

ReCreate-hankkeen uudelleenkäytettävien betonielementtien koestukset

Jukka Lahdensivu, tekniikan tohtori
Aapo Räsänen, väitöskirjatutkija
Rakenteiden korjaamisen ja elinkaaritekniikan tutkimusryhmä
Tampereen yliopisto
jukka.lahdensivu@tuni.fi

Betonielementtien uudelleenkäyttöä pilotoidaan kansainvälisessä EU:n H2020 -rahoitteisessa ReCreate-hankkeessa. Suomen pilotissa on purettu vuonna 1982 valmistunut elementtirakenteinen toimistotalo Tampereelta. Elementtien uudelleenkäyttöä varten on tunnettava elementtien ominaisuudet sekä mitoitettava rakenteet uuteen kohteeseen voimassa olevien määräysten mukaan.

Toimistorakennus purettiin syksyn 2023 ja talven 2024 välisenä aikana. Uudelleenkäyttöä varten rakennuksesta irrotettiin ontelolaattoja, teräsbetonipalkkeja sekä -pilareita. Uudelleenkäytettävien elementtien lisäksi myös muita rakennuksen elementtejä irrotettiin ehjänä. Pilari-palkkirunkoisessa rakennuksessa oli vain vähän väliseinäelementtejä, joten niiden uudelleenkäyttöä ei ole harkittu. Julkisivut olivat pitkillä sivuilla nauhaelementtejä ja päädyissä kantavia sandwich-elementtejä. Julkisivuelementtien iän (yli 40 vuotta) ja nykymääräyksiä ajatellen vaatimattoman lämmöneristyksen takia myöskään niiden uudelleenkäyttöä ei ole harkittu.

Rakenteiden uudelleenkäyttöä varten elementtien materiaaliominaisuudet selvitettiin ennen rakennuksen purkamista ja elementtien irrottamista. Ehjänä irrotetuista elementeistä osa koestettiin täyden mittakaavan kokeilla. Tutkimushankkeessa kehitettiin rakenteellisen kuntotutkimuksen tekemistä osana purkukartoitusta. Ennen purkua tehtävien tutkimusten tarkoituksena on varmistaa, että uudelleenkäytettäviksi aiottu elementit ovat siihen kelpoisia. Elementtien testaustarvetta varten tutkimushankkeessa kehitettiin päätöspuu (kuva 2), jossa testaustarve määräytyy sekä uuden rakennuksen asettamista vaatimuksista

että purettavan rakennuksen ja rakenteiden käytettävissä olevasta informaatiosta. Kattavammalla informaation määrällä voidaan merkittävästi vähentää tutkimustarvetta ja ainetta rikkovien tutkimusmenetelmien määrää, jos tunnettujen materiaaliominaisuuksien varmistaminen riittää. Vastaavasti vähäisellä informaation määrällä materiaaliominaisuuksien arvot voidaan joutua määrittämään tutkimuksiin perustuen, jolloin tutkimuksen laajuus ja luotettavuus korostuvat.

Rakenteellinen kuntotutkimus ennen purkamista

Rakenteellisen kuntotutkimuksen yhteydessä elementtien kuntoa tarkasteltiin silmämääräisesti. Tarkastelun tarkoituksena oli selvittää elementeissä mahdollisesti esiintyvää halkeilua, halkeilun syitä sekä muita mahdollisia muodonmuutoksia ja vaurioita. Silmämääräisesti havaittavia vaurioita tai muodonmuutoksia ei esiintynyt.

