



Betonirakenteiden korjaaminen 2024

Hannu Pyy, TkL, Senior adviser

AFRY Buildings Finland Oy

Rakennusfysiikka

Betonirakenteiden mekaaniset vauriot

3/18/2024

Sisältö

1. Tutustuminen betonirakenteiden mekaanisiin vaurioihin
2. Mekaanisten vaurioiden vaikutus betonin ja rakenteiden ominaisuuksiin

Betonirakenteiden vaurioituminen

Mekaaniset vauriot

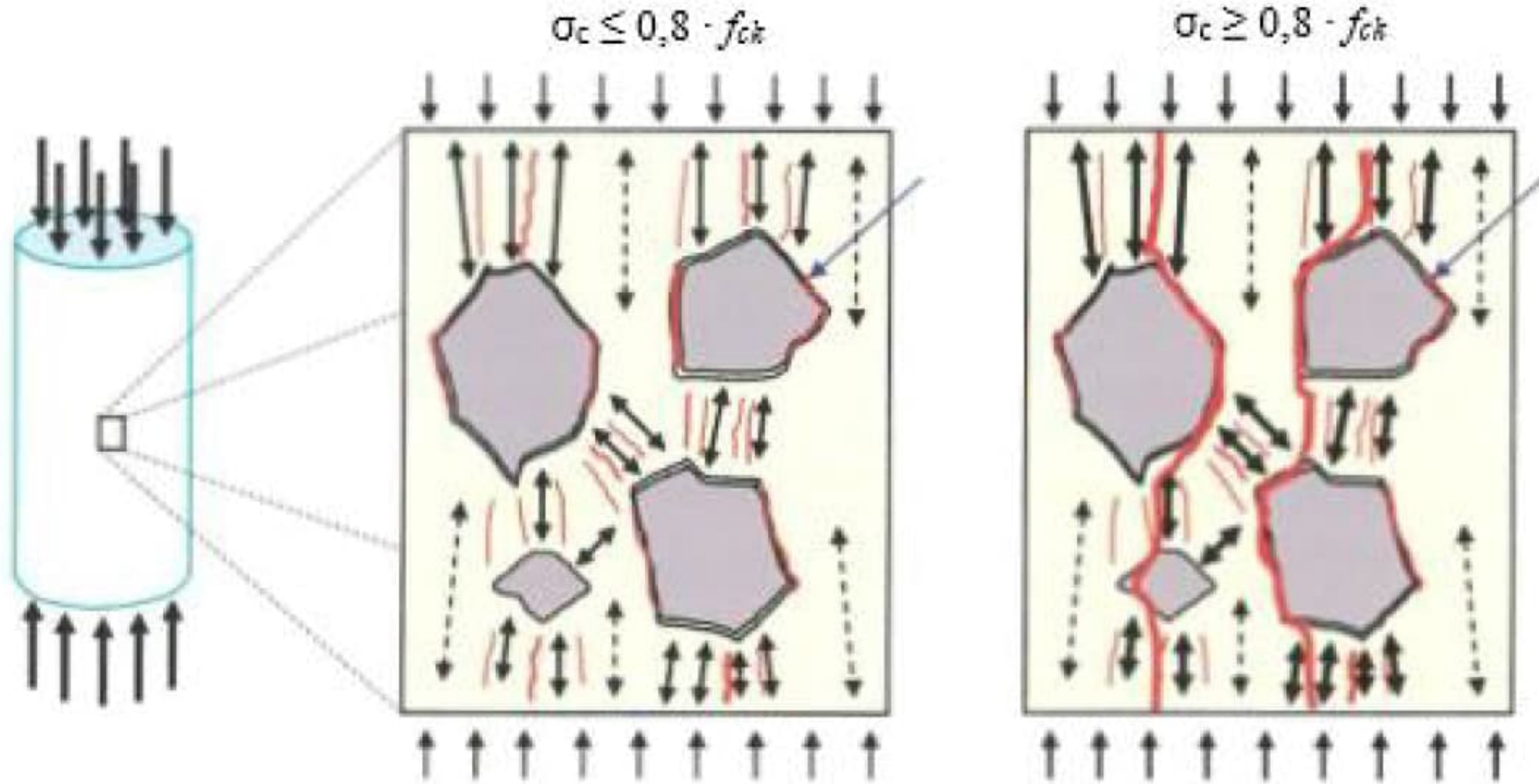
- Mekaanisen rasituksen aiheuttamat
- Betonipinnan kuluminen
- Liikkuminen
- Painuminen
- Ylikuorma
- Värähtely
- Törmäys
- Räjähdys
- > halkeilu, lohkeilu, murtuminen

