

# RIL - Sillat ja erikoisrakenteet tekniikkaryhmä

Kerhoilta 29.3.2010

## TIESILTOJEN VARMUUSTASO EUROKOODIAIKANA

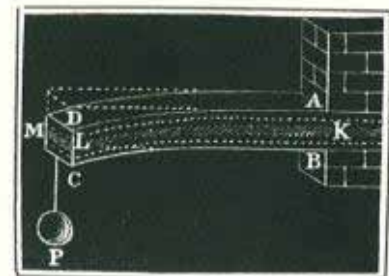
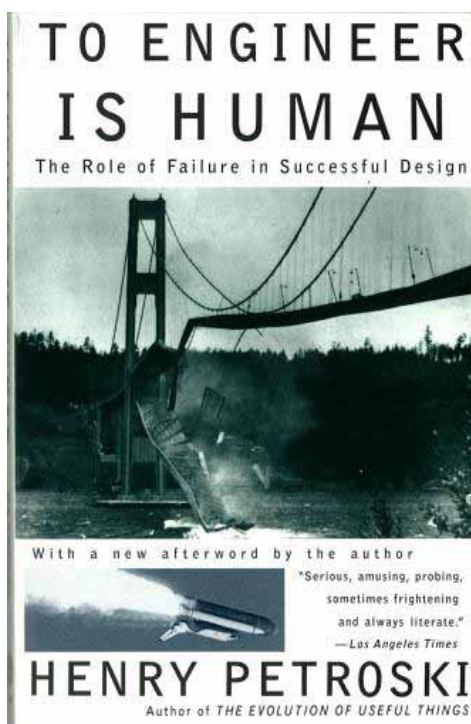
(Keskustelun alustus: Heikki Lilja)

www.liikennevirasto.fi

Liikennevirasto

Tiesiltojen varmuustaso eurokoodiaikana  
29.3.2010

**"YKSI ONNETTOMUUS OPETTAA ENEMMÄN KUIN TUHAT ONNISTUMISTA"**



I HOPE THIS GUY KNOWS WHAT HE IS DOING

www.liikennevirasto.fi

Liikennevirasto

Tietyt onnettomuudet hyväksytään ”elämiseen kuuluvina”. Jostain syystä kuitenkin rakenteiden täydellistä turvallisuutta vaaditaan itsestäänselvyytenä.

Table 2: "Accepted" risks of death due to exposure to various hazards

Hazard	Risk ( $\times 10^{-6}$ p.a.) <sup>a</sup>	Hazard	Risk ( $\times 10^{-6}$ p.a.) <sup>a</sup>
<i>Building hazards</i>		<i>Occupations (UK)</i>	
Structural failure (UK)	0,14	Chemical and allied industries	85
Building fires (Australia)	4	Ship building and marine engineering	105
		Agriculture	110
		Construction industries	150
		Railways	180
		Coal mining	210
		Quarrying	295
		Onshore oil and gas (1967-1976)	1050
		Deep sea fishing (1959-1978)	2800
		<i>Sports (U.S)</i>	
		Cave exploration (1970-1978)	45
		Glider flying (1970-1978)	400
		Parachuting (1978)	1900
		<i>All causes (U.K. 1977)</i>	
		Whole population	12000
		Woman aged 30	600
		Man aged 30	1000
		Woman aged 60	10000
		Man aged 60	20000

MENEHTYMINEN MAANVILJELIJÄN AMMATISSA 785 x TODENNÄKÖISEMPÄÄ

HUKKUMINEN 214 x TODENNÄKÖISEMPÄÄ

MENEHTYMINEN LIIKENNEONNETTOMUUDESSA 2140 x TODENNÄKÖISEMPÄÄ

<sup>a</sup> risk expressed as probability of death for typical exposed person per calendar year

[Calgaro, Gulvanessian: Management of reliability and risk in the eurocode system]

Onnettomuudet johtuvat (yleensä inhimillisistä) erehdyksistä:

- suunnittelussa
  - normeissa
  - rakentamisessa
- + (ennakoimattomista luonnonilmiöistä, terrorismista jne.)

esim.