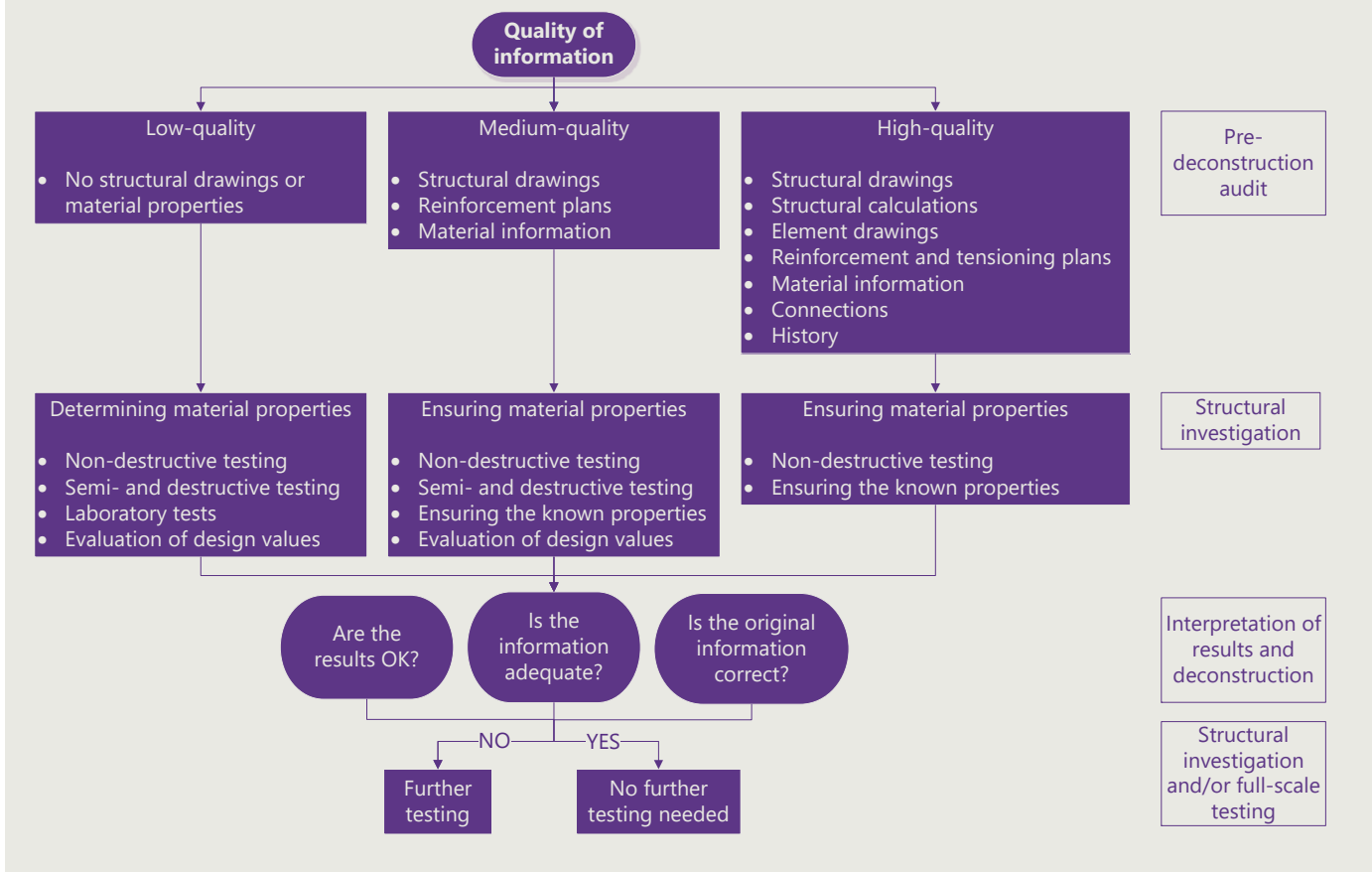
Elementeistä mitattiin raudoitteiden peitepaksuuksia säilyvyysuunnittelun lähtötiedoiksi yhdessä betonin karbonatisoitumissyvyyden kanssa. Lisäksi raudoitteiden peitepaksuuksia tarvitaan rakenteelliseen palomitoitukseen uudessa käyttökohteessa. Mittaustulokset ovat taulukossa 1.

1 Purettava toimistorakennus Tampereen keskustassa.



Kuva 2

Purettavien elementtien tutkimustarve (Räsänen et al. 2024a).



Aapo Räsänen

Raudoitteiden peitepaksuudet sekä betonin karbonatisoitumissyvyys vaihtelevat eri elementeissä, mutta peitepaksuudet ovat riittäviä tavanomaisessa sisätilassa oleville runkoelementeille (rasitusluokka XC1) 100 vuoden käyttöiälle.