Betonin **murtomekanismi**

- **Stabiilin mikrohalkeilun alue**
 - muodonmuutokset kasvavat lineaarisesti, muodonmuutokset eivät ole pysyviä ja rakenne ei siten murru toistuvien kuormitusyökkien seurauksena
- **Siirtymä epälineaariseen alueeseen**
 - mikrohalkeilun määrä kasvaa, kiviaineksen vieressä oleva sementtikivi halkeaa puristusvoiman suunnassa
- **Epästabiilin mikrohalkeilun alue**
 - kiviaineksen raerajoissa alkaa kehittyä halkeilua
- **Epästabiilin mikrohalkeilun alue, yhdistyvät halkeamat**
 - puristusvoiman lisääntyessä sementtikiveen ja raerajoihin muodostuneet halkeamat alkavat yhdistyä ja puristusvoiman suuntaisia halkeamia syntyy useita vierekkäin
- **Murtuminen**
 - Betonin murtuessa halkeamien erottamat kapeat puristussauvat nurjahtavat eli taipuvat sivulle

Betonin murtomekanismi

Kuva: Ari Husso, diplomityö 2019

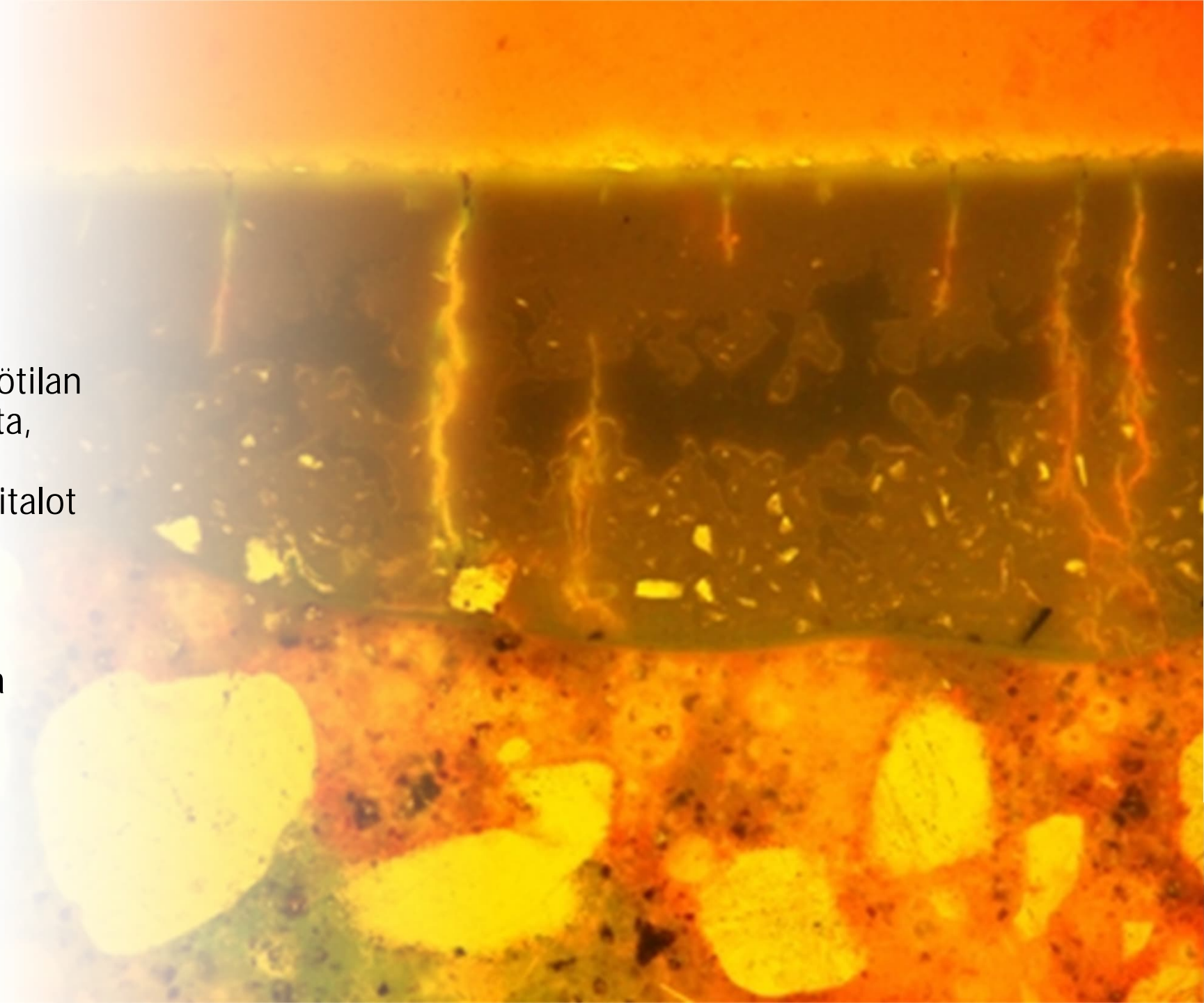


Betonipinnan kuluminen

- **Betonin sideaineen, sementtiliiman kuluminen mekaanisesta rasituksesta**
 - Kiviaines kuluu esiin betonipinnasta
 - Betonin pintakerros puristuu rikki pistemäisen kuorman tai pyöräkuorman (toistuvasta) vaikutuksesta, esim. kovapyöräiset trukit
- **Betonipinnan mekaanisen kulutuksen aiheuttama rasitus**
 - Betonilattiat
 - Pistekuormat (esim. varastohyllyt)
- Betonin **pinnoitteiden vaurioituminen ja tartunnan irtoaminen**

Betonipinnan kuluminen

- Ulkoilman kosteus- ja lämpötilan vaihtelut edistävät kulumista,
>> liikennöidyt betonilaatat, kannet, parkkitalot
