



Tutkintaselostus

B 1/2005 Y

Kauppakeskuksen katon sortumisvaara Kuopiossa 18.3.2005

Tämä tutkintaselostus on tehty turvallisuuden parantamiseksi ja uusien onnettomuuksien ennalta ehkäisemiseksi. Tässä ei käsitellä onnettomuudesta mahdollisesti johtuvaa vastuuta tai vahingonkorvausvelvollisuutta. Tutkintaselostuksen käyttämistä muuhun tarkoitukseen kuin turvallisuuden parantamiseen on vältettävä.

Onnettomuustutkintakeskus
Centralen för undersökning av olyckor
Accident Investigation Board

Osoite / Address: Sörnäisten rantatie 33 C **Address:** Sörnäs strandväg 33 C
FIN-00580 HELSINKI 00580 HELSINGFORS

Puhelin / Telefon: (09) 1606 7643
Telephone: +358 9 1606 7643

Fax: (09) 1606 7811
Fax: +358 9 1606 7811

Sähköposti: onnettomuustutkinta@om.fi tai etunimi.sukunimi@om.fi
E-post: onnettomuustutkinta@om.fi eller förnamn.släktnamn@om.fi
Email: onnettomuustutkinta@om.fi or first name.last name@om.fi

Internet: www.onnettomuustutkinta.fi

Henkilöstö / Personal / Personnel:

Johtaja / Direktör / Director Tuomo Karppinen

Hallintopäällikkö / Förvaltningsdirektör / Administrative Director Pirjo Valkama-Joutsen
Osastosihteeri / Avdelningssekreterare / Assistant Sini Järvi
Toimistosihteeri / Byråsekreterare / Assistant Leena Leskelä

Ilmailuonnettomuudet / Flygolyckor / Aviation accidents

Johtava tutkija / Ledande utredare / Chief Air Accident Investigator Esko Lähteenmäki
Erikoistutkija / Utredare / Air Accident Investigator Hannu Melaranta

Raideliikenneonnettomuudet / Spårtrafikolyckor / Rail accidents

Johtava tutkija / Ledande utredare / Chief Rail Accident Investigator Esko Värttiö
Erikoistutkija / Utredare / Rail Accident Investigator Reijo Mynttinen

Vesiliikenneonnettomuudet / Sjöfartsolyckor / Marine accidents

Johtava tutkija / Ledande utredare / Chief Marine Accident Investigator Martti Heikkilä
Erikoistutkija / Utredare / Maritime Accident Investigator Risto Repo

ISBN 951-836-168-1
ISSN 1239-5323

Multiprint Oy, Helsinki 2006

TIIVISTELMÄ

Perjantaina 18.3.2005 kuopiolaisessa vuonna 1996 rakennetussa Prisma-kauppakeskuksessa havaittiin betonisissa kattopalkeissa halkeamia. Tilanne koettiin niin uhkaavaksi, että kauppakeskus päätettiin tyhjentää paikalla olleesta henkilökunnasta. Asiakkaita ei kauppakeskuksessa vielä ollut. Sortumavaarasta soitettiin hätäkeskukseen ja pelastuslaitoksen yksiköitä saapui paikalle. Poliisi eristi rakennuksen ja palokunta varmisti, että se oli tyhjä. Paikalla ollut rakennustarkastaja määräsi, että kauppakeskus oli pidettävä toistaiseksi suljettuna. Vaurioituneet palkit tuettiin viikonlopun aikana ja kauppakeskus avattiin asiakkaille seuraavalla viikolla.

Rakennuksen kantava yläpohjarakenne muodostuu jännitetyistä yksiaukkoisista harja-l-palkeista, jotka kannattavat jännitettyjä TT-laattoja. Palkkilinjat ovat 12 metrin jaolla ja palkkeja tukevat pilarit ovat 18 metrin jaolla. Palkkien pituus on 18 metriä, korkeus 1,35 metriä ja jänneväli 17,76 metriä.

Jännebetonipalkkien vaurioiden syynä oli se, että palkin pitkittäisraudoitusten jatkosten kohdalta ja harjalta puuttuivat ylälaipasta raudoitustankoja sivusuunnassa sitovat haat. Jännebetonipalkin ylälaipan rasiutila muuttuu asennustilan vedosta käyttörajatilassa puristukseksi ja vetoraudoitus muuttuu puristusraudoitukseksi. Ylälaipan puristusrasituksen suunnan epäjatkuva muutos harjan kohdalla aiheuttaa lohkaisutaipumuksen harjakohdan ympäristöön, ellei puristusteräksiä sidota haoilla.

Vastaavanlaisten vaurioiden välttämiseksi tutkintalautakunta suosittaa, että piirustusten tulkinanvaraisuus tulisi eliminoida ja jännebetonipalkkeja valmistaville elementtitehtaille pitäisi saada yksikäsitteinen tieto siitä, missä tarvitaan palkin ylälaipan tankojen sidontahakoja.

Lisäksi lautakunta suosittaa, että kantavuuskäyrien mukaisia palkkien korkeuksia ei tulisi ilman painavaa syytä pienentää. Jos käytetään matalampia palkkeja, niiden mitoitus ja raudoituksen suunnittelu tulisi tarkistuttaa harjapalkkien toimintatavat tuntevalla erityisasiantuntijalla



SAMMANDRAG

RASRISK I AFFÄRSCENTRET PRISMA I KUOPIO 18.3.2005

Fredagen 18.3.2005 upptäcktes sprickor i betongtakbalkarna i affärscentret Prisma i Kuopio som är byggt år 1996. Läget ansågs vara så hotande att man fattade beslut om att evakuera den personal som fanns i affärscentret. Inga kunder fanns ännu i affärscentret. Nödcentralen informerades om rasrisken per telefon och enheter från räddningsverket anlände till platsen. Polisen isolerade byggnaden och brandkåren såg till att den var tom. En byggnadsinspektör på platsen fattade beslut om att stänga affärscentret tills vidare. De skadade balkarna stöttades under veckoslutet och affärscentret öppnades för kunder påföljande vecka.

Byggnadens bärande övre bjälklag bestod av förspända sadel-I-balkar med en öppning som bar upp förspända TT-plattor. Avståndet mellan balklinjerna är 12 meter och balkarna stöds av pelare med 18 meters intervall. Balklängden är 18 meter, höjden 1,35 meter och spännvidden 17,76 meter.

Orsaken till skadorna på de förspända betongbalkarna var att sammanbindande klammer som binder armeringsstängernas övre flänsar i sidled saknades vid armeringsjärnets skarvar i längdriktningen och vid sadeldelen. Belastningsläget vid en förspänd betongbalks övre fläns ändras från drag i montageläget till tryck vid bruksgränstillståndet och dragarmeringen ändras till tryckarmering. Den diskontinuerliga ändringen i tryckpåkänningens riktning i övre flänsen vid sadeldelen orsakar en spjälkningsbenägenhet i området kring krönet om inte tryckarmeringsjärnen binds med klammer.

I syfte att förebygga motsvarande skador i framtiden rekommenderar undersökningskommissionen att ritningarnas tolkningsmöjligheter elimineras och att de elementfabriker som tillverkar förspända betongbalkar får entydig information om de platser där klammer för armeringsjärnen behövs i balkens övre fläns.

Dessutom rekommenderar kommissionen att de balkhöjder som motsvarar bärrighetskurvorna inte minskas utan vägande skäl. Om lägre balkar används bör dimensioneringen och konstruktionen av armeringen kontrolleras av en specialsakkunnig som känner sadelbalkars funktion.

SUMMARY

A THREAT OF ROOF COLLAPSE IN A SHOPPING CENTRE IN KUOPIO ON 18 MARCH, 2005

On Friday 18 March 2005, cracks were observed on the concrete roof beams of a Prisma commercial centre located in the town of Kuopio. The building dates from 1996. The situation was regarded as posing a sufficient threat of collapse that the decision was taken to evacuate all staff from the building. There were no customers in the commercial centre at the time. The emergency services were alerted of the apparent danger of collapse and emergency service units were dispatched to the building. The centre was isolated by the police and the fire brigade ensured that the building was empty. A building surveyor present on-site determined that the centre should remain closed for the time being. The damaged beams were fitted with additional supports during the weekend and the centre was re-opened to customers in the following week.

The load-bearing roof structure of the building consists of pre-tensioned single-span ridge beams supporting pre-tensioned TT slabs. The beam rows are spaced 12 metres apart and the beam supporting pillars are spaced 18 metres apart. The beams are 18 metres in length, 1.35 metres in height and span 17.76 metres.

The damage to the pre-tensioned concrete beams was caused by the absence of binding hooks from the longitudinal beam reinforcement extensions and the top of the beam. The purpose of the binding hooks is to fasten the iron reinforcement bars on the upper beam flange in the sideways position. The stress state of the upper flange of the pre-tensioned concrete beam changes from a state of tensile stress in the installation state to a state of compressive stress in the in-service limit state. The tensile beam reinforcement thus subsequently converts to compressive beam reinforcement. If the compression reinforcement bars are not held fast with binding hooks, intermittent alterations in the direction of compression stress of the upper flange at the ridge results in a shear tendency in the ridge area.

To avoid similar damage occurrences the Board of Inquiry recommends that the openness to interpretation of drawings should be eliminated and prefabrication factories manufacturing pre-tensioned concrete beams should be provided with precise information concerning the required position of binding hooks for beam upper flange reinforcement bars.

Furthermore, the Board recommends that beam heights in accordance with span-width curves must not be reduced without absolute due reason. If shorter beams are used, their dimensioning and steel reinforcement design should be verified by a specialist in ridge beam engineering.



ALKUSANAT

Kuopiossa sijaitsevan Prisma-kauppakeskuksen katossa oli sortumavaara 18.3.2005, kun katto-palkeissa havaittiin halkeamia.

Onnettomuustutkintakeskus asetti 29.3.2005 onnettomuuksien tutkinnasta annetun asetuksen (79/1996) nojalla tutkintalautakunnan tutkimaan tapausta suuronnettomuuden vaaratilanteena.

Tutkintalautakunnan kokoonpano oli seuraava:

puheenjohtaja	erikoistutkija Reijo Mynttinen Onnettomuustutkintakeskus
jäsen	tekniikan tohtori Matti V. Leskelä Oulun Yliopisto
jäsen	diplomi-insinööri Tapani Mäkikyrö Oulun rakennusvalvontavirasto
jäsen	professori Seppo Huovinen Teknillinen korkeakoulu, Espoo

Seppo Huovinen on ollut estynyt osallistumaan lautakunnan työhön.

Lautakunta on suorittanut tarvittavat paikatutkimukset Kuopiolaisessa kauppakeskuksessa. Tutkintalautakunta on lisäksi tutkinut asiaan liittyvät asiakirjat ja kuullut asianosaisia.

Osa tutkintamateriaalista on siirretty lähdeliitteiksi. Niitä säilytetään Onnettomuustutkintakeskuksessa.

