



Teräs-puu-liittopalkin palonkestävyys

Mikko Malaska, professori, Tampereen yliopisto

Teräsrakentamisen T&K-päivät 2023
24.8.2023 Tampere

Esityksen sisältö

- 1 Tutkimuksen tausta
- 2 Tutkimuksen tavoite ja menetelmät
- 3 Kokeellinen tutkimus
- 4 Numeerinen tutkimus
- 5 Yhteenveto



Fire Performance of Steel-Timber Hybrid Beam Section

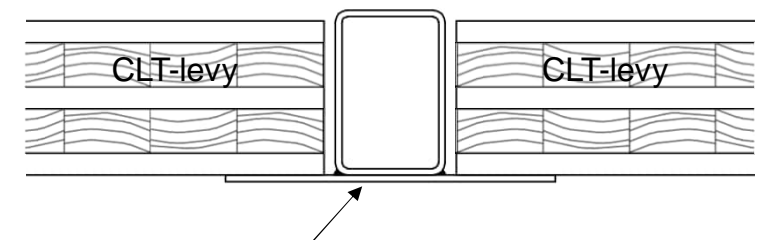
Mikko Malaska * and Mika Alanen , Tampere University, Tampere, Finland

Mikko Salminen, Jensen Hughes, Tampere, Finland

Timo Jokinen and Risto Ranua, Markku Kauriala Ltd Fire Engineering and Fire Safety Design Consultants, Tampere, Finland

Received: 21 March 2023/Accepted: 19 July 2023

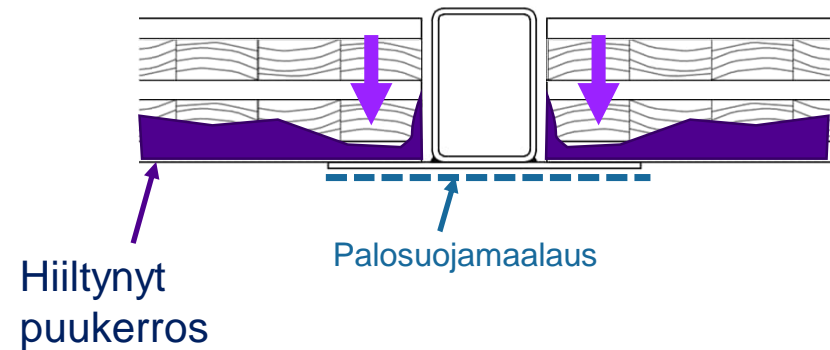
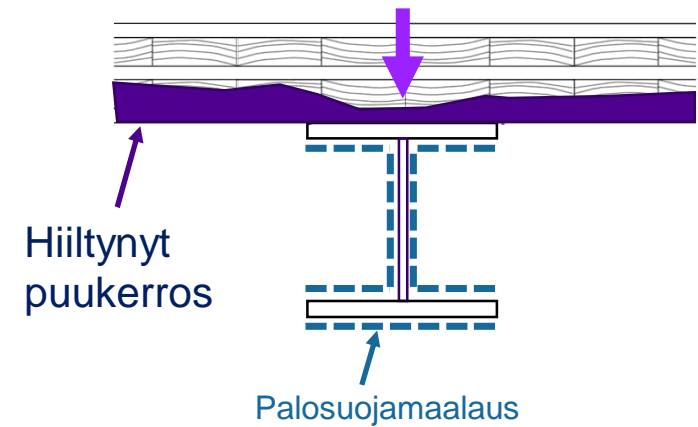
<https://doi.org/10.1007/s10694-023-01471-y>



RHS-putki ja siihen hitsattu teräslevy

Miten teräs-puu-liittopalkki hiiltyy?

- Miten teräsprofiili vaikuttaa CLT-levyn hiiltymiseen?
- Voidaanko hiiltymistä rajoittaa palosuojamaalamalla?
- Voidaanko hiiltymissyvyyttä arvioida laskennallisesti?

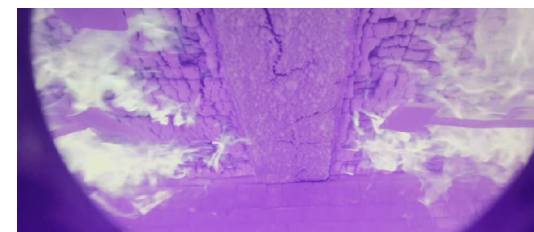


Tavoite ja menetelmät

- 1) Tuottaa realistista ja luotettavaa tietoa standardipalolle altistetun palkkipoikkileikkauksen lämpötilajakaumista ja hiiltymissyvyyksistä
- 2) Selvittää, miten alalaipan palosuojamaalaus vaikuttaa lämpötiloihin ja hiiltymiseen
- 3) Kehittää yksinkertainen numeerinen malli tukemaan teräs-puu-liittopalkin palomitoitusta