- Kulutuskestävyys yleensä paranee, kun betonin sementtiliima poistetaan hallitusti, työmaatekniikalla merkittävä rooli
- Pinnoitteet, pintakäsittelyt



Betonin kuluminen

- Betonilattioissa kulutuskestävyys on laatutekijä
- Erityisesti liikennöidyt betonilattiat
- Betonilaadulla, betonin lujuudenkehityksellä, kiviaineksella ja työtavoilla keskeinen merkitys

Taulukko 11.2.3. Kulutuskestävyysvaatimukset 3 kk:n ikäiselle lattialle VTT:n teräspyöräkokeessa ja työmenetelmiä vaatimusten saavuttamiseksi.

Luokka	Sallittu kuluminen [mm]		Työmenetelmä, jolla vaatimus saavutetaan
	Kierrosta		
	2000	800	
1	1	-	10...20 mm:n erikoisbetoni runkoaineena kvartsi, metalli, piikarbidi tai elektrokorundi + konehierto tai koneliippaus vähintään 2 kertaa. 30 mm:n kovabetonilattia C40/50. Betoni C25/30 + sirotepintausta erikoiskiviainepohjaisilla siroteilla riittävän runsaana ja koneliippaus tai konehierto vähintään 2 kertaa.
2	3	-	Betoni C30/37, maksimiraekoko vähintään 16 mm ja koneliippaus siivillä sileäksi tai konehierto vähintään 2 kertaa. Betoni C25/30 + sirotepintausta luonnonkiviainepohjaisilla siroteilla + koneliippaus tai konehierto vähintään 2 kertaa. Imubetonilattia, lähtömassa C25/30. Betoni C25/30, kovettuneen lattian pintahionta siten, että sementtiliima poistuu ja runkoaine on tasaisesti näkyvässä, hiotun pinnan silikaattikäsittely.
3	-	6	Hyvällä ammattitaidolla tehdyt koneella hierretyt ja käsin liipatut lujuusluokan C25/30 lattiat.
4	ei vaatimusta		Hyvällä ammattitaidolla tehdyt lujuusluokan C25/30 lattiat.