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ.....	I
SAMMANDRAG.....	II
SUMMARY.....	III
ALKUSANAT.....	IV
1 VAARATILANNE.....	1
1.1 Yleiskuvaus.....	1
1.2 Onnettomuuskohteen kuvaus, tapahtumapaikka ja sääolosuhteet.....	1
1.3 Tapahtumien kulku.....	1
1.4 Pelastustoiminta ja raivaus.....	2
1.4.1 Hälytykset.....	2
1.4.2 Toiminta onnettomuuspaikalla.....	3
1.5 Poliisin toiminta.....	4
1.6 Onnettomuudesta aiheutuneet vahingot.....	5
1.6.1 Henkilövahingot.....	5
1.6.2 Materiaalivahingot.....	5
1.6.3 Ympäristövahingot.....	5
1.7 Tiedottaminen.....	5
2 VAARATILANTEEN TUTKINTA.....	7
2.1 Rakennus.....	7
2.2 Olosuhteet.....	10
2.3 Suunnitteluun ja rakentamiseen liittyvät organisaatiot ja henkilöt.....	10
2.4 Pelastustoimen organisaatio ja toimintavalmius.....	11
2.5 Tallenteet.....	11
2.6 Asiakirjat.....	11
2.7 Määräykset ja ohjeet.....	11
2.8 Muut tutkimukset.....	12
3 ANALYYSI.....	13
3.1 Vaaratilanteen analysointi.....	13
4 JOHTOPÄÄTÖKSET.....	19
4.1 Toteamukset.....	19
4.2 Vaurioiden syyt.....	19
5 SUOSITUKSET.....	21



5.1 S1 Jännebetonipalkkien ylälaipan sidontarudoitus.	21
5.2 S2 Jännebetonipalkkien korkeus	21

LIITTEET

- Liite 1. Kattokannattajan rakenneanalyysi
- Liite 2. Lausunnot

LÄHDELUETTELO

1 VAARATILANNE

1.1 Yleiskuvaus

Perjantaina 18.3.2005 kuopiolaisessa Prisma-kauppakeskuksessa havaittiin kattopalkeissa halkeamia. Tilanne koettiin niin uhkaavaksi, että kauppakeskus päätettiin tyhjentää paikalla olleesta henkilökunnasta. Asiakkaita ei kauppakeskuksessa vielä ollut.

1.2 Onnettomuuskohteen kuvaus, tapahtumapaikka ja sääolosuhteet

Vaaratilanne sattui Kuopiolaisessa Prisma-kauppakeskuksessa Savilahdentie 10:ssä. Tapahtumahetkellä oli pakkasta noin $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ja tuulen nopeus oli noin 5 m/s.



Kuva 1. Panoraamakuva kauppakeskuksesta.

Bild 1. Panoramabild av affärscentret.

Figure 1. Panoramic view of the commercial centre.

Kauppakeskuksen pinta-ala on $10\ 000\ \text{m}^2$, joista Prismen tilat ovat $8\ 000\ \text{m}^2$. Muita tiloja ovat Osuuskaupan konttori, Alko, hampurilaisravintola ja pienet erikoisliikkeet. Kauppakeskus on rakennettu vuonna 1996.

1.3 Tapahtumien kulku

Perjantaiamuna 18.3.2005 noin kello 8.20 kauppakeskus ei vielä ollut avautunut asiakkaille. Myyjä oli täyttämässä makkarahyllyjä Prismassa. Hän huomasi kesken työn, että jotakin valkoista jauhetta ja murusia oli hänen hihojensa päällä. Ensin myyjä luuli, että jauhetta oli valunut jostakin paketista hänen päälleen. Sitten hän kuuli ritisevää ääntä yläpuoleltaan. Kun myyjä katsoi ylöspäin hän huomasi, että ääni tuli hänen yläpuoleltaan olevasta betonipalkista ja siltä tippui murusia alas. Myyjä soitti puhelimella esimiehelleen elintarvikeosaston päällikölle asiasta. Ritisevä ääni oli voimistunut tässä vaiheessa ja myyjä näki yläpuoleltaan olevan palkin harjakohdassa hiushalkeamia. Paikalle tuli myös vartija, joka lähti hetken päästä ilmoittamaan asiasta kauppakeskuksen johtajalle. Joh-

taja tuli tapahtumapaikalle ja nähtyään murtuneen palkin hän käski vartijaa soittamaan asiasta hätäkeskukseen. Sitten johtaja pyysi vartijaa ilmoittamaan omalle esimiehelleen asiasta. Johtaja antoi käskyn, että kauppakeskus tuli tyhjentää ihmisistä. Elintarvikeosaston päällikkö tuli paikalle ja soitti palkin murtumasta kauppakeskuksen kiinteistöpäällikölle. Kauppakeskuksessa oli tapahtumahetkellä töissä noin 30 ihmistä. Erillisissä konttoritiloissa työskenteli noin 20 ihmistä. Ihmiset huutelivat toisilleen, että tiloista oli lähdettävä sortumavaaran vuoksi pois. Ihmisiä käskettiin poistumaan rakennuksesta myös puhelinkuulutuksella.

Kauppakeskuksen johtaja kävi samassa tilassa olevassa Alkon liikkeessä ja käski ihmisiä poistumaan sieltä sortumavaaran vuoksi. Hän soitti asiasta myös omalle esimiehelleen konttoriin ja käski heitä poistumaan sieltä.



Kuva 2. Kuva palkin harjalla olevista halkeamista.

Bild2. Bild av sprickorna i balkens sadeldel.

Figure2. View of cracks on top of the beam.

1.4 Pelastustoiminta ja raivaus

1.4.1 Hälytykset

Vartija soitti sortumisvaarasta hätäkeskukseen kello 8.32 sekä omalle esimiehelleen Kuopion Vartiointipalvelu Oy:n.

Pohjois-Savon hätäkeskus hälytti paikalle päivystävän palomestarin, sammutusauton ja sairaankuljetusyksikön. Yksiköt olivat paikalla kello 8.37. Myöhemmin paikalle hälytettiin myös palopäällikkö.

Poliisi sai hälytyksen hätäkeskukselta kello 8.32 ja paikalle lähetettiin Kuopion poliisin partio. Myöhemmin paikalle kutsuttiin myös Itä-Suomen läänin teknisen rikostutkimuskeskuksen tutkijat Kuopiosta.

1.4.2 Toiminta onnettomuuspaikalla

Palokunta saapui paikalle siinä vaiheessa, kun suurin osa ihmisistä oli jo poistunut rakennuksesta. Palokunnan toimintaa johti ensin päivystävä palomestari ja myöhemmin paikalle saapunut palopäällikkö. Ensin todettiin murtumat kattopalkeissa ja sitten varmistettiin, että kaikki ihmiset olivat poistuneet rakennuksesta. Palokunta perusti johtokeskuksen kauppakeskuksen info-pisteen eteen. Palokunta varmisti vielä kuulutuksilla, että kauppakeskuksessa ei ollut ketään sisällä ja konttoriosasto oli tyhjennetty ihmisistä. Kauppakeskuksen leipäosaston uunit olivat jääneet päälle. Palomiehet menivät takakautta henkilökuntaan kuuluvien kanssa sisälle ja sammuttivat grillit ja uunit.

Kauppakeskuksen toimitusjohtaja ja palopäällikkö tulivat tapahtumapaikalle. Palopäällikkö määräsi kauppakeskuksen eristettäväksi ja sisälle päästettiin ainoastaan viranomaisten edustajia. Kaikki kiinteistössä toimivat liikkeet määrättiin suljettaviksi. Kuopion Vartiointipalvelun vartijat ryhtyivät vartioimaan talon oviaukkoja.

Paikalle hälytettiin Kuopion Ympäristökeskuksen tutkijat selvittämään katolla olleen lumikuorman paksuutta ja painoa. Myös Kuopion rakennusvalvonnan rakennustarkastaja hälytettiin paikalle.

Palokunta luovutti rakennuksen omistajan valvontaan kello 13.45. Paikalle jäi kuitenkin päivystämään yksi sammutusyksikkö ja sairaankuljetusyksikkö. Paikalla ollut työsuojelupiirin työsuojeluinsinööri antoi kello 14.30 määräyksen, että rakennus oli täysin käyttökiellossa, kunnes rikkoutuneet palkit on vaihdettu ja lumikuorma katolta poistettu. Rakennustarkastaja antoi myös määräyksen, että kauppakeskus oli toistaiseksi pidettävä suljettuna.

Samana iltana noin kello 19.30 murtuneille palkeille tehtiin lasermittaus. Seuraava mittaus tehtiin lauantaiamuna kello 8. Koska palkeissa ei havaittu liikkumista alaspäin, päätettiin aloittaa betonipalkkien tukien rakentaminen. Vaurioituneiden kuuden betonipalkin alle harjan kohdalle päätettiin laittaa teräspilarit, jotka tuettaisiin alapäästään lattiaan. Lumen poistaminen rakennuksen katolta aloitettiin viikonlopun aikana.

Vaurioituneet kuusi palkkia saatiin tuettua viikonlopun aikana. Rakennustarkastaja antoi luvan kauppakeskuksen avaamiseen maanantaina ja se avattiin tiistaiamuna 22.3.2005 kello 9.00.



Kuva 3. Kuva kattopalkin väliaikaisesta tuennasta.

Bild 3. Bild av takbalkens temporära stöttning.

Figure 3 Photograph of the temporary roof beam supports.

1.5 Poliisin toiminta

Poliisi eristi eristysnauhalla kauppakeskuksen pysäköintipaikkojen reunoja myöten noin 50 metrin etäisyydeltä rakennuksesta. Poliisi teki sille kuuluvat ilmoitukset tapahtumasta. Rikostutkimuskeskuksen tutkijat tekivät teknisen tutkinnan ja dokumentoivat tilanteen muun muassa valokuvaamalla. Poliisin tutkimustulokset ja dokumenttimateriaali on ollut tutkintalautakunnan käytettävissä.

1.6 Onnettomuudesta aiheutuneet vahingot

Kauppaokeskus pidettiin suljettuna perjantaina 18.3.2005, sekä seuraavana lauantaina ja maanantaina. Kauppaokeskus avattiin normaalisti tiistaiaamuna 22.3.2005 kello 9.00.

1.6.1 Henkilövahingot

Sortumisvaara ei aiheuttanut henkilövahinkoja.

1.6.2 Materiaalivahingot

Myöhemmissä tarkastuksissa halkeamia löydettiin useista palkeista. Kahdeksassa palkissa halkeamia oli sekä harjalla, että palkin päässä. Yhdessä palkissa halkeamia oli vain harjalla ja viidessä niitä oli ainoastaan palkin päässä. Palkin päissä olevat vinot hiushalkeamat eivät ole kriittisiä ja kuuluvat raudoitettujen ja jännitettyjen betonirakenteiden normaalin mekaanisen toiminnan mukaiseen halkeiluun.

Sortumisvaarasta aiheutui välittömiä kustannuksia 86 000 euroa ja välillisiä kustannuksia 219 000 euroa. Lisäksi lisäkustannuksia voi tulla muiden halkeilleiden palkkien korjauksista.

1.6.3 Ympäristövahingot

Sortumisvaara ei aiheuttanut ympäristövahinkoja.

1.7 Tiedottaminen

Palolaitoksella järjestettiin asiasta tiedotusvälineille tiedotustilaisuudet kello 10.00 ja 14.00 palopäällikön johdolla.

Tutkintalautakunnan puheenjohtaja on vastannut asiaa koskeviin tiedotusvälineiden tiedusteluihin.

2 VAARATILANTEEN TUTKINTA

Onnettomuustutkintakeskuksen päivystäjä sai hälytyspuhelimeen ensin tekstiviestinä tiedon Kuopion Prisman sortumisvaarasta. Tekstiviestin oli lähettänyt Pohjois-Savon pelastuslaitoksen apulaispalopäällikkö. Sen jälkeen Kuopion poliisista soitettiin Onnettomuustutkintakeskukseen ja kerrottiin sortumisvaarasta. Tutkintalautakunnan puheenjohtaja lähti samana päivänä tapahtumapaikalle. Puheenjohtaja ja lautakunnan jäsen jatkoivat paikkatutkintaa myös seuraavalla viikolla.

2.1 Rakennus



Kuva 4. Kauppakeskuksen päädyssä oleva konttoritila.

Bild 4. Kontorslokaler vid affärscentrets gavel.

Figure 4. Office space located at one end of the commercial centre.

Kauppakeskus oli valmistunut 1996. Se on kaksikerroksinen. Sen pinta-ala oli alunperin noin 8 000 m². Sitä oli laajennettu vuonna 1998 niin, että sen nykyinen pinta-ala on 10 000 m². Prisman tilat ovat noin 8 000 m². Rakennuksessa on Prisman lisäksi osuuskaupan konttori, Alko, hampurilaisravintola sekä pienempiä erikoisliikkeitä. Kauppakeskus työllistää kaikkiaan noin 200 ihmistä.