## PUUTTEET NORMEISSA / SUUNNITTELUVIRHEET - TACOMA NARROWS 1940

**PUUTTEET NORMEISSA → KAIKKIA TUULEN VAIKUTUKSIA EI HUOMIOITU NORMEISSA**

**SUUNNITTELUVIRHEET → POIKETTIIN TOIMIVISTA RATKAISUISTA (ESIM. GOLDEN GATE) VAILLINAISELLA TIETOTAIDOLLA**



Tacoma Narrows aka Galloping Gertie

- avattu liikenteelle 1940
- sortui 4 kuukautta myöhemmin
- jänneväli 853 m, siltakansi oli ennätyshoikka
- tuulen nopeus sortumishetkellä <math>< 19\text{m/s}</math>
- ”Menetykset: yksi silta, yksi auto, yksi koira”
- ”työmiehet tulivat päälystetöissä merisairaaksi”
- ”autoilijat saapuivat pitkien matkojen päästä kokemaan elämyksen, kun siltakansi aaltoili tuulessa niin, että edellä ajava auto saattoi hävitä näkyvistä”
- [http://en.wikipedia.org/wiki/Tacoma\\_Narrows\\_Bridge](http://en.wikipedia.org/wiki/Tacoma_Narrows_Bridge)

esim.

## PUUTTEET NORMEISSA - RONAN POINT 1968

**PUUTTEET NORMEISSA → JATKUVAN SORTUMAN ESTÄMISTÄ EI VAADITTU TUON AJAN NORMEISSA**

Ronan Point, Newham, East London

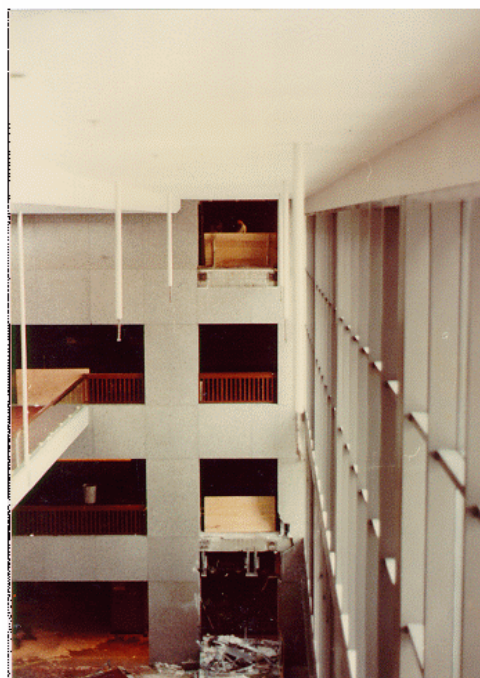
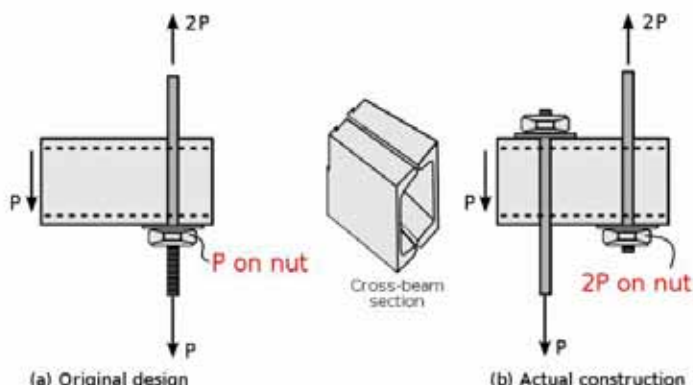
- 60-luvun ”halpatuotanto”- elementtitalo (22 kerrosta)
- kaasuräjähdyksessä 18. kerroksessa
- 4 kuollutta 17 loukkaantunutta (talo vasta avattu, kaikki asunnot ei vielä asuttuna)
- onnettomuuden johdosta normeihin lisättiin kohta joka huomioi jatkuvan sortuman (’renkasraudat’)
- rakennusta (ja sen sisarakennuksia) vahvistettiin onnettomuuden jälkeen
- [http://en.wikipedia.org/wiki/Ronan\\_point](http://en.wikipedia.org/wiki/Ronan_point)



esim.

## SUUNNITTELUVIRHEET - HYATT REGENCY WALKWAY 1981

## SUUNNITTELUVIRHE



Hyatt Regency walkway, Kansas City 17.7.1981

- oleskelutason ripustus petti
- 114 kuollutta 200 loukkaantunutta
- jälkeenpäin todettiin, että alkuperäinen suunnitelma olisi kestänyt vain 60% normien vaatimuksista
- muutossuunnitelma kesti täten vain 30% vaatimuksista
- [http://en.wikipedia.org/wiki/Hyatt\\_Regency\\_walkway\\_collapse](http://en.wikipedia.org/wiki/Hyatt_Regency_walkway_collapse)
- suunnitelmamuutoksen sisäinen tarkastus (tai viranomaistarkastus) olisi mahdollisesti estänyt onnettomuuden.

www.liikennevirasto.fi

Liikennevirasto

esim.

