korkealujuusbetonia käytettäisiin nykyistä enemmän, myös betonintuottajat kehittäisivät tehokkaampia keinoja valmistaa tällaista betonia, jolloin kustannuksetkin alkaisivat vähitellen laskea.

Kokeellinen osuus osoittaa myös, että betonien lämmöntuotto kasvaa, kun sementtimäärää kasvatetaan. Tämä haitta on kuitenkin estettävissä esimerkiksi valitsemalla vähemmän lämpöä tuottava sementtityyppi tai korvaamalla sementtiä muilla seosaineilla.

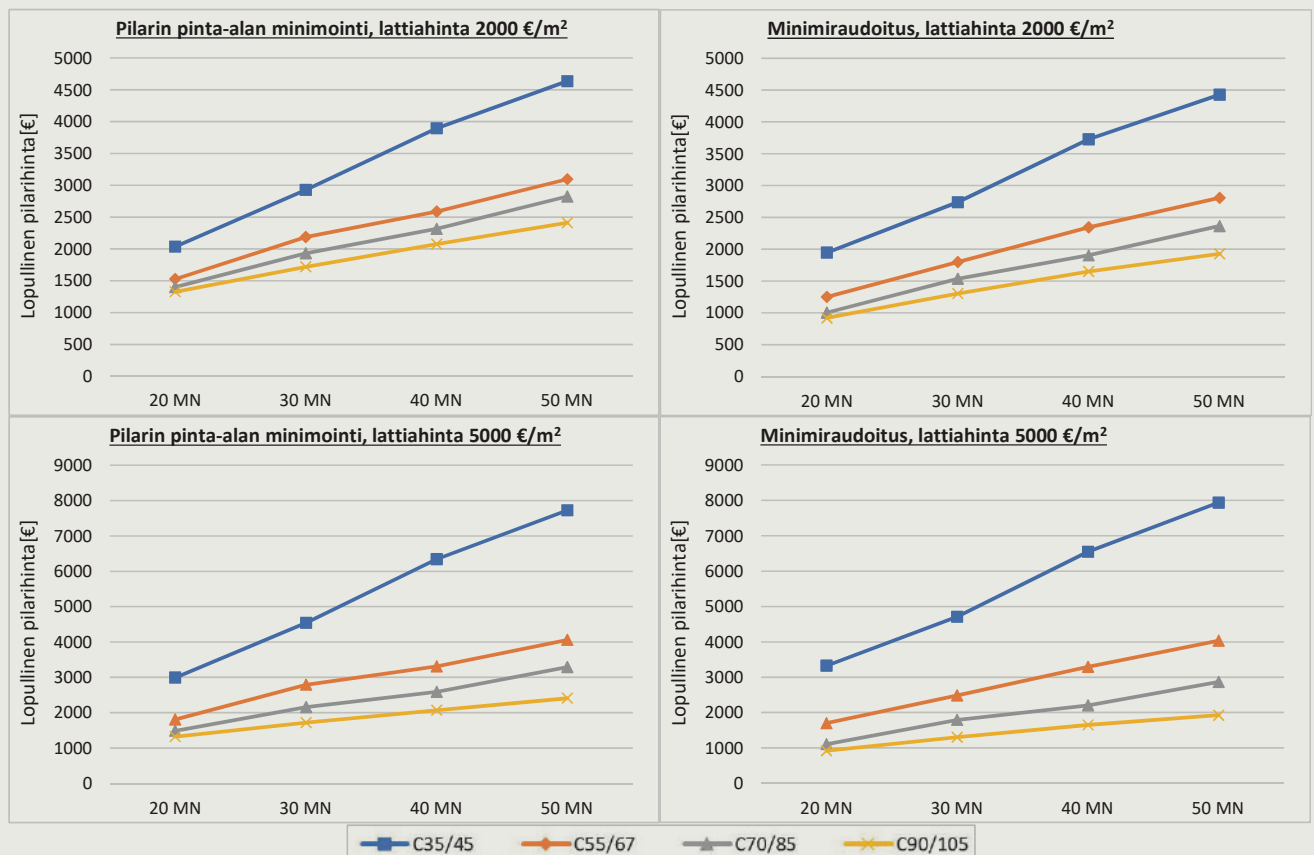
Suoritusta vertailusta voidaan todeta, että korkealujuusbetonin käyttö kantavien rakenteiden mittojen pienentämiseen ja yleisen taloudellisen kannattavuuden nostamiseen kannattaa varsinkin, jos korkealujuusbetonin käytöstä johtuva vapautuva arvokas lattiapinta-ala otetaan huomioon.