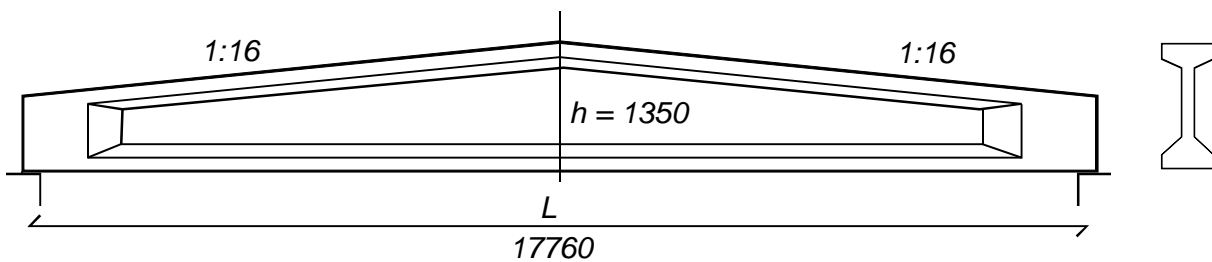
Rakennuksen kantava yläpohjarakenne muodostuu jännitetyistä yksiaukkoisista harja-I-palkeista (HI), jotka kannattavat jännitetyjä TT-laattoja. Vaurioituneet palkit JP10 sijaitsevat kattorakenteiden tasokuvan osoittamassa kohdassa. Palkkien tyypimerkintä katon tasopiirustuksessa on HI-1350x480 (harjakorkeus 1350 mm ja nimellisleveys 480 mm) ja laattojen tyypimerkintä on TT-400/3000 (laatan korkeus 400 mm ja nimellisleveys 3000 mm).



Kuva 5. Kuva kattorakenteesta.

Bild 5. Bild av takkonstruktionen.

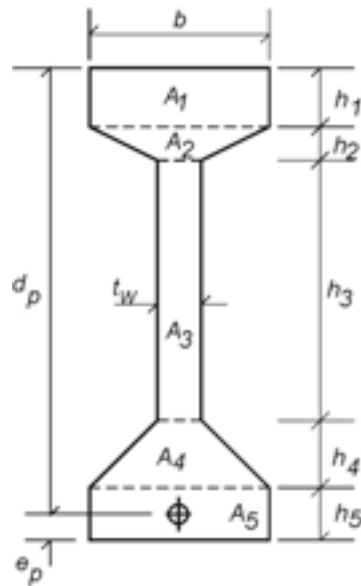
Figure 5. View of the roof structure.



Kuva 6. Periaatekuva jännebetonipalkista (ei mittakaavassa).

Bild 6. Principskiss av en förspänd betongbalk (ej i skala).

Figure 6. Diagram of a pre-tensioned concrete beam (not to scale).



Kuva 7. Jännebetonipalkin leikkauskuva.

Bild 7. Snittbild av en förspänd betongbalk

Figure 7. Cross-section of a pre-tensioned concrete beam.

Palkkilinjat ovat 12 000 mm jaolla ja vaurioituneita palkkeja tukevat pilarit 480x480 ovat 18 000 mm jaolla. Palkkien jänneväli on $18\,000 - 480/2 = 17\,760$ mm.

Palkit on mitoitettu rakenteiden painon aiheuttamalle kuormalle ja lumikuormalle, jonka ominaisarvo on $1,8 \text{ kN/m}^2$ (RIL 144-1990). Rakenteiden painon aiheuttamana kuormana on mitoituksessa otettu huomioon:

- Vesikatteet (eristeet, päällysteet, yms.), $0,4 \text{ kN/m}^2$
- TT-laattojen paino (riippuu rivan leveydestä, ol. 240 mm) $2,5 \text{ kN/m}^2$
- Palkin oma paino $\leq 7,5 \text{ kN/m}$ (ominaiskuorma harjan kohdalla)
- Ripustuksien paino $0,4 \text{ kN/m}^2$

Ominaiskuormat tulee rakenteita suunniteltaessa kertoa osavarmuuskertoimella. Samoin rakenteiden kapasiteettia laskettaessa käytetään osavarmuuskertoimia, joten kelvollisen rakenteen tulee kestää selvästi ominaiskuormia suuremmat kuormitukset.

Glykoliputkisto

Rakennuksen katolle oli rakennettu vuonna 2004 glykoliputkisto, jonka avulla lämmitetään rakennuksen edessä olevia terassialueita. Putket ovat eristettyjä, halkaisijaltaan noin 30 cm ja niitä on kaksi rinnakkain. Putkisto on kannatettu painekyllästetystä puusta olevalla telineellä. Laskelmien mukaan putkistosta aiheutuva kuorma katolla on noin 120 kg/m.



Kuva 8. Kauppakeskuksen katolle rakennettu glykoliputkisto.

Bild 8. Glykolrörsystem som byggts på affärscentrets tak.

Figure 8. Glycol piping system installed on the roof of the commercial centre.

2.2 Olosuhteet

Ilman lämpötila oli tapahtuma-aamuna noin $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Pohjoisen ja koillisen välisen tuulen nopeus oli aamulla noin 5 m/s . Yön aikana tuulen suunta oli ollut sama ja se vaihteli 3 ja 5 m/s välillä.

Pohjois-Savon ympäristökeskuksen tutkijat kävivät mittaamassa katolla olleen lumikuorman. Lumen paksuus katolla vaihteli 32 ja 54 cm välillä. Lumen massa vaihteli 90 ja 165 kg/m^2 välillä. Rikostutkimuskeskuksen tutkijat ja Onnettomuustutkimuskeskuksen tutkija punnitsivat myös katolla olleen lumikuorman. Mittausten mukaan keskimääräinen lumikuorma putkilinjan lähellä oli noin 160 kg/m^2 . Kinostumista oli havaittavissa jonkin verran. Kauempana vauriokohdalta lumikuorma katolla oli noin 100 kg/m^2

2.3 Suunnitteluun ja rakentamiseen liittyvät organisaatiot ja henkilöt

Kauppakeskuksen oli rakennuttanut alueosuuskauppa PeeÄssä ja rakentanut YIT Rakennus Oy Kuopion toimisto. Rakennuksen pääsuunnittelusta vastasi Insinööritoimisto Sormunen&Timonen Oy. Kattopalkit oli hankittu tuoteosakauppana. Palkit oli valmistanut Pielisen Betoni Oy ja se oli tilannut palkkien suunnittelun kuopiolaiselta insinööritoimistolta.

Rakennusvalvontaviranomainen oli Kuopion kaupungin teknisen viraston rakennusvalvontayksikkö. Rakennuslupa oli myönnetty kauppakeskukselle 15.1.1996.

2.4 Pelastustoimen organisaatio ja toimintavalmius

Kuopiossa toimii Pohjois-Savon pelastuslaitos, jonka alueeseen kuuluvat Pohjois-Savon seutukunnat. Ne ovat Ylä-Savon, Koillis-Savon, Kuopion, Sisä-Savon ja Varkauden seutukunta.

Onnettomuus tapahtui pelastustoiminnan kannalta keskeisellä paikalla, sillä kauppakeskukseen on matkaa Kuopion keskuspaloasemalta vain 500 metriä.

Hätäkeskustoiminnasta Kuopiossa vastaa Pohjois-Savon hätäkeskus, jonka tehtävänä on vastaanottaa hätäilmoitukset ja hälyttää eri viranomaiset niiden ohjeistamalla tavalla. Hätäkeskus vastaanotti hätäilmoituksen, jonka perusteella se määräsi tapahtuman vahingontorjuntatehtäväksi ja hälytti sen mukaisesti kolme yksikköä. Hälytetyissä yksiköissä onnettomuusselosteen perusteella oli yksi päällystöön kuuluva, kaksi alipäällystöön kuuluvaa ja viisi miehistöön kuuluvaa.

2.5 Tallenteet

Kauppakeskuksessa oli videovalvonta. Kameran oli kuitenkin suunnattu alaspäin niin, että ne eivät kuvanneet kattorakenteita.

Pohjois-Savon hätäkeskus oli kirjannut hätäilmoitus- ja hälytystiedot hälytysselosteen ja pelastustoiminnan johtaja oli täyttänyt tapahtumasta onnettomuusselosteen. Molemmat selosteet oli kirjattu pelastustoimen järjestelmään ja ne ovat olleet tutkintalautakunnan käytettävissä.

2.6 Asiakirjat

Kuopion kaupungin rakennusvalvontavirastossa oli rakennuslupaan liittyvät asiakirjat eli asemapiirros, pohjapiirros, leikkauspiirustus, julkisivupiirustukset, rakennuslupahakemus, rakennuslautakunnan kokouspöytäkirja ja rakennuslupa, käyttöönotto ja lopputarkastuskatselmuksen pöytäkirjat. Rakennusvalvontavirasto toimitti työn aikaiset työmaapäiväkirjat, jotka tarkistettiin mahdollisten rakennustyön aikaisten epätavanomaisten tapahtumien (odottamattomat painumat, asennuksen vaikeudet, yms.) toteamiseksi.

2.7 Määräykset ja ohjeet

Rakenteet oli suunniteltu vuonna 1995 voimassa olleiden Suomen rakentamismääräyskokoelman osien B (RakMK osat B: rakenteiden lujuus) mukaisia vaatimuksia ja ohjeita noudattaen:

- Kuormitukset: RakMK B1: Rakenteiden varmuus ja kuormitukset 1982 (tai RIL¹ 144-1990: Rakenteiden kuormitusohjeet)
- Betonirakenteiden kestävyys: RakMK B4: Betonirakenteet. Ohjeet 1987. Muutos 1994 (tai by15, Betoninormit 1993: RakMK B4 ja korkealujuuksisten betonien lisäohjeet 1993).

Kuormitusohjeiden RIL 144-1990 perusteella mitoituksessa käytettävä Kuopion alueen peruslumuorman arvo on 1,8 kN/m². Sitä on voitu käyttää suunnittelussa korottamattomana, koska kauppakeskuksen katto on lumen kerääntymisen kannalta lähes tasakatto (harjapalkkien lappeen kaltevuus on 1:16).

2.8 Muut tutkimukset

Liitteen 1 sisältämässä kattokannattajan rakenneanalyysissä tarkastellaan, onko vaurioita sisältävien palkkien yleissuunnittelussa merkittävää alimitoitusta. Tällaista ei voitu havaita. Rakenneanalyysissä esitetään arvio murtumien syntymissyylle, joka liittyy raudoituksen detaljisuunnittelun epä johdonmukaisuuteen.

¹ RIL = Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL r.y.

3 ANALYYSI

Vakavalta näyttäneestä alkutilanteesta huolimatta palkeilla ei ollut sortumisvaaraa, koska puristusmurtumiselta ulkoisesti näyttäneet halkeamat osoittautuivat vain ylälaipan reunojen paikallisesta lohkeamisesta johtuviksi. Palkit ovat vaurion jälkeen tuettu väliaikaisilla teräspilareilla jätteen keskikohdasta niin, että niiden avulla voidaan todeta, taivuuko palkki ajan mukana. Puristusmurtumisen tapahtuessa ei palkkeja olisi ehditty tukea, koska kyseinen tapahtuma on hauras ja kehittyy äkillisesti murtumisen pysähtymättä.

3.1 Vaaratilanteen analysointi

Lumikuorma

Kuopion Ympäristökeskukselta on saatu tilastotietoja lumen paksuudesta Kuopion Väinöläniemestä. Lumen paksuus oli vuosina 2000 – 2005 suurimmillaan vaihdellut 54 ja 72 cm välillä.

Tilastojen mukaan lumikuorma ei ole noussut Kuopion alueella mitenkään poikkeuksellisen suureksi, jos asiaa tarkastellaan 5 vuotta taaksepäin. Tapahtuma-aikainen keskimääräinen lumikuorma on pienempi kuin rakenteen mitoittavan lumikuorman ominaisarvo.