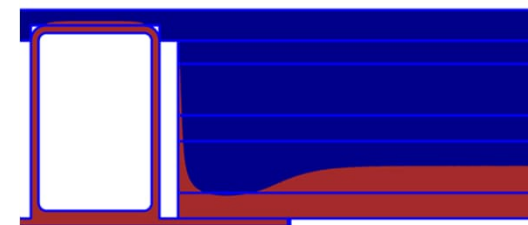
Kaksi polttokoetta

- Kuormittamattomat koekappaleet
- ISO 834 Standardipalorasitus
- Suojaamaton ja palosuojattu teräsprofiili



Numeeriset simulaatiot

- 2D lämpötila-analyysit
- SAFIR-ohjelmisto



Polttokokeet

Tests	Two fire tests. Horizontal specimens installed on the top of 3 m x 1,2 m furnace chamber opening.
Fire exposure	Standard fire. Propane gas burners.
Steel beam	150 x 100 x 6 mm RHS welded to 300 mm x 6 mm bottom plate
CLT-slabs	Two 600 x 1200 mm panels 140 mm thick, 5 lamellae layers, PUR adhesive.
Fire protection	In the second test, intumescent fire paint was used to limit steel temperatures to less than 600 °C at 60 minutes.
Extinguishing	Immediately in a pool of water.

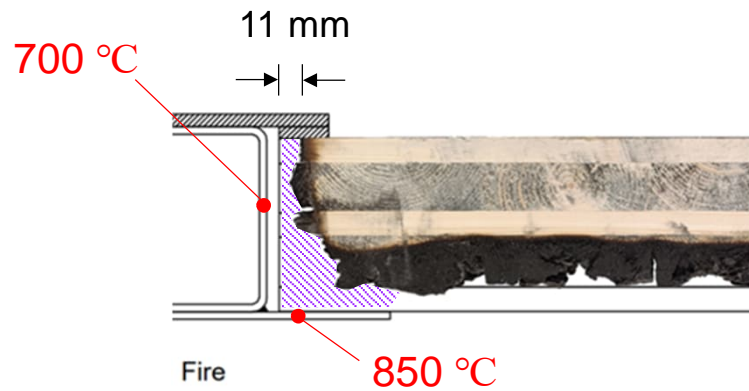


Teräsprofiili



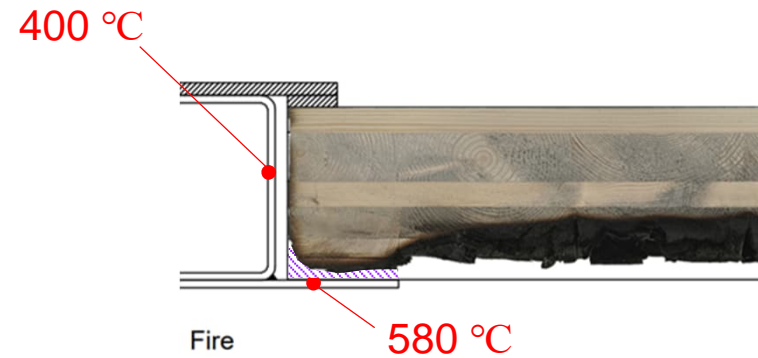
Koejärjestely uunin yläpuolelta nähtynä

Polttokokeen tulokset



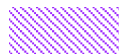
Suojaamaton teräsprofiili

Jäännöspoikkileikkaus 71 minuuttia
kokeen alkamisesta



Palosuojattu teräsprofiilin alalaippa

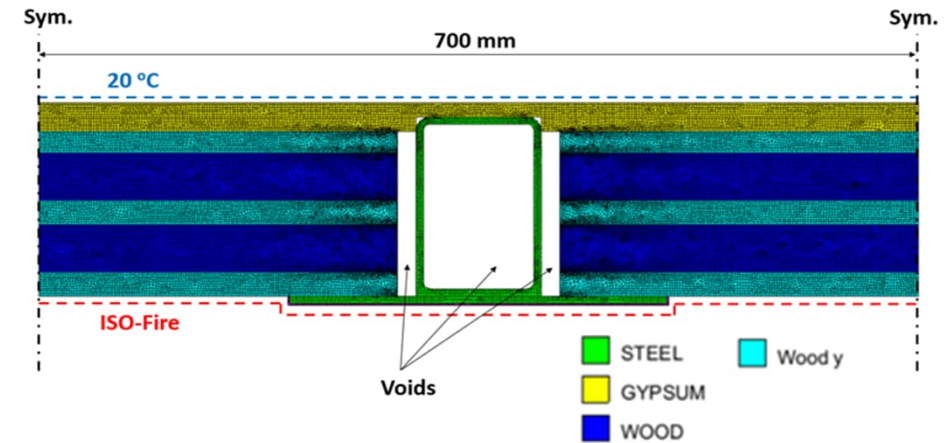
Jäännöspoikkileikkaus 61 minuuttia
kokeen alkamisesta