## RAKENTAMISVIRHEET - DE LA CONCORDE OVERPASS 2006 (1/3)

## RAKENTAMISVIRHE

Figure 3.1 Collapsed Portion of the de la Concorde Overpass<sup>1</sup>

De la Concorde ylikulkusilta - Quebec, Kanada

- rakennettu 1970
- useat henkilöt näkivät ennakkovaroituksia onnettomuudesta (betonin lohkeilua yms.)
- syynä (huonojen rakennedetaljien lisäksi) väärin asennetut raudoitukset
- 5 kuollutta, 6 vakavasti loukkaantunutta
- [http://en.wikipedia.org/wiki/De\\_la\\_Concorde\\_Overpass\\_collapse](http://en.wikipedia.org/wiki/De_la_Concorde_Overpass_collapse) (linkistä löytyy mm. 222 sivuinen tutkimusraportti)
- vaatimus suunnittelijan suorittamasta raudoitustarkastuksesta (tai kelvollinen työmaavalvonta) olisi estänyt onnettomuuden

www.liikennevirasto.fi

Liikennevirasto

esim.

RAKENTAMISVIRHEET - DE LA CONCORDE OVERPASS 2006 (2/3)

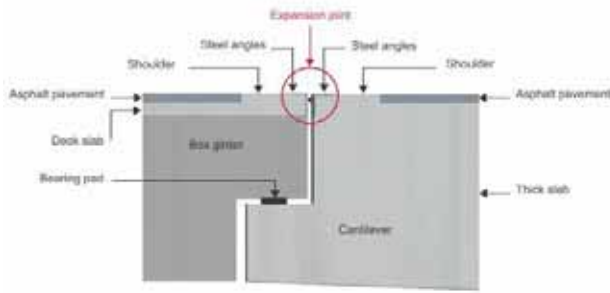
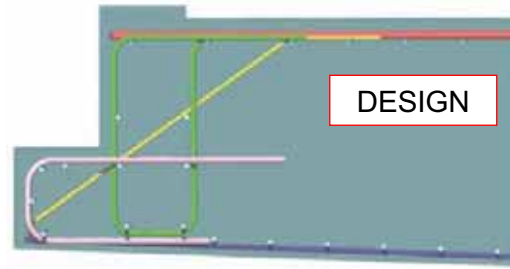


Figure 2.11 Illustration of Tensile and Compressive Stresses



Chair Bearing Support Reinforcement, As-designed

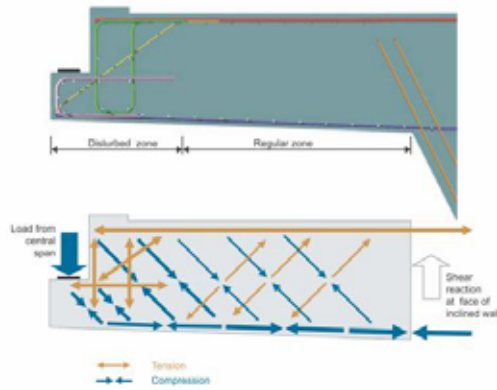
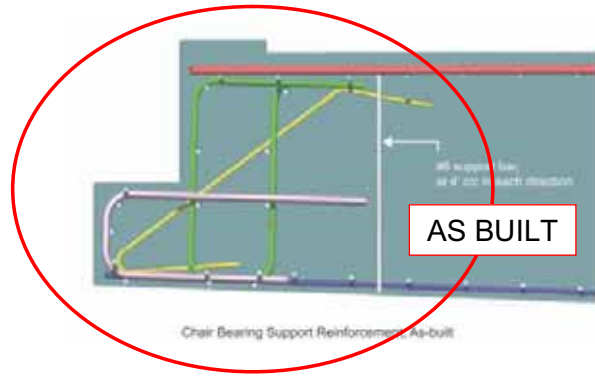


Figure 2.12 Diagram of the Path of the Internal Forces in the Cantilever



Chair Bearing Support Reinforcement, As-built



esim.

RAKENTAMISVIRHEET - DE LA CONCORDE OVERPASS 2006 (3/3)

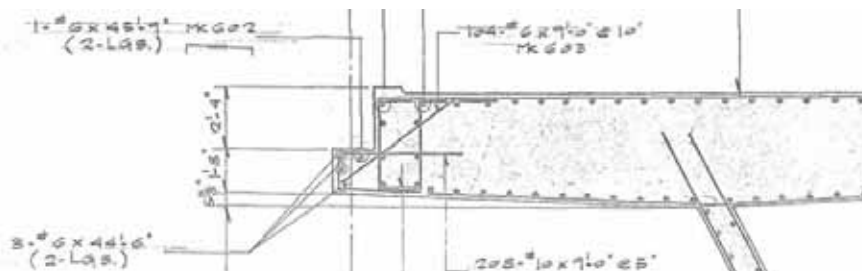


LABORATORY



REAL LIFE

Figure 5.7 Failure of the "as-built" cantilever during the laboratory loading tests at McGill University



esim.