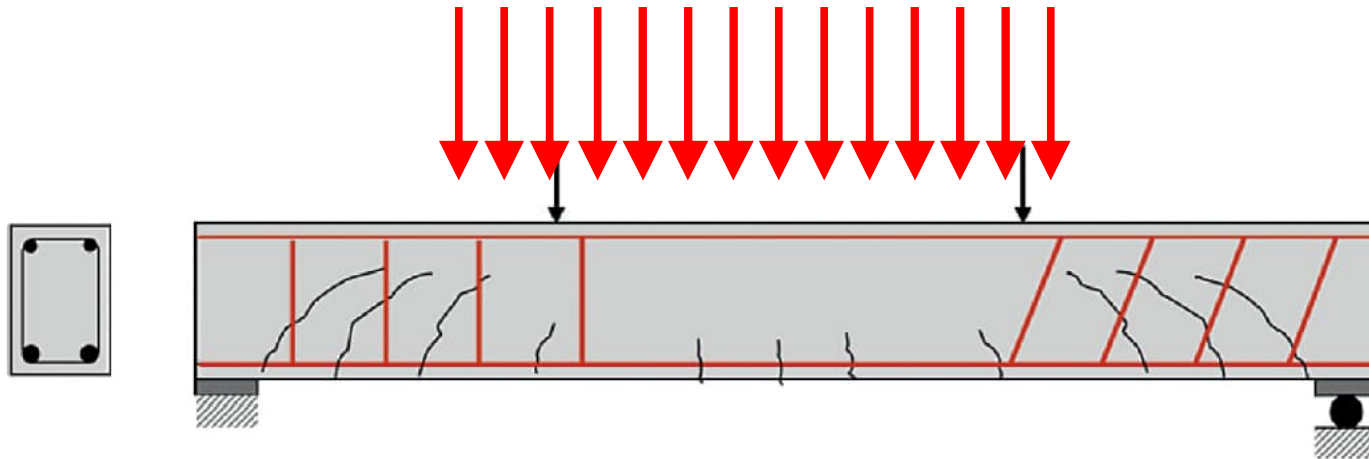
Kulutuskestävyyden mittausmenetelmistä on annettu lisätietoa julkaisussa BY 45/BLY 7 Betonilattiat 2018.

Betonin kuluminen

- Vaikutukset:
 - Betonipintaan:
 - Betonin pinnoitettavuus heikkenee
 - Uusien pintakerrosten tartunta heikkenee
 - Rakenteen tehollinen korkeus pienenee, suojabetonipeite pienenee
 - Lattian epätasaisuus >> robottikulkuneuvoille ongelma
 - Kosteuden ja muiden haitallisten aineiden imeytyminen nopeutuu
 - Karbonatisoituminen nopeutuu
- Korjaaminen:
 - Edellyttää vanhan betonipinnan poistamista, uuden pintabetonin lisäystä