Pilareista ja palkeista porattiin näytelieriöitä yhteensä 15 kpl kummastakin elementtityypistä eri kerroksissa sijainneista rakenteista. Poralieriöiden mukaan betonin puristuslujuus palkeissa on 40 MPa ja pilareissa 47 MPa. Kummassakin tapauksessa alkuperäinen suunnittelulujuus 25 MPa ylittyy huomattavasti. Palkkien ja pilareiden uudelleensuunnittelussa nykynormein voidaan siis hyödyntää huomattavasti suurempaa puristuslujuutta.

Ontelolaattojen betonin puristuslujuus tutkittiin laattojen täydenmittakaavan testaamisen yhteydessä. Kuuden ontelolaatan puristuslujuustuloksen vaihteluväli on 75-81 MPa, mikä myös ylittää selvästi odotetun lujuustason C50/60.

Varastointi

Kohteesta puretut elementit eivät menneet suoraan uuteen rakennuskohteeseen, vaan ne ovat välivarastoituna Parma Oy:n Kangasalan

tehtaalle. Uudelleenkäyttökohteen selvittyä ontelolaatat katkaistaan uuden käytön edellyttämään mittaan sekä palkit ja pilarit varustellaan tarvittavilla tartuntaosilla.

Varastointi tapahtuu säältä suojattuna, jotta sisätiloihin tarkoitetut elementit eivät vahingoitu varastoinnissa. Optimaalisessa uudelleenkäyttötilanteessa irrotettavat elementit menisivät suoraan irrotuksen jälkeen uudelleenasennukseen ilman välivarastointia. Kokonaisen toimistotalon tai asuinkerrostalon kaikkien elementtien varastoiminen tarvitsee tilaa ja hyvää ennakkosuunnittelua.

Täydenmittakaavan kuormituskokeet

Irrotetuista ontelolaatoista koekuormitettiin kuusi kappaletta Parma Oy:n toimesta kestävyuden varmistamiseksi. Ontelolaatat ylittivät vanhoihin suunnitelmiin ja puristuslujuustuloksiin perustuvan laskennallisen kestävyuden 5-47 %.

Irrotettuja palkkeja koekuormitettiin Tampereen yliopiston laboratoriossa. Kirjoitushetkellä kuormitustulosten analysointi on kesken, mutta alustaviin tuloksiin perustuen palkkien taivutuskapasiteetti on lähellä laskennallista arviota ylittäen sen.

Havainnot tutkimusten merkityksellisyydestä

Purettavien elementtien materiaaliominaisuuksien tutkiminen ennen purkamista ja elementtien irrottamista on olennaista. Hyvissä ajoin tehdyillä tutkimuksilla voidaan varmistua elementtien uudelleenkäytettävyydestä sekä arvioida soveltuvia irrotustoimenpiteitä. Tutkimusten aikana voidaan myös havaita mahdolliset puutteet alkuperäisissä suunnitelmissä kuten poikkeavat liitokset tai reiitykset. Havaitut puutteet voidaan ottaa huomioon purkusunnitelmassa, jolloin irrotustyön laatu ja sujuvuus voidaan varmistaa riittävän ajoissa.

Riittävän luotettavilla tutkimuksilla varmistetaan elementtien turvallinen ja terveellinen uudelleenkäyttö. Tutkimusten laajuus riippuu kuitenkin siitä, varmistetaanko olemassa olevien tietojen kelpaavuus vai täytyykö ominaisuudelle määrittää suunnitteluarvo tutkimusten perusteella. Tästä syystä riittävä tutkimuslaajuus ja -menetelmät ovat tapauskohtaisia.