Palkkien raudoitus

Vaurioituneet palkit ovat rakennepiirustuksissa tunnuksin JP10 merkityt. Palkkien ylälaipassa on Ø25 mm harjaterästangot, jotka on jatkettu harjan muotoon taivutetuilla saman suuruisilla jatkoteräksillä. Betonin lohkeaminen harjan kohdalla on tapahtunut tankoja myöten. Valokuvissa 9 – 11 näkyy tyypillinen murtuma-alue (vasen pää, harjan kohta ja oikea pää).



Kuva 9. Palkin raudoitus edestä katsottuna harjan vasemmalla puolella.

Bild 9. Balkens armering sett framifrån på sadelns vänstra sida.

Figure 9. Beam reinforcement on the left-hand side of the ridge, viewed from the front.



Kuva 10. Palkin raudoitus harjalla.

Bild 10. Balkens armering i sadeldelen.

Figure 10. Beam reinforcement at the ridge.



Kuva 11. Palkin raudoitus edestä katsottuna harjan oikealla puolella.

Bild 11. Balkens armering sett framifrån på sadelns högra sida.

Figure 11. Beam reinforcement on the right-hand side of the ridge, viewed from the front.

Kuvista 7 – 9 näkyy, ettei palkin harjan alueella ole ylälaipan suuntaisia harjatankoja sitomassa yhtään haka. Ensimmäiset haat näkyvät lohkeama-alueen päiden lähellä. Haaton alue on 700 mm pituinen. Rakenneanalyysissä (liite 1) näitä hakoja nimitetään ”hattuhaoiksi”.

Palkkien ylälaipan nurkkien lohkeamat olivat poikkileikkauspinta-alaltaan niin vähäisiä, ettei lohkeamisvauriot ole aiheuttaneet sortumavaaraa eikä palkkien kokonaisvarmuus taiputumurtumisen suhteen ole kriittisesti alentunut. Vauriot ovat aiheutuneet raudoituksen yksityiskohtien suunnittelun virheistä (liite 1).

Vetorausoitusta muuttuu rakenteiden käytön lopputilanteessa puristusraudoitukseksi, jonka toimivuus ja nurjahtamattomuus täytyy varmistaa haoilla. Harjataitteen kohdalla raudoitustankojen suunnan muutoksen aiheuttamia halkaisuvaikutuksia ei voida hallita luotettavasti muuten kuin haoilla. Kyseisiä hakoja ei ole asennettu palkkeihin harjan kohdalle eikä niiden sijaintia ole osoitettu palkin rakennepiirustuksessa, jossa ylälaipan raudoittamisesta näkyvät vain päätankojen mitat. Palkin poikkileikkauskuvassa esitetään kaavamaisesti, että niin sanottuja hattuhakoja tarvitaan, mutta kokoa ja sijaintia ei osoiteta.

Raudoitustankojen $\varnothing 25$ jatkoksien limityspituus on noin 750 mm. Ottaen huomioon raudoitukseen jännittämisen aikana muodostuvan jännitystilän, toteutettua limityspituutta voidaan pitää alimittaisena. RakMKB4 edellyttämä vedettyjen tankojen jatkospituus on 1400 mm. Voiman siirto jatkoksen yli aiheuttaa limitykseen halkaisuvoimia ja betoniin tankojen suuntaisia alkuhalkeamia.

Vaurioituneet palkit ovat matalampia kuin tällaiselle jänneväliille ja kuormille valmistettavat standardipalkit, joille elementtitehtaat ovat laatineet suunnittelukäyränsä. Tästä aiheutuu suunnittelussa tiettyjä mitoituksen hankaluuksia, jotta käyttö- ja murtorajatilavaatimukset saadaan toteutumaan. Hankaluuksia aiheuttavat mataluudesta johtuva ylisuuri punostus ja jännittämisen aikaisten betonin vetojännitysten hallitseminen ylälaipassa.

Rasituksien suunnan muuttuessa alkutilanteelle päinvastaiseksi eli puristukseksi harjan muotoon taivutetut jatkosteräkset aiheuttavat ylälaippaan edellä kuvattuja poikittaisia vetojännityksiä. Niiden vaikutuksen kumuloituminen ajan mukana johtaa lohkeamiseen.

Palkkien korkeus 1350 mm on betonielementtitehtaiden kuormitettavuuskäyrästä osoittaman toteutetulle jänneväliille sopivan standardipalkin korkeutta 1650 mm selvästi pienempi.

Tavanomaista pienemmästä korkeudesta johtuen tarvittava punosmäärä on merkittävästi suurempi kuin vastaavassa standardipalkissa. Punokset ovat hyvin korkean lujuuden omaavia teräslangoista punottuja monisäikeisiä vaijereita, joiden avulla tuotetaan elementtiin sellainen esipuristusvoima, että elementti säilyisi oikein suunniteltuna halkeilemattomana ja elementillä olisi riittävä kestävyys. Punostamisen vaikutuksia eliminoidaan (jännittämisen aikainen ylälaipan halkeilu) tarvitaan palkin ylälaipassa suuri vetoraidoitus. Vetoraidoitus on jatkettu limijatkoksella harjan molemmin puolin.

Eräs silminnäkijä kertoi tutkintalautakunnalle, että hän havaitsi kattopalkeissa hiushalkeamia jo heinäkuussa 2004.

Glykoliputkisto

Kauppakeskuksen katolle rakennettu glykoliputkisto lisää kuormaa yhdelle vaurioituneista palkkilinjoista. Kuorman lisäys ei vaikuta merkittävästi rakenteiden kokonaisvarmuustasoon, eikä käyttörajatilaominaisuuksiin (liite 1).

Pelastustoiminnan analysointi

Pohjois-Savon hätäkeskuksen hälytysselosteen mukaan tapahtumatyyppi oli keskisuuri vahingontorjunta. Paikalle hälytettiin päivystävä palomestari, sammutusauto ja sairaankuljetusyksikkö. Palokunnan saapuessa paikalle oli henkilökunta poistunut kauppakeskuksesta.

Kattoromahdukset etenkin näin suurissa rakennuksissa aiheuttavat merkittävän henkilövahinkoriskin. Rakenteiden pettäminen tulisi olla mahdollista valita hätäkeskuksessa tehtävyytyypiksi ja sen aiheuttamat hälytykset eli vaste tässä tapauksessa toteutunutta etupainotteisemmaksi.



Tavaratalo piti edellisenä syksynä turvallisuuskoulutuksen. Suojelujohtajana toimivan tavaratalon johtajan kertoman mukaan yhtenä tehtävänä oli poistumisharjoitus tavaratalon tiloista. Johtajan mielestä poistuminen sujui tämänkin harjoituksen ansiosta hyvin, eikä siinä ilmennyt ongelmia.

4 JOHTOPÄÄTÖKSET

4.1 Toteamukset

1. Palkkien harjalla olleet murtumat eivät oleellisesti heikentäneet palkkeja.
2. Kriittiseltä vaikuttaneesta alkutilanteesta huolimatta rakennuksessa ei ollut katon sortumavaaraa.
3. Rakennuksen katolla ollut lumikuorma ja glykoliputkisto eivät olleet syynä palkkien halkeamisiin.
4. Hattuhakojen sijaintia ei ollut osoitettu palkin rakennepiirustuksessa, jossa ylälaipan raudoittamisesta näkyivät vain päätankojen mitat.
5. Palkin poikkileikkauksessa oli esitetty kaavamaisesti, että hattuhakoja tarvitaan, mutta niiden kokoa ja sijaintia ei ollut osoitettu.
6. Jännebetonipalkki oli elementtitehtaiden mitoituskäyrästä vastaaville kuormille ja jänneväleille saatavia tavanomaisia harjapalkkeja matalampi.
7. Rakenteiden pettäminen tulisi olla mahdollista valita hätäkeskuksessa tehtävätyypiksi.

4.2 Vaurioiden syyt

Jännebetonipalkkien vaurioiden syynä oli se, että palkin pitkittäisraudoitusten jatkosten kohdalta ja harjalta puuttuivat ylälaipasta raudoitustankoja sivusuunnassa sitovat haat. Jännebetonipalkin ylälaipan rasiustila muuttuu asennustilan vedosta käyttötilan puristukseksi ja vetoraudoitus muuttuu puristusraudoitukseksi. Ylälaipan ja puristusrasituksen suunnan epäjatkuva muutos harjataitteen kohdalla aiheuttaa lohkaisutaipumuksen harjakohdan ympäristöön, ellei puristusteräksiä sidota haoilla.

Palkkien ylälaipan reunojen lohkeamiset eivät aiheuttaneet sortumisvaaraa, vaan ne osoittautuivat paikallisesta lohkeamisesta johtuviksi.

5 SUOSITUKSET

5.1 S1 Jännebetonipalkkien ylälaipan sidontaradoitus.

Jännebetonipalkkien halkeilemisen syynä oli se, että palkin raudoitusten jatkosten kohdalta ja harjalta puuttuivat ylälaipasta raudoitustankoja sitovat haat. Hakojen sijaintia ei ollut osoitettu palkin rakennepiirustuksessa, jossa ylälaipan raudoittamisesta näkyivät vain päätankojen mitat. Palkin poikkileikkauksessa esitettiin kaavamaisesti, että niin sanottuja hattuhakoja tarvitaan, mutta kokoa ja sijaintia ei osoitettu.

Piirustusten tulkinnanvaraisuus tulisi eliminoida ja jännebetonipalkkeja valmistaville elementtitehtaille pitäisi saada yksikäsitteinen tieto siitä, missä tarvitaan palkin ylälaipan tankojen sidontahakoja. [B1/05Y/S1]


5.2 S2 Jännebetonipalkkien korkeus

Palkkien korkeus 1350 mm on betonielementtitehtaiden kuormitettavuuskäyrästöjen osoittaman toteutetulle jänneväliille sopivan standardipalkin korkeutta 1650 mm selvästi pienempi. Tavanomaista pienemmästä korkeudesta johtuen tarvittava punosmäärä on merkittävästi suurempi kuin vastaavassa standardipalkissa.

Kantavuuskäyrien mukaisia palkkien korkeuksia ei tulisi ilman painavaa syytä pienentää. Jos käytetään matalampia palkkeja, niiden mitoitus ja raudoituksen suunnittelu tulisi tarkistuttaa harjapalkkien toimintatavat tuntevalla erityisasiantuntijalla. [B1/05Y/S2]

Helsingissä 23.1.2006


Reijo Mynttinen


Matti V. Leskelä

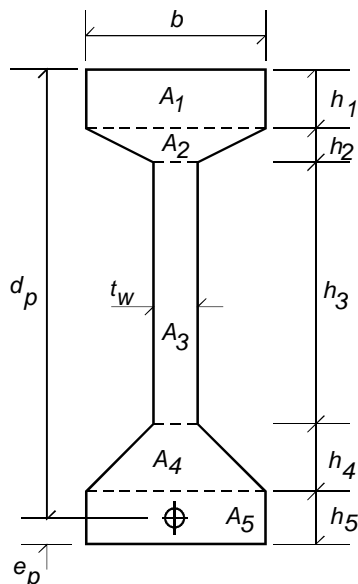

Tapani Mäkikyrö

KUOPION PRISMA-AUTOMARKET, KATTOKANNATTAJAN JP10 RAKENNE-ANALYYSI

Rakenne: Jännitetty HI-palkki, $L = 17760$ mm, harjakorkeus 1350 mm, lappeen kaltevuus 1:16, elementin paino 129,1 kN (vastaa tasaista kuormaa 7,3 kN/m)

Materiaalit: Betoni K60-1 (laukaisulujuus K40), punokset St1560/1770 ($f_{p0.2k} = 1560$ MPa), harjateräset A500H ($f_{yk} = 500$ MPa).