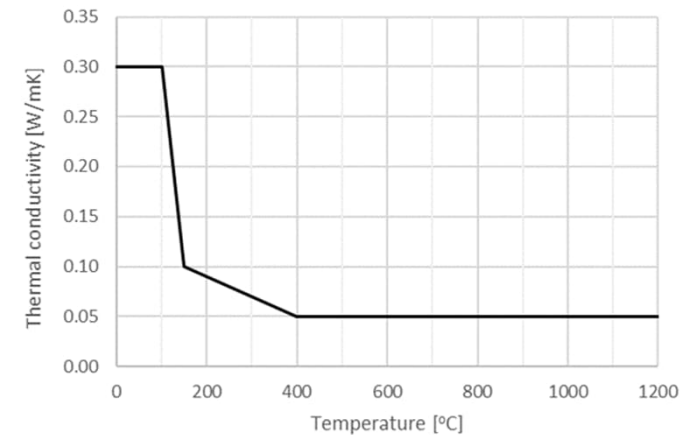
Näillä alueilla hiiltynyt puu pysyi paikoillaan kokeen loppuun asti

Numeerinen malli

Software	SAFIR®
Rectangular elements	App. 2 mm x 2 mm, total of 32 000 elements.
CLT	Delamination not included; it was assumed not to occur at support area.
Cavities	VOID command in SAFIR takes into account convection and radiation.
Intumescent paint	Design methodology and thermal conductivity as proposed by Lucherini (2020). The thickness of the protection (1,7 mm) was determined iteratively so that the calculated temperature of the protected plate at 60 minutes corresponded to the value measured in the test.

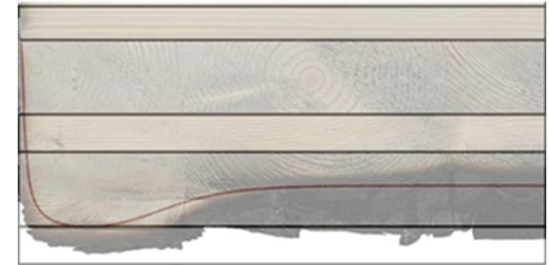


Palosuojaamaan tehollinen lämmönjohtavuus (Lucherini 2020)



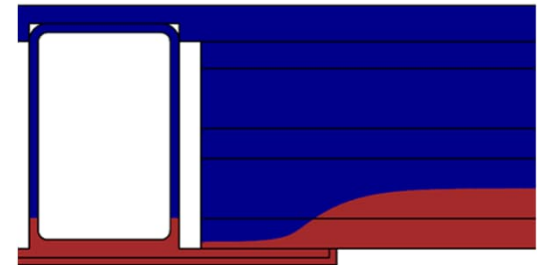
Simulaatiotulokset

- Numeerisen mallin avulla määritetyt hiiltemissyvyydet vastasivat hyvin polttokokeiden tuloksia teräspalkin lähellä.
- Kauempana palkista polttokokeilla määritetty hiiltymä oli suurempi kuin simulaatioissa saatu tulos. Tämä johtui mm. siitä, että numeerinen malli ei ottanut huomioon CLT-levyn liimasaumojen peittämisestä johtuvaa hiiltyneen kerroksen ennenaikaista putoamista.
- CLT-levyjen hiiltyminen voidaan rajoittaa 60 minuutin palorasituksessa n. 5 mm suojaamalla alalaippa maalilla, jonka palonkesto-aika on 120 minuuttia.

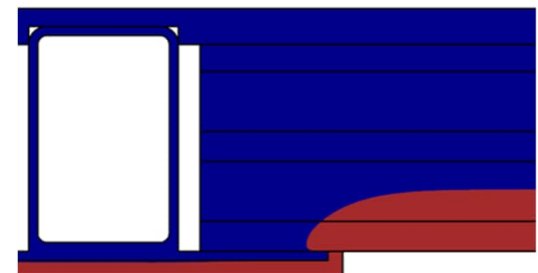


Palosuojattu teräspalkin alalaippa

Jäännöspoikkileikkaus 61 minuuttia kokeen alkamisesta



2 tunnin palosuojaus, $T_{cr} < 580$ °C



3 tunnin palosuojaus, $T_{cr} < 580$ °C

Yhteenveto

- SAFIR-ohjelmistolla tuotettu numeerinen malli pystyy simuloimaan teräs-puu-liittopalkin lämpötiloja sekä hiiltymistä erittäin hyvin.
- Palosuojaamattomassa hybridipalkissa CLT-levyt hiiltyvät voimakkaasti sekä pysty- että vaakasuunnassa.
- Palosuojamaalin avulla CLT-levyjen hiiltymistä tukialueella voidaan vähentää merkittävästi, kun käytetään suurempaa palosuojausta kuin mitä teräsprofiilin palonkestävyys edellyttäisi.
- Jatkotutkimuksella selvitetään:
 - Kuormituksen vaikutusta poikkileikkauksen hiiltymiseen ja tukireaktion siirtymistä hiiltyneen kerroksen läpi
 - Hiiltyneen kerroksen putoamisen numeerista mallinnusta
 - CLT-levyn ja palkin mitoitusperusteita

Kiitos

Mikko Malaska, professori
mikko.malaska@tuni.fi

Metalli- ja kevytrakenteet, Tampereen yliopisto
<https://research.tuni.fi/metke/about/>