Korkealujuusbetonilla on muitakin suotuisia ominaisuuksia, kuten esim. parantunut säilyvyys. Sitä ei otettu huomioon tässä vertailussa. Lisäksi pitäisi tutkia tarkemmin, miten korkealujuusbetonia voidaan hyödyntää myös muissa käyttötarkoituksissa, kantavien paikallavalurakenteiden lisäksi.

Vaikka korkealujuusbetonin käyttöön kieltämättä liittyy haasteita, sen käyttöön liittyvät hyödyt ovat loppujen lopuksi niin suuret, ettei niitä kannata jättää hyödyntämättä vain siksi, että ollaan tottuneita käyttämään alemman lujuusluokan betoneja. Korkealujuusbetonia on kuitenkin käytetty, ja käytetään edelleen, hyvin menestyksekkäästi myös erittäin vaativissa olosuhteissa ja rakenteissa.



Kuva 7. Tulokset kaikkien pilaritapausten kustannuksille.



Kuva 8. Tulokset eri pilarivaihtoehtojen loppukustannuksista, kun myös vapaa lattia-ala otettiin huomioon.



9

9 Norjassa on hyödynnetty korkealujuusbetonin erinomaisista säilyvyys- ja lujuusominaisuuksista erityisesti silta- ja öljynporausrakenteissa. Kuvassa Helgelandin silta, jossa käytettiin kauttaaltaan korkealujuuksinen K65 betonia.

10 Korkealujuusbetonin menestyksellä käyttö Burj Khalifan runkorakenteissa. Kuva työmaavaiheesta.



10

Abstract

High-strength concrete (HSC) is a concrete class with higher compressive strengths than that of commonly used normal-strength concrete. Although the limits defining HSC are continually changing as concrete in general increases in strength, but today HSC can be defined as concrete with cylindrical compressive strengths in the range of 50–100 MPa. Nevertheless, HSC does not only possess superior compressive strengths compared to normal concrete, but also the modulus of elasticity and general durability are improved when HSC is used appropriately. The advantages of using HSC in demanding construction projects has been recognized worldwide ever since it was introduced in the 1960s, enabling the construction of even higher skyscrapers. However, since then, HSC has continued to primarily be used for extraordinary structures and buildings only.

The thesis aim was to explain why the application areas of HSC has remained relatively

narrow and whether using HSC for a wider range of structures and purposes can be beneficial. The unwillingness of using HSC further can in many cases be attributed to justified or unjustified prejudices connected to the use of this material. Although the general durability of structures is improved by using HSC, the fire resistance of plain HSC can undoubtedly be poorer than that of NSC. Also, the freeze-thaw resistance of concrete structures is indeed improved when using HSC, but to what extent is not fully established. Furthermore, beliefs that HSC require more care throughout the construction process, accompanied by that higher initial prices of this material will lead to higher total costs, are also aspects that need to be addressed to encourage further use of HSC.

To demonstrate that the use of HSC does not result in higher overall costs a comparison was conducted evaluating how the use of different concrete strength classes affects the dimensions

and final costs of various column cases. These evaluated concrete classes were also produced in laboratory conditions to study the actual strength and temperature developments. The production and testing of these concretes gave some indications on how easily obtainable the design strengths are and what other challenges should be considered when producing HSC. Although the experimental production of the concrete classes showed that reaching the desired properties of both fresh and hardened concrete can be challenging, the column comparison indicates that significant economic benefits are attainable by using higher strength concrete classes.