Betonin suojakerros hakoihin: $c = 25$ mm

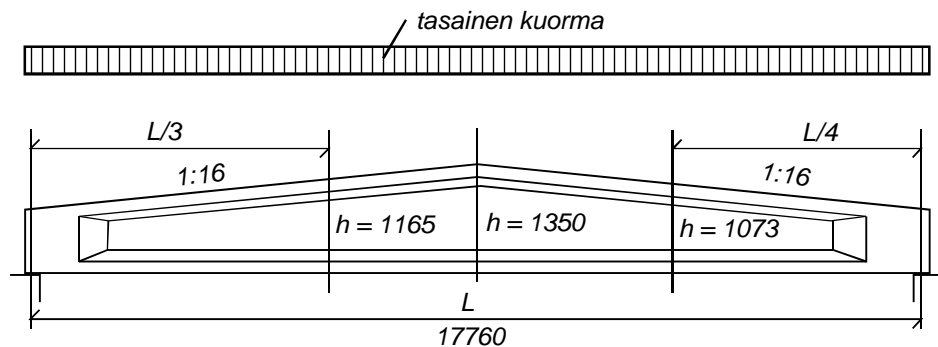


Poikkileikkaus palkin piirustuksen RAK 428-009B mukaisesti (palkista ei ole muuta piirustusta):

$b = 470$ mm, $h_1 = 150$ mm, $h_2 = 88$ mm, $h_3 = 797$ mm harjan kohdalla, $h_3 = 612$ mm 1/3-pisteissä, $h_3 = 520$ mm 1/4-pisteissä, $h_4 = 175$ mm, $h_5 = 140$ mm, $t_w = 120$ mm
Poikkileikkauksen kokonaiskorkeus $h = 1350$ mm harjan kohdalla, $h = 1165$ mm 1/3-pisteissä ja $h = 1073$ mm 1/4-pisteissä

Jännepunosten painopisteen paikka alareunasta $e_p = 92$ mm, taivutuskestävyyden laskemisessa käytettävä punosten hyötykorkeus $d_p = h - e_p$

Palkin pituuskuva:



Palkin kuormat:

- Palkin paino $G_B = 7,3$ kN/m,
 - TT-laattojen + ripustusten + eristeiden paino $g_{TT} = (2,5 + 0,8)$ kN/m², tasainen kuorma palkille $G_{TT} = 12 \times g_{TT} = 40$ kN/m,
 - Lumikuorma $q_{lumi} = 1,8$ kN/m², tasainen kuorma palkille $Q_{lumi} = 12 \times q_{lumi} = 22$ kN/m.
- => Palkin pysyvä kuorma valmiissa rakennuksessa on 47,3 kN/m

Poikkileikkaussuureet: A = poikkileikkauksen ala, I_c = poikkileikkauksen jäyhyysmomentti, y_{top} = etäisyys neutraaliakselilta yläpintaan, y_{bot} = etäisyys neutraaliakselilta alapintaan, W_{top} = taivutusvastus yläreunan suhteen, W_{bot} = taivutusvastus alareunan suhteen. Poikkileikkaussuureet ovat taulukossa 1 kolmessa kohdassa: palkin keskellä ($L/2$), kolmannespisteessä ($L/3$) ja neljännessä ($L/4$).

Liite 1/2(8)

Jännittäminen: Punokset suurimpien momenttien alueella 30 kpl $\varnothing 12,5$. Yhden punoksen poikkileikkauksen ala $A_{p1} = 93 \text{ mm}^2$. Piirustuksessa esitetty alkujännitys on $\sigma_{p0} = 1300 \text{ MPa} = 0,83f_{p0,2k}$. Mitoituksessa oletettua jännityshäviöiden suuruutta ei ole mainittu. Tässä analyysissä oletetaan, että loppujännitys $\sigma_{p\infty} = 0,78\sigma_{p0}$. Jännitysanalyysi suoritetaan tämän mukaisesti.

Taulukko 1: Poikkileikkaussuureet

Kohta	A $\times 10^3 \text{ mm}^2$	d_p mm	I_c $\times 10^6 \text{ mm}^4$	y_{top} mm	y_{bot} mm	W_{top} $\times 10^6 \text{ mm}^3$	W_{bot} $\times 10^6 \text{ mm}^3$
L/2	309,5	1258	73074,8	693	657	105,4	111,2
L/3	287,3	1073	50003,2	598	567	83,59	88,22
L/4	276,2	981	40333,6	551	522	73,25	77,29

Jännitysanalyysi:

Betonin jännitykset poikkileikkauksen yläreunassa ($\sigma_{c,top}$) ja alareunassa ($\sigma_{c,bot}$) lasketaan jännevoiman P ja ulkoisista kuormista (rakenteiden paino ja lumi) aiheutuvan taivutusmomentin M vaikutuksesta seuraavasti (kaavat on kirjoitettu niin, että veto on negatiivinen ja puristus positiivinen):

- Jännevoiman P aiheuttama momentti: $M_P = -(d_p - y_{top})P$
- Poikkileikkauksien kokonaismomentti: $M_{tot} = M + M_P$
- Betonijännitys yläreunassa $\sigma_{c,top} = \frac{P}{A} + \frac{M_{tot}}{W_{top}}$
- Betonijännitys alareunassa $\sigma_{c,bot} = \frac{P}{A} - \frac{M_{tot}}{W_{bot}}$

Kuormitushistorian mukainen jännitysten kehitys esitetään taulukoissa 2:

- (a) Tilanne heti jännittämisen jälkeen. Palkin rasiustila on tämän kohdan mukainen aina TT-laattojen asentamiseen saakka. Jännevoimana alkujännevoima.
- (b) Tilanne valmiissa rakennuksessa ilman lumikuormaa. Jännevoimana loppujännevoima.
- (c) Tilanne valmiissa rakennuksessa lumikuorman vaikuttaessa. Jännevoimana loppujännevoima.

Huomautetaan, että loppujännevoiman katsotaan vaikuttavan vasta, kun kaikki jännityshäviöt ovat tapahtuneet. Tämän oletetaan tapahtuvan vasta yli 50 vuoden kuluttua jännittämisestä. Tarkasteltavan rakennuksen ikä on vielä alle 10 vuotta, jolloin jännityshäviöt ovat pienemmät kuin oletettu. Tämä vaikuttaa jonkin verran jännityksiä muuttavasti siitä, mitä taulukoissa 2 esitetään. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että koko poikkileikkaus pysyy puristettuna.

Taulukko 2: Palkin kuormitushistorian mukainen jännitysten kehitys. Veto-jännitykset < 0 , puristusjännitykset > 0 .

- (a) Reunajännitykset jännevoimasta P_0 ja palkin painosta 7,3 kN/m

Kohta	L/2	L/3	L/4
$\sigma_{c,top,a}$ [MPa]	- 5,0 *)	- 4,9 *)	- 5,2 *)
$\sigma_{c,bot,a}$ [MPa]	27,5	29,2	30,5

*) Nämä vetojännitykset ovat lähes puolitoistakertaisia vetolujuuteen f_{ctm} verrattuna. Todellisuudessa ylälaippa halkeilee jännitettäessä. Halkeilun vuoksi ylälaippaan on suunniteltu vektorauoitus, jolla hallitaan syntyvät vetovoimat.

(b) Reunajännitykset jännevoimasta P_∞ ja pysyvästä kuormasta 51,3 kN/m

Kohta	$L/2$	$L/3$	$L/4$
$\sigma_{c.top.b}$ [MPa]	11,7	13,6	12,7
$\sigma_{c.bot.b}$ [MPa]	6,7	6,3	7,9

(c) Reunajännitykset jännevoimasta P_∞ ja kokonaiskuormasta 73,3 kN/m

Kohta	$L/2$	$L/3$	$L/4$
$\sigma_{c.top.c}$ [MPa]	19,9	22,8	21,6
$\sigma_{c.bot.c}$ [MPa]	- 1,1	- 2,5	- 0,5

Jännitysanalyysin yhteenveto: Yläreunan jännitykset käyttörajatilassa ovat juuri suhteellisuusviruman edellyttämässä rajoissa, koska lineaarista virumaa edellyttävänä puristusjännityksen σ_c ylärajana pidetään $0,45f_{ck} = 22,5$ MPa.

Alareunan puristusjännitykset laukaisuhetken lujuuteen K40 verrattuna ovat huomattavan korkeita (laukaisuhetkellä $f_{ck} = 32$ MPa). Tilanne on kuitenkin tilapäinen eikä sillä ole vaikutusta rakenteen käyttörajatilaan.

Ylälaipan halkeilu jännitettäessä: Ylälaipassa on jännittämisen aikaista halkeilua varten veto-raudoitus $4\text{Ø}25$, jolle ylälaipan vetovoima siirtyy laipan haljetessa. Tangoista reunimmaisiet 2 kpl on jatkettu harjalla limijatkoksella siten, että harjan muotoon taivutetut jatkosteräkset ovat ulommaisina. Käytetty jatkospituus 750 mm = 3Ø on kuitenkin RakMKB4:n edellyttämää jatkospituutta ℓ_j huomattavasti lyhyempi.

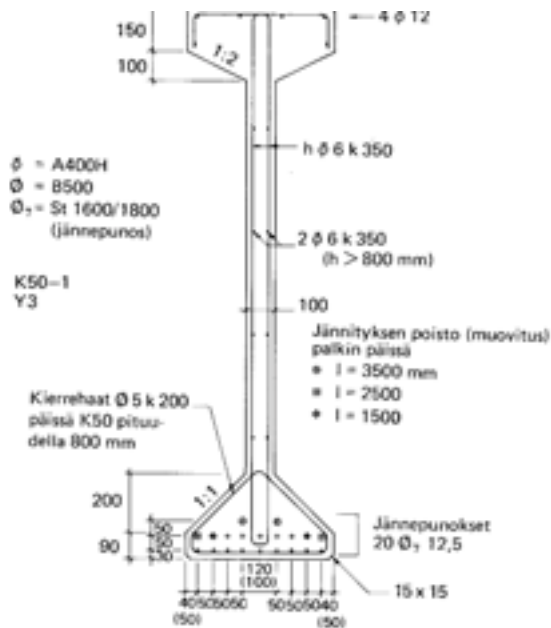
Taivutushalkeilun yhteydessä koko betonin vetovoima siirtyy jatketuille tangoille. Harjan kohdalla olevissa kahdessa tangossa on jännittämisen jälkeen vetojännitys $\sigma_s > 300$ MPa. Tämän suuruiset jännitykset ovat tavanomaisia teräsbetonirakenteissa, mutta suurien vedettyjen tankojen jatkosalueelle aiheutuu tankojen suuntaista halkeilua, joka myöhemmin jännitystilän muuttuessa puristavaksi voi aiheuttaa betonin lohkeamisen, jos haat puuttuvat harjan kohdalta. RakMKB4 edellyttämä jatkospituus on

$$\ell_j = 0,25k_j \frac{f_{yd}}{k_b f_{ctd}} \text{Ø} = 51,75\text{Ø}$$

missä $k_j = 2,0$ (RakMKB4 taul. 2.12), $k_b = 2,4$ (RakMKB4 taul. 2.11), $f_{yd} = 434,7$ ja $f_{ctd} = 1,75$. Käytetty jatkospituus on tapauksessa tarvittavaa pituutta lyhyempi, vaikka otettaisiin huomioon, että ℓ_j ä voidaan pienentää suhteessa σ_s/f_{yd} , kun ei ankkuroida myötöjännitykselle f_{yd} .

Ylälaipan rasiustila käyttörajatilassa: Ylälaipan rasiustila muuttuu asennustilan vedosta käyttörajatilassa puristukseksi ja vetorauδοitus muuttuu puristus-raudoitukseksi, jonka suunnan epäjatkuva muutos harjan kohdalla aiheuttaa lohkaisutaipumuksen harjakohdan ympäristöön, ellei puristusteräksiä sidota haoilla (kuva A.2). Piirustuksessa RAK 428-009B, jota palkin valmistaja on käyttänyt tuotannossaan, esitetään, että ylälaipan raudoitustangot sidotaan ns. "hattuhaoilla". Kuitenkaan piirustuksessa ei osoiteta näiden hakojen sijoittelua palkin pituussuunnassa. Hattuhaat ovat oppikirjassa by202/osa 3 (luku 7) esitetyn periaatekuvan 7.14 (kuva A.1 alla) mukaiset.