Rakennukseen tehtävien tutkimusten lisäksi voidaan tarvita erilaisia jatkotutkimuksia mukaan lukien täydenmittakaavan kokeet, jos elementeissä havaitaan kantavuuteen tai

Taulukko 1

Raudoitteiden peitepaksuus- ja betonin karbonatisoitumissyvyysmittaukset

Elementtityyppi	Raudoitetyyppi	Peitepaksuuden ka. [mm]	Betonin karbonatisoitumissyvyys	
			vaihteluväli [mm]	ka. [mm]
Palkki	pääteräs	38,2	0-5	1,2
	hakateräs	26,9		
Pilari	pääteräs	34,2	0-8	0,8
	hakateräs	31,4		
Ontelolaatta	jännepunos	35,4	-	-

Aapo Räsänen TAU



3

Jukka Landerisivu TAU



4

3 Palkkien koekuormitus Tampereen yliopiston laboratoriossa.

4 Ontelolaatan koekuormitus Parma Oy:n tiloissa.



5

5 Uudelleenkäytettäviä elementtejä välivarastossa.

kestävyyteen liittyviä puutteita. Irrotustyössä tai varastoinnissa voi syntyä merkittäviä vaurioita, joiden vaikutukset ja tutkimusmenetelmät tulee arvioida myös tapauskohtaisesti.

ReCreate-hankkeen tutkimuksilla voidaan selvästi osoittaa irrotettujen elementtien uudelleenkäytettävyys. Elementtien uudelleenkäytölle ei ole estettä käyttöiän suhteen, jos elementit uudelleenkäytetään rasitusluokassa XC1. Myöskään elementtien kantavuus ei ole este. Elementtien betonin puristuslujuus on huomattavasti suurempi kuin alkuperäinen suunnittelulujuus, jolloin kantavuudet ovat sen osalta riittäviä. Tämän vahvistavat myös elementeille tehdyt kuormituskokeet.

ReCreate-hanke jatkuu edelleen tutkimuksen osalta. Suurin osa irrotettujen elementtien koestuksista on tehty, mutta jatkotutkimuksia tehdään edelleen betonielementtien uudelleenkäytön laadunvarmistusprosessin kehittämiseksi. Koestuksista (Räsänen et al. 2024b) sekä muista uudelleenkäyttöön liittyvistä aiheista löytyy lisätietoa ReCreate-hankkeen julkaisuista.

Reusing precast concrete for a circular economy (ReCreate) -hanke. ReCreate-hanke on saanut rahoituksensa EU:n Horisontti 2020 -ohjelmasta (rahoitussopimus nro 958200).

Lähteet

Räsänen, A., Lahdensivu, J., Vullings, M.W.F., Dervishaj, A. & Huuhka, S. (2024a). Procedure for quality management of reclaimed concrete elements. The ReCreate project.

Räsänen, A., Lahdensivu, J., Gudmundsson, K., Dervishaj, A., Westerlind, H., Lambrechts, T., Vullings, M., Arnold, V. & Huuhka, S. (2024b). Properties and quality of precast concrete elements deconstructed in ReCreate's pilots. The ReCreate project.

Abstract:

Testing of precast concrete elements for reuse

Reusing precast concrete elements is studied thorough four real-life pilots in Europe in the ReCreate project. Finnish pilot is an office building from 1982 located in Tampere. Load-bearing beams, columns and hollow-core slabs were reclaimed from the building. Concrete façade elements were not considered for reuse, as the age is over 40 years and requirements for insulation in new construction have been tightened in time. For reusing concrete elements, material properties are necessary, and the elements need to be designed according to existing regulations and guidelines.

The elements intended for reuse were tested before deconstruction to ensure reusability of

the elements. Some of the reclaimed elements were also load tested in full scale. As a part of the project, testing requirements were studied and a decision process was developed (Figure 2). The process is based on the quality of the information gathered from the building and its elements. Sufficient testing and test methods can be minimized if the properties are known, and the property needs to be ensured. Correspondingly, if the properties are not known, more extensive and reliable testing is needed to determine the value for material properties. Sufficient testing needs to be evaluated on a case-by-case basis.

Any visual deflections or defects were not observed. Concrete cover depth and carbonation depth varied between element types, but the cover depth is sufficient for 100 years in

ordinary indoor environment (exposure class XC1). The concrete cover depth is also used in determining fire resistance of the elements. The compressive strength of the elements was significantly higher than the original design value. In addition, the load test results of the hollow-core slabs were 5-47 % above the evaluated resistance.

Any barriers in properties for reusing precast concrete elements reclaimed in Finnish pilot were not found. However, the research is continuing and the quality management process for reusing concrete elements will be developed. The Reusing precast concrete for a circular economy (ReCreate) project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No 958200.

Betonimurskeen piilevä potentiaali