## SUUNNITTELU/RAKENTAMISVIRHEET - I-35W MISSISSIPPI RIVER BRIDGE 2007

SUUNNITTELUVIRHE / RAKENTAMISVIRHE?  
(LOPPURAPORTTI EI OLE VIELÄ VALMIS)

RLY AS 2003

rivata

peaks

i

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

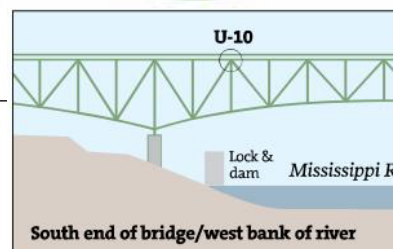
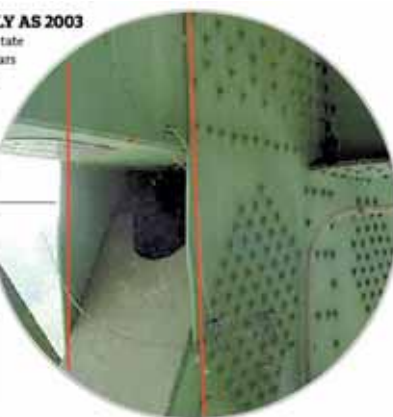
1

1

1

1

1



South end of bridge/west bank of river

I-35W Mississippi river bridge (avattu liikenteelle 1967)

- 8-kaistainen teräsristikkosilta. Sortui yllättäen ruuhka-aikaan 1.8.2007

-13 kuollutta 145 loukkaantunutta

- syy vielä epäselvä, epäillään ylikuormitusta ja alimitoitettuja ristikkojen nurkkalevyjä

- kanteen lisätty betonikerros (50mm?) 1977 ja betonikaiteet 1998

- sortumisen aikaan silta oli peruskorjauksen alla ja kannella oli runsaasti rakennustarvikkeita

- [http://en.wikipedia.org/wiki/I-35W\\_Mississippi\\_River\\_bridge](http://en.wikipedia.org/wiki/I-35W_Mississippi_River_bridge)

www.liikennevirasto.fi

Liikennevirasto

esim.

## LUONNONILMIÖT - Brasbyn silta, Mustio 2008

## ENNAKOIMATON LUONNONILMIÖ



Brasbyn silta

- ei henkilövahinkoja (1 sauna tippui jokeen joitakin päiviä onnettomuuden jälkeen) eikä silminnäkijöitä

- syynä voi olla osaltaan suunniteltua raskaampi kansirakenne

- jokeen muodostui hyhydepato jonka vaikutuksesta maata syöpyi välituen alta

- ”ensimmäinen ilmastomuutoksen siltäuhri Suomessa”

www.liikennevirasto.fi

Liikennevirasto

esim.

LAIVANTÖRMÄYKSET

SUUNNITTELUVIRHE / NORMIVIRHE?

Pitäisikö mahdolliset törmäykset ottaa paremmin huomioon (riskianalyysi)?



Queen Isabella Causeway, Texas (avattu 1974)

- v. 2001 proomut törmäsivät välitukeen
- proomujen nopeus vaivaiset 0,2 mph
- 8 kuollutta
- [http://en.wikipedia.org/wiki/Queen\\_Isabella\\_Causeway](http://en.wikipedia.org/wiki/Queen_Isabella_Causeway)



I-40 Bridge, Oklahoma (avattu 1974)

- v. 2002 hinaajan kuljettaja pyörtyi ja menetti hinaajan hallinnan, proomut törmäsivät välitukeen
- 14 kuollutta
- sillalla kulkee päivässä 20000 ajoneuvoa
- [http://en.wikipedia.org/wiki/I-40\\_bridge\\_disaster](http://en.wikipedia.org/wiki/I-40_bridge_disaster)

esim.

TUNTEMATTOMAT MATERIAALIT

PUUTTEET NORMEISSA

- 2. maailmansodan aikaan rakennettiin 2751 "Liberty ship"-alusta
- "cheap and quick to build"
- sodan aikana ilmeni 1500 haurasmurtumatapausta (brittle fracture)
- 12 alusta katkesi ilman varoitusta (jopa vesillelaskun yhteydessä)
- teräsmateriaali ei kestänyt alhaisia lämpötiloja, rakennedetailit osasyynä (ei pyöristettyjä kulmia aukoissa yms)