Liite 1/4(8)



Kuva A.1

by202/osassa 3 sivulla 630 esitetty kuva 7.14 jännitetyn HI-palkin raudoittamisesta (laskenta-esimerkki 7.2 sivuilla 626 – 630).

Kuitenkin huomautetaan, että oppikirjan kuvaa ei voi verrata tässä tarkasteltavaan tapaukseen suoraan, koska oppikirjassa hattuhaat sitovat pieniä tankoja $\varnothing 12$, joiden aiheuttamat halkaisuvoimat ovat paljon pienempiä. Lisäksi by202/osa 3 ei anna ohjeita hakojen sijoittamiselle.

Murtorajatila-analyysi:

HI-palkkien määräävä kohta taivutusmurtorajatilan kannalta on noin 1/3-pisteissä. Sen vuoksi tarkistetaan, mikä on palkin taivutuskestävyys kyseisissä kohdissa. Taivutuskestävyyden riittävyyttä arvioidaan mitoittamalla murtorajan momentin $M_{Ed} = \gamma_G M_{g,Ek} + \gamma_Q M_{q,Ek}$ vaatima punosmäärä määräävässä kohdassa.

Harjan kohdalla $M_{g,Ek,max} = 1864,9 \text{ kNm}$ ja $M_{q,Ek,max} = 866,4 \text{ kNm}$. Kuorman osavarmuudet ovat $\gamma_G = 1,2$ ja $\gamma_Q = 1,6 \Leftrightarrow M_{Ed,max} = 3624,1 \text{ kNm}$. $M_{Ed}(L/3) = 0,89 M_{Ed,max} = 3221,0 \text{ kNm}$.

1. Materiaalien mitoituslujuudet (jänneteräksellä ideaalikimmoplastinen jännitysmalli):

$$f_{pyd} = \frac{f_{p0.2k}}{\gamma_p} = \frac{1560}{1,15} = 1356; \quad f_{cd} = \frac{0,7 f_{ck,cube}}{\gamma_c} = \frac{0,7 \times 60}{1,35} = 31,1$$

2. Yhden punoksen poikkileikkausala: $A_{p1} = 93 \text{ mm}^2$

3. Suhteellinen momentti: $\mu = \frac{M_{Ed}(L/3)}{bd_p^2 f_{cd}} = \frac{3221,0 \times 10^6}{470 \times 1073^2 \times 31,1} = 0,189$

4. Jos $\omega < 0,4$, sen vaadittava arvo ω_{req} voidaan laskea kaavasta:

$$\omega_{req} = \frac{1 - \sqrt{1 - 2,4\mu}}{1,2} = 0,218 < 0,4 \Rightarrow OK$$

5. Tarvittava punosmäärä: $n_{req} = \frac{\omega_{req} b d_p f_{cd}}{A_{p1} f_{pyd}} = 28 \Rightarrow n \geq 28 \quad (n_{tod} = 30)$

6. Todetaan, että $n = 30$ kpl $\varnothing 12,5$ (St1560/1770) riittää myös harjan kohdalla momentille $M_{Ed,max} = 3624,1$ kNm: $d = 1258$ mm ja $\mu = 0,155$. $\omega_{req} = 0,173$ ja $n_{req} = 26,1 \Rightarrow OK$.

Huomautetaan, että kestävyysanalyysissä ei käytetty hyväksi ylälaipassa olevia raudoitustankoja, jotka ottavat kuitenkin osansa puristusresultantista.

Glykoliputkiston aiheuttama lisäkuorma ja sen vaikutus murtovarmuuteen:

Jälkeenpäin katolle rakennetusta glykoliputkistosta aiheutuu yhdelle palkkilinjalle murtumien esiintymisalueella lisäkuorma $1,2$ kN/m. Pysyvän kuorman mitoitusmomentti kasvaa tämän ansiosta noin $2,3$ % ja kokonaismitoitusmomentti $1,6$ %. Tämä ei ole kokonaisvarmuuden kannalta oleellinen muutos.

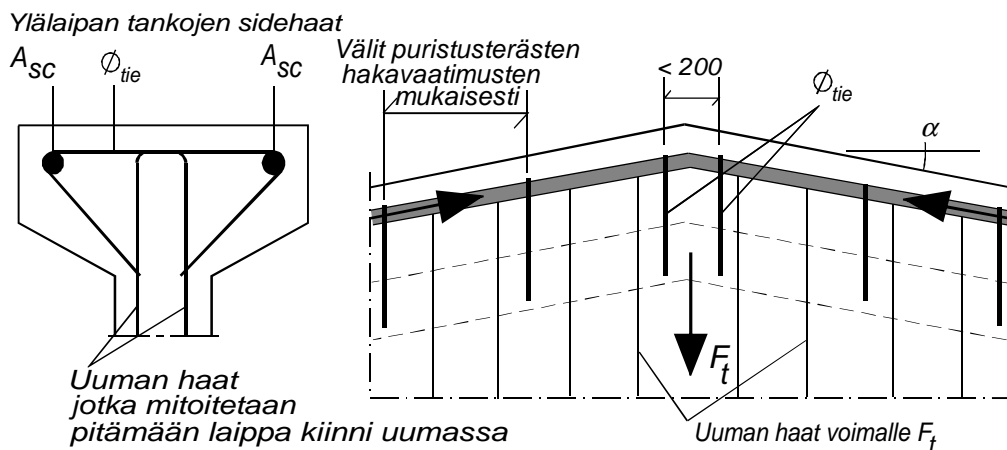
Raudoitustankojen toiminta ylälaipassa:

Betonin plastisen jännitystilän kehittymisen edellytyksenä raudoitustankojen nurjahtaminen täytyy estää niin, että tangot eivät nurjahda, vaikka niissä olisi plastinen voima $A_{sc}f_{yd}$.

Oppikirjassa by202/osa 3 ei ole mitään ohjeita tankojen sitomisesta haoilla tai varoituksia puristusterästen nurjahtamisesta tai lohkaisutaipumuksesta. Vaatimuksesta, että hakojen täytyy kyetä ottamaan vastaan sidottavan tangon suunnan muutoksesta aiheutuva kokonaisvoima, kun tangon jännitys on f_{yd} , saadaan seuraavan kuvan mukaiselle hakaparille kokovaatimus:

$$\varnothing_{tie} \geq \sqrt{\frac{A_{sc}}{12}}$$

missä A_{sc} = sidottavan tangon poikkileikkauksen ala (kuva A.2). Kaava edellyttää, että sidehaan lujuus on vähintään sama kuin sidottavalla tangolla. Tarkasteltavassa tapauksessa tangoille $\varnothing 25$ tarvitaan haat $\varnothing_{tie} \geq 6,4$ mm \Rightarrow hakojen pitää olla vähintään $\varnothing 8$.



Kuva A.2

Puristuslaipan tankojen A_{sc} suunnan muutoksesta aiheutuvien voimien hallitsemiseen tarvittavat haat \varnothing_{tie}

Betonin lohkeamisen syyt:

Palkeista JP10 puuttuu kokonaan hattuhaat jatkoksen kohdalta ja harjalta. Käyttörajatilassa harjan muotoon taivutettuihin jatkosteräksiin kehittyy puristusjännitys, jonka suuruus on $\alpha_{e,ef}\sigma_{c,top}$,

Liite 1/6(8)

missä $\alpha_{e,ef} = \frac{E_s}{E_{c,ef}} = (1 + \varphi_{ef}) \frac{E_s}{E_{cm}}$ ja φ_{ef} = tehollinen virumaluku. Jos $\varphi_{ef} = 2$, $\alpha_{e,ef} = 15,5$,

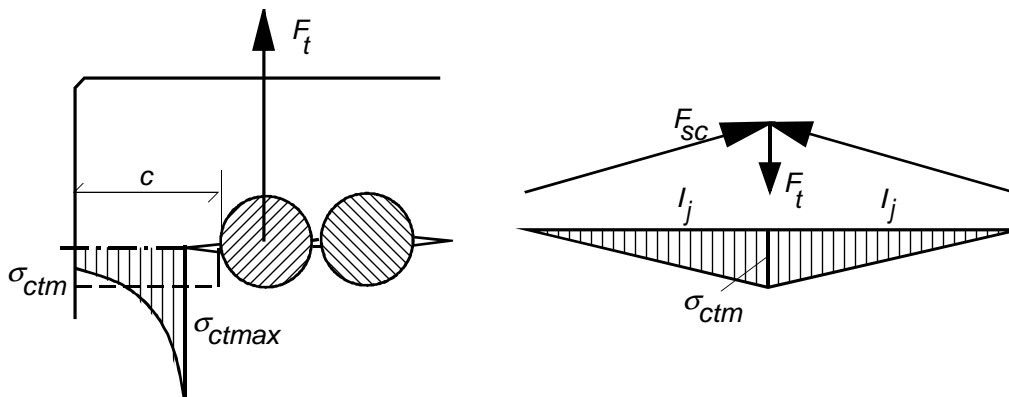
jolloin teräsjäännitys on $15,5 \times 19,9 = 308,5$ MPa. Tämän suuruinen teräsjäännitys on tavanomainen käyttörajatilassa eikä vielä edellytä betonin lohkeamista. Kuitenkin tässä tapauksessa oleellista on, että terästen jatkosalueella on esiintynyt kohtalaisen suuri vetovoima jännityksen päästön ajasta TT-elementtien asentamiseen saakka. Lyhyen jatkospituuden vuoksi tästä voi aiheutua tankojen suuntaista halkeilua, joka toimii alkuheikennyksenä ja vähentää betonin kykyä estää puristettujen tankojen nurjahdusta.

Alkuhalkeamien kasvaminen tapahtuu vähitellen vuosien kuluessa sen mukaan kuinka suuri lumikuorma vaikuttaa. Vaikka jatkosalueella esiintyvät keskimääräiset, tankoihin nähden poikittaiset vetojännitykset eivät ole suuria, halkeaman reunassa vaikuttavat suurimmat arvot ovat moninkertaisia. Tämä näkyy selvästi seuraavan yksinkertaisen mallin avulla (vrt. A. Ylinen, Kimmo- ja lujuusoppi I, vedetyn levyn elliptisen reiän reunalla esiintyvät jännityshuiput).

Reunaetäisyys puristusteräksen pinnasta betonipintaan = $c = 25 + 6 = 31$ mm. Puristusteräksen voima $F_{sc} = A_{sc}\sigma_{sc} = 491 \times 308,5 = 151449$ N. Suunnan muutoksen aiheuttama poikittaisvoima $F_t = F_{sc}/16$, joka täytyy pitää tasapainossa betonin vetojännityksillä: $\sigma_{ctm} l_j c = F_t$, mistä

$\sigma_{ctm} = \frac{F_t}{l_j c} = \frac{A_{sc}\sigma_{sc}}{16 l_j c} = 0,41$ MPa (kuva A.3). Tämä ei sinänsä ole suuri vetojännitys, mutta

vetojännityksien huippuarvo on moninkertainen.

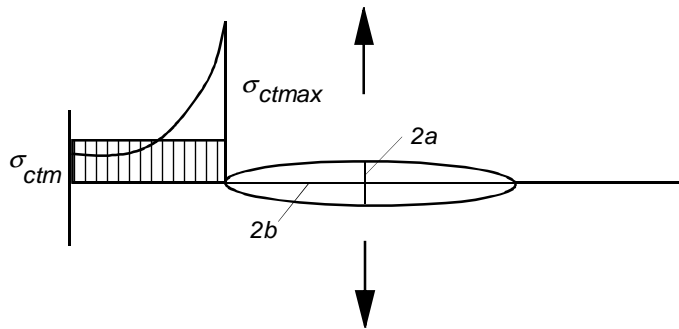


Kuva A.3

Tangon suunnan muutoksesta aiheutuu pituudelle $l_j = 750$ mm poikittaisia vetojännityksiä σ_{ct} , jotka voivat vähitellen aiheuttaa betonin lohkeamisen.

Alkuhalkeaman reunassa vaikuttavan suurimman vetojännityksen suuruutta voidaan arvioida elliptisen reiän reunalla esiintyvän suurimman jännityksen σ_{ctmax} avulla (kuva A.4), kun keskimääräinen jännitys on σ_{ctm} :

$$\sigma_{ctmax} = \sigma_{ctm} \left(1 + 2 \frac{b}{a} \right)$$



Kuva A.4

Vedetyn levyn keskellä olevan elliptisen reiän sivuilla esiintyvät jännityshuiput
A.Ylinen: Kimmo- ja lujuusoppi I

Suhde b/a riippuu halkeaman muodosta, mutta on ymmärrettävästi suurempi kuin 2. Kuvattujen vaikutuksien vuoksi jatkosalueella tulee aina käyttää hakoja, jotka estävät halkeamisesta aiheutuvien vaikutuksien kumuloitumisen ja ottavat vastaan vetovoimat.

Vaurioiden vakavuuden arviointi:

Vakavalta näyttäneestä alkutilanteesta huolimatta palkkeilla ei ollut sortumisvaaraa. Alunperin palkkien puristumurtumiselta ulkoisesti näyttäneet halkeamat osoittautuivat vain ylälaipan reunojen paikallisesta lohkeamisesta johtuviksi. Palkit on vaurion jälkeen tuettu väliaikaisilla teräspi-lareilla jänteen keskikohdasta niin, että niiden avulla voidaan todeta, taipuuko palkki ajan mukana. Puristumurtumisen tapahtuessa ei palkkeja olisi ehditty tukea, koska kyseinen tapahtuma on hauras ja kehittyä äkillisesti murtumisen pysähtymättä.

Jännitystarkastelun perusteella harjan alueella lohkeaminen aiheuttaa tehollisen reunajännityksen nousun sekä ylä- että alalaipassa:

- ylälaipassa puristusjännitys kasvaa enintään 29 % ehyeen palkkiin verrattuna,
- alalaipassa vetojännitys kasvaa vastaavasti, mutta lisääntynyt vetojännitys ei vielä aiheuta merkittävää halkeilua alalaipassa.

Ylälaipan reunojen lohkeaminen harjan alueella ei aiheuta palkin taivutus-kestävyyden merkittävästi alenemista kyseisessä kohdassa, koska jännepunosten määrän mitoittava kohta on jänteen kolmannespisteessä, missä lohkeamia ei ole esiintynyt. Kuitenkin todetaan, että kuvan A.1 mukaisilla "hattuhaoilla" ei voida luotettavasti estää suurten $\varnothing 25$ tankojen nurjahtamista palkin ylälaipan plastisoitumisen aikana.

Palkin toiminta, jos sen korkeus on toteutettua 300 mm suurempi:

Palkki JP10 on elementtitehtaiden mitoituskäyrästä vastaaville kuormille ja jänneväleille saatavia tavanomaisia harjapalkkeja matalampi. Pielisen betonin nykyisten HI-palkkien kantavuuskäyrien mukainen standardipalkki olisi ollut HI 1650-480. Tarkastellaan vielä, millaiset rasitukset ovat vastaavilla alkujännityksillä varustetussa 300 mm korkeammassa palkissa, kun otetaan huomioon, että palkin omapaino kasvaa 0,7 kN/m.

- Punoksien mitoittamiseksi tarvittava murtorajatilan momentti on $M_{Edmax} = 3657,2$ kNm
- Oletetaan, että jännevoiman painopisteen paikka on alhaalta mitattuna sama kuin alkuperäisessä tapauksessa. Vaadittava punosmäärä $\varnothing 12,5$: $n_{req} \geq 20,8 \Rightarrow$ on valittava vähintään 22 kpl (8 kpl vähemmän kuin käytetyssä matalammassa palkissa).

Matti V. Leskelä: Rakenneanalyysi/Kuopion Prisma/Palkki JP10
Oulun yliopisto

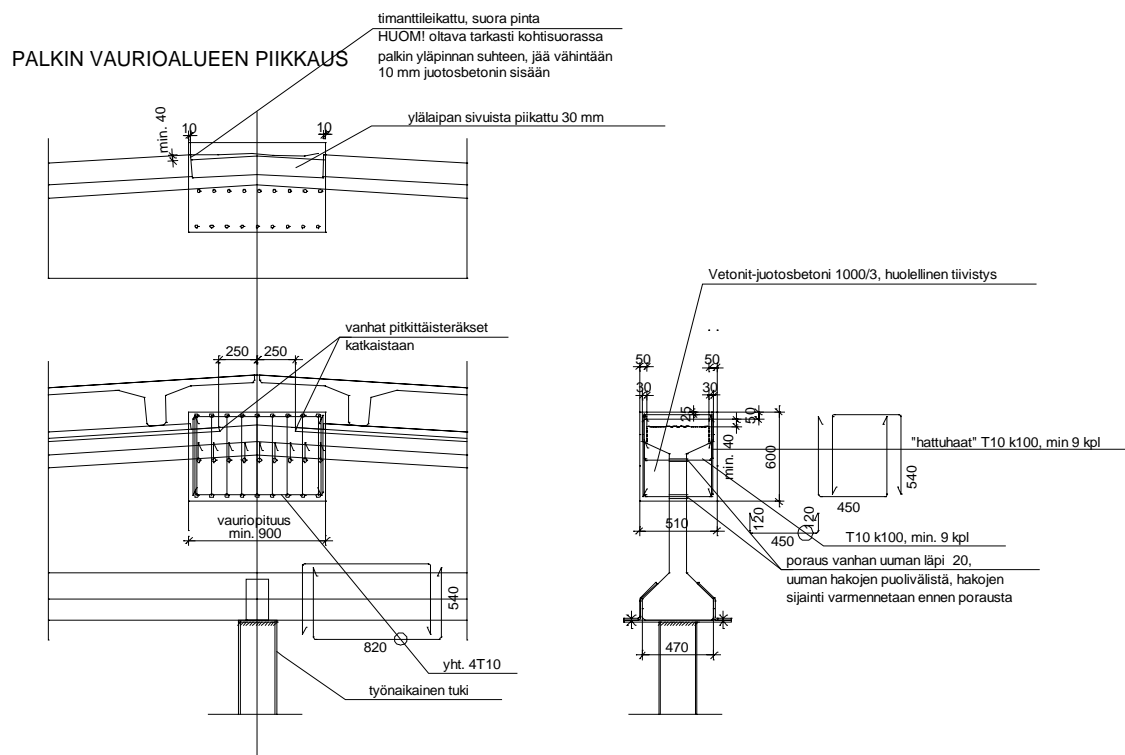
Liite 1/8(8)

- Jos jännitetään 1300 MPa alkujännityksellä, jännittämisen aikainen rasiustila ylälaipassa (suurin vetojännitys harjan alueella -3,3 MPa) aiheuttaa edelleen halkeilua. Kuitenkin tässä tapauksessa riittää vetoraidoituukseksi $\varnothing 16$ A500H tankoa, joiden jännitystila on noin 300 MPa. Jos nämä jatketaan harjan yli erillisellä harjan muotoon taivutetulla tangolla, RakMKB4 jatkospituus on $51,75\varnothing = 830$ mm. $\varnothing 16$ tankojen sitomiseen riittää haan kooksi $\varnothing_{tie} = 4$ mm.
- Käyttörajallassa palkin keskialueella alalaipassa esiintyvät suurimmat vetojännitykset ovat keskimäärin -3 MPa, jotka ovat ominaisvetolujuuden f_{ctk} suuruusluokkaa, mutta pienempiä kuin keskimääräinen vetolujuus f_{ctm} , jonka perusteella halkeilua arvioidaan ($f_{ctk} = 0,7f_{ctm}$).
- Johtopäätös: valitsemalla korkeampi palkki punosmäärä olisi tullut selvästi pienemmäksi, samoin ylälaipan rauditus jännittämisen aikaista halkeilua varten. RakMKB4 mukainen jatkospituus, joka $\varnothing 16$ mm raudoitukselle tarvitaan, on sitä suuruusluokkaa, mitä on käytetty suuremmille $\varnothing 25$ teräksille matalammassa palkissa.

Jännevoiman painopisteen paikka on korkeammassa palkissa todellisuudessa lähempänä pohjaa, koska tarvittava punosmäärä on pienempi kuin alkuperäisessä palkissa. Tämä vaikuttaa jonkin verran reunajännityksien suuruuteen, mutta ei ratkaisevasti.

Lohkeamavaurioiden korjaus:

Lohkeamavaurioiden korjaussuunnitelman on tehnyt Rakennesuunnittelutoimisto Turunen ja Räisänen Kuopiosta. Suunnitelman mukaan (kuva A.5) harjan kohdalla ylälaippa mantteloidaan betonilla, jossa on tiheä haoitus. Tällainen manttelointi varmistaa sen, että vähintään alkuperäisen suunnittelun mukainen taivutuskestävyys ja sitä vastaava ylälaipan puristusvoima voi kehittyä palkin keskikohdassa.



Kuva A.5

Ote rakennesuunnittelutoimisto Turunen&Räisänen laatimasta vaurioalueen korjaussuunnitelmasta



YMPÄRISTÖMINISTERIÖ
MILJÖMINISTERIET
MINISTRY OF THE ENVIRONMENT

Päiväys
Datum

Dnro
Dnr

16.12.2005

YM20/629/2005
SAAPUNOT

Onnettomuustutkintakeskus
Sörnäisten rantatie 33 C
00580 Helsinki

27.12.2005

376/54


Viite
Hänvisning Lausuntopyyntönne 21.11.2005 koskien tutkintaselostusluonnosta B 1/2005 Y

Asia
Ärende LAUSUNTO TUTKINTASELOSTUSLUONNOKSESTA B 1/2005 Y

Ympäristöministeriö on tutustunut tutkintaselostusluonnokseen B 1/2005 Y "Kauppakeskuksen katon sortumisvaaraa Kuopiossa 18.3.2005" ja toteaa lausuntonaan siitä seuraavaa:

Tutkintaselostuksessa sortumavaaratapaus siihen johtaneine syineen on käsitelty selkeästi ja perusteellisesti. Suositukset ovat perusteltuja eikä ympäristöministeriöllä ole huomautettavaa niihin eikä luonnoksen muuhunkaan sisältöön.

Tulosryhmän päällikkö
Ylitarkastaja


Teppo Lehtinen

Rakennusneuvos


Jaakko Huuhtanen



30.12.2005

SM-2005-3138/Tu-33

Onnettomuustutkintakeskus
Sörnäisten rantatie 33 C
00580 Helsinki

SAAPUNUT

23.12.2005
372/5Y

Lausuntopyyntö 21.11.2005, 333/5Y

TUTKINTALAUTAKUNNAN B 1/2005 Y LUONNOS

Sisäasiainministeriön pelastusosastolla ei ole huomautettavaa 18.3.2005 tapahtuneen Kuopion kauppakeskuksen katon sortumisvaaran tutkintaselostuksesta.

Tekninen johtaja

Hannu Olamo

Toimistoinsinööri

Pekka Rajajärvi

SAAPUNUT

1 4. 12. 2005

361/5Y

1 (2)



HÄTÄKESKUSLAITOS
POHJOIS-SAVON HÄTÄKESKUS

LAUSUNTO

12.12.2005

Dnro 146/1.6.1/05

Onnettomuustutkintakeskus
Sörnäisten rantatie 33 C
00580 HELSINKI

Lausuntopyyntö nro 333/5Y/21.11.2005

KAUPPAKESKUKSEN KATON SORTUMISVAARA KUOPIOSSA 18.3.2005

Pohjois-Savon hätäkeskus on tutustunut Kuopiossa 18.3.2005 tapahtuneen kauppakeskuksen katon sortumisvaaran tutkintaselostuksen luonnokseen. Pohjois-Savon hätäkeskus esittää lausuntonaan luonnoksesta seuraavaa:

1.4.1 Hälytykset

Pohjois-Savon hätäkeskus hälytti kello 8.34 paikalle päivystävän palomestarin, sammutusauton ja raivausauton sekä poliisipartion. Pelastuslaitos tarkensi välittömästi vaste-ehdotusta lisäämällä tehtävään sairaankuljetusyksikön. Yksiköt olivat paikalla kello 8.37. Hätäkeskus hälytti Pohjois-Savon pelastuslaitoksen päällystön kello 8.37. Kuopion palopäällikkö lähti kohteeseen.

Kuopion vartiointipalvelusta ei lähetetty ainoatakaan pelastus- eikä sairaankuljetusyksikköä kohteeseen.

Hätäkeskus ilmoitti tapahtuneesta Itä-Suomen lääninhallituksen pelastusosaston päivystäjälle kello 9.19, Helsingin hätäkeskukseen kello 9.21, joka välitti tiedon edelleen Onnettomuustutkintakeskukseen ja Sisäasiainministeriön pelastusosaston päivystäjälle. Hätäkeskus hälytti kello 9.27 kohteeseen ympäristökeskuksen henkilön lumikuorman mittaamiseksi päivystävän palomestarin pyynnöstä.

1.7 Tiedottaminen

Hätäkeskus lähetti seuraavat mediatiedotteet: kello 8.38 ennakoilmoitus valtakunnan, Pohjois-Savon maakunnan ja Kuopion alueen tiedotusvälineille, kello 8.51 tiedottajan yhteystiedot em. tahoille, kello 9.12 ilmoituksen em. tahoille tiedotustilaisuudesta kello 10.00 Kuopion paloasemalla ja klo 10.39 ilmoituksen em. tahoille tiedotustilaisuudesta kello 14.00 Kuopion paloasemalla.

2.4 Pelastustoimen organisaatio ja toimintavalmius

Hätäkeskus vastaanotti hätäilmoituksen. Hätäilmoituksesta selvisi, että kyseessä on sortumavaara, mutta samalla todettiin, että kauppakeskus ei ole vielä auki ja henkilökuntaa evakuoidaan rakennuksesta. Hätäkeskustietojärjestelmässä ei ole omaa tehtäväluokkaa sortumalle eikä sortumavaaralle. Koska paloasema sijaitsee lähellä (n. 1 km) tapahtumapaikkaa sekä sortumaa ei ollut vielä tapahtunut ja henkilökunta oli evakuoitu rakennuksesta, vuoromestari antoi ohjeen käyttää tehtäväluokkaa *vahingontorjuntatehtävä, keskisuuri* sillä perusteella, että tähän tehtäväluokkaan sidotut pelastustoimen yksiköt sopivat sortumavaaratehtävään.

3.1 Vaaratilanteen analysointi

Pelastustoiminnan analysointi

Pohjois-Savon hätäkeskus käytti tehtävänannossa tehtäväluokkaa *vahingontorjunta, keskisuuri* soveltuvan kaluston paikalle saamiseksi. Paikalle hälytettiin päivystävä palomestari, sammutusauto, raivausauto ja poliisipartio. Samalla varauduttiin hälyttämään lisää sairaankuljetusyksiköitä kohteeseen, mikäli niille ilmenee tarvetta.

Kattoromahdukset, etenkin näin suurissa rakennuksissa aiheuttavat merkittävän henkilövahinkoriskin kauppakeskuksen ollessa auki. Rakenteiden pettäessä tulisi olla mahdollista valita sortumalle varattu tehtäväluokka. Hätäkeskuslaitos on uudistanut tehtäväluokkia siten, että 1.3.2006 mennessä hätäkeskuksilla on käytössään tehtäväluokka sortumalle.

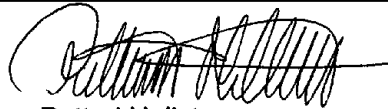
Esitämme tutkintaselostuksesta poistettavaksi:

"...ja sen aiheuttamat hälytykset eli vaste tässä tapauksessa toteutunutta etupainotteisemmaksi."

Tässä tehtävässä sortumaa ei ollut tapahtunut, rakennus oli evakuoitu, ja paloasema sijaitsi n. 1 km päässä kohteesta. Mikäli katsotaan, että tämän tyyppisessä tehtävässä vasteen tulee olla etupainotteisempi, aiheuttaa se väistämättä kaikkien tehtäväluokkien ja tehtävien tarkastelua etupainotteisemmiksi. Tässä tehtävässä pelastustoiminnanjohtaja ei pyytänyt hälyttämään lisäyksiköitä eli hälytetyt voimavarat olivat riittävät.

Kuopion Vartiointipalvelu Oy toimi tilanteessa esimerkillisellä tavalla. He eivät kuitenkaan lähettäneet paikalle sairaankuljetus- eikä raivausyksiköitä.

Hätäkeskuksen johtaja



Petteri Helisten

Vuoromestari, pelastustoimen
toimiala-asiantuntija (oto)



Jarmo Salonen



POHJOIS-SAVON
PELASTUSLAITOS

Kuopio 12.12.2005
LAUSUNTO

SAAPUNUT

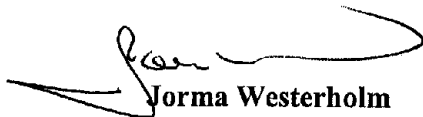
13.12.2005
259/07

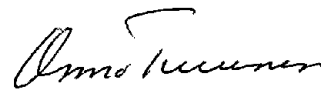
ONNETTOMUUSTUTKINTAKESKUS
Sörnäisten rantatie 33 C
00580 HELSINKI

Viite: Lausuntopyyntö 333/5Y 21.11.2005

LAUSUNTO KUOPION PRISMAN TUTKINTASELOSTUKSESTA B 1/2005Y

Pohjois-Savon pelastuslaitoksella ei ole huomautettavaa onnettomuuskeskuksen laatimaan tutkintaselostukseen koskien Kuopion Prisman 18.3.2005 katon sortumisvaaratilannetta.


Jorma Westerholm
pelastusjohtaja


Osmo Turunen
va. palopäällikkö



Suomen toimitila- ja rakennuttajaliitto ry

Helsinki 22.12.2005

SAAPUNUT

23.12.2005

373/54


Onnettomuustutkintakeskus
Sörnäisten rantatie 33 C
00580 Helsinki

Viite: Lausuntopyyntö 21.11.2005

Lausunto tutkintaselostuksen B 1/2005Y luonnoksesta 21.11.2005

Suomen toimitila- ja rakennuttajaliitto RAKLI ry:ltä on pyydetty lausuntoa tutkintaselostuksen "Kaupakeskuksen katon sortumisvaara Kuopiossa 18.3.2005" luonnoksesta.

Tutkintaselostus on näkemyksemme mukaan asiallisesti tehty eikä sisällä merkittäviä puutteita. Tutkintaselostuksessa on todettu, että kohteessa ei ollut katon sortumisvaaraa, joten tutkintaselostuksen nimeä olisi syytä tältä osin tarkistaa. Kohdassa 2.3 on lueteltu suunnitteluun ja rakentamiseen osallistuneet organisaatiot. Siinä on kuitenkin jätetty mainitsematta kattopalkkien suunnittelun tehnyt insinööritoimisto. Kun tutkintaselostuksessa on todettu suunnitelmissa olleen puutteellisuuksia, niin suunnittelutoimiston nimen mainitsematta jättämiseen ei liene syytä.


Raimo Seppälä
Tekninen johtaja

Rakennustarkastusyhdistys RTY ry

LAUSUNTO
22.12.2005

SAAPUNUT

Onnettomuustutkintakeskus
Sömäisten rantatie 33C
00580 HELSINKI

22.12.2005

369/54

Lausuntopyyntö tutkintaselostuksen B 1/2005 Y luonnoksesta 21.11.2005

Kauppakeskuksen katon sortumisvaara Kuopiossa 18.3.2005

Tutkintaselostusluonnos on laadittu hyvin asiantuntevasti. Haluamme kuitenkin tuoda esille seuraavat kommentit:

Yleistä

Suunnitteluasiakirjojen puutteellisuus on erityisen huolestuttavaa. Kysymyksessä on paitsi suunnittelupuute, myös elementtien valmistustehtaan laiminlyönti.

Raudoitukset

Avoimia kysymyksiä jää vielä tutkintaselostusluonnoksessa esitettyjen selvitysten jälkeenkin:

Ylälaipan hattuhakojen riittävyttä harjakohdan ulkopuolella ei ole todettu. Erityisesti vauriokuva 11 osoittaa, että ainakin järeillä teräksillä käytetyntyyppisen hattuhaan ankkurointi on lisäksi puutteellinen. Jos nämä puutteet esiintyvät myös mitoituksellisesti määräävässä kohdassa jännevälin kolmannespisteessä, tulee ylälaipan kulmien lohkeilu huomioida myös tässä kohtaa.

Palkin mataluudesta johtuen on tarvittu huomattavan suuri punosmäärä ja esijännitysvoima, jota luonnollisesti vastaa poikkeuksellisen suuri puristusvoima palkin yläosassa. Standardipalkissa käytettävät uuman haat eivät ilmeisesti ole riittäviä näiden palkkien harjakohdan ankkurointiin. Tutkintaselostusluonnoksessa ei anneta tietoja uumassa käytettyistä haoista.

Jos uuman haoitus on puutteellinen, on huolellisesti tutkittava, että palkin vauriot rajoittuvat vain ylälaipan kulmien lohkeiluun. Nyt halkeamat on mahdollisesti tutkittu vain silmämääräisesti.

Lohkeamavaurioiden korjaus

Tutkintaselostusluonnoksessa ei ole esitetty korjausratkaisun rakenteellista toimintatapaa eikä mitoituslaskelmia. Mikä on korjausuunnitelman lähtökohtana ollut vauriomalli? Mistä se on saatu ja kuka vastaa sen todenmukaisuudesta?

Asiantuntijan arvio korjausratkaisusta tulee olla yksikäsitteisempi kuin tutkintaselostusluonnoksessa esitetty toteamus alkuperäisen suunnittelun mukaisesta taivutuskestävyydestä.

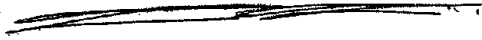
Yhteenveto

Tutkintaselostusluonnoksen kohdassa 5.2 todetaan että, jos käytetään matalampia palkkeja, niiden mitoitus ja raudoituksen suunnittelu tulisi tarkistuttaa harjapalkkien toimintatavat tuntevalla erityisasiantuntijalla.

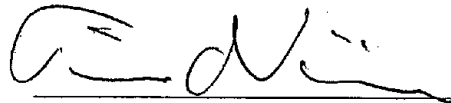
E erityisen vaativa tehtävä on vaurioituneen matalan palkin korjaussuunnitelman ja laskelemien tarkastaminen.

Haluamme jälleen korostaa hankkeeseen ryhtyvän vastuuta ja huolehtimisvelvollisuutta niin kauppakeskuksen esijännitettyjen palkkien puuteiden ja tapahtuneiden vaurioiden selvittämisessä kuin korjausten suunnittelussa ja korjausten toteuttamisessakin.

Rakennustarkastusyhdistys RTY ry



Lauri Jääskeläinen, varapuheenjohtaja



Timo Niiranen, tarkastusinsinööri

LÄHDELUETTELO

Seuraavat lähteet on taltioitu Onnettomuustutkintakeskukseen:

1. Päätös tutkinnan aloittamisesta B 1/2005 Y, 29.3.2005
2. Jännebetonipalkin raudoituspiirustus
3. Rakennuksen rakennuslupa-asiakirjat:
 - pohjapiirros
 - julkisivupiirroksset
 - vesikaton runkokaavio
4. Pohjois-Savon hätäkeskuksen hälytysseleste
5. Pohjois-Savon pelastuslaitoksen onnettomuusseleste
6. Valokuvia
7. Lausunnot