Ylikuormitus

normaali raudoitettu rakenne

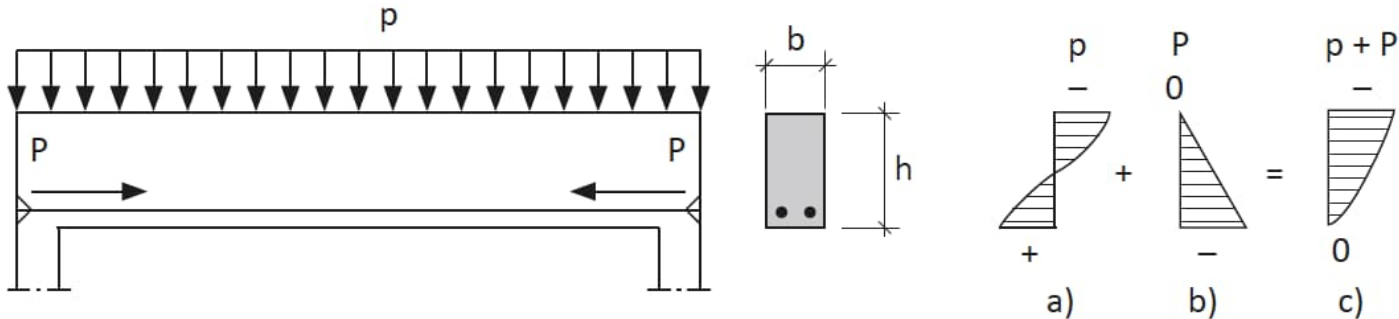


Ylikuormitus näkyy raudoituksen myötämisenä ja rakenteen vetopuolen halkeiluna

→ Ei palaudu,
kuormitustapaus/kapasiteetti muuttuu

Ylikuormitus

jännitetty rakenne



Kuva 9.6.1. Jännitetyn betonirakenteen yksinkertaistettu periaate taivutetussa rakenteessa. P = jännevoima, p = rakenteen paino + hyötykuorma. Jos jännevoima ja betonirakenteen poikkileikkaus on sopivasti valittu, saadaan aikaan kuvan mukainen tilanne. Kuorman jännityskuvion a) ja jännevoiman jännityskuvion b) summana on kuvio c), jossa palkin koko poikkileikkaus on puristettu ja jännitys alareunassa on 0. Kuvassa jänteet on sijoitettu epäkeskeisesti.

Ylikuormitus näkyy vasta "viime hetkellä". Murto on äkillinen ja hauras.

Ylikuormituksen syitä

- Liikkuminen/painuminen
- Kantavuuden ylittyminen
- Törmäys/räjähdys
- värähtely



Kuva 26. Uuden osan palkin nro 4 leikkaushalkeamia.

Liikkuminen / painuminen

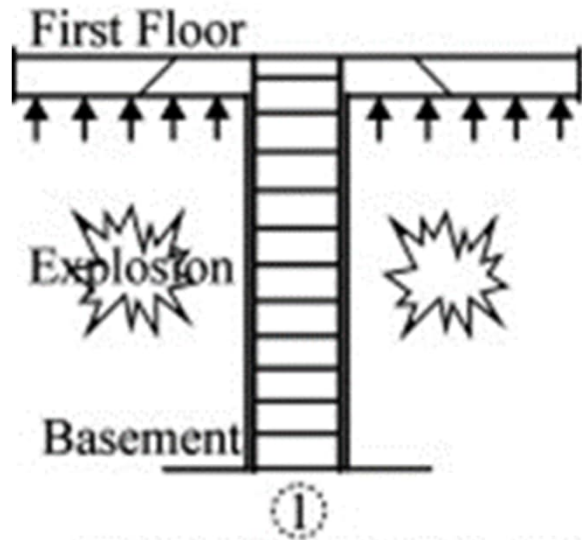


- Usein perustusten painumisen aiheuttamaa
- Ilmenee vinosti suuntautuneena halkeiluna seinärakenteissa tai saumoissa
- Suuremmassa rakennusmassassa rakennuksen eri osien välisissä saumakohtissa ja rakennuksen liikuntasaumoissa
- Rakenteiden epätasainen painuminen aiheuttaa suunnitellusta poikkeavia leikkaus- ja taivutusrasituksia
- Moniaukkoisissa rakenteissa rakenteen toimintaperiaate voi muuttua

Törmäys/räjähdyks

- Törmäys tai paineaalto voi aiheuttaa rakenteeseen kuormituksen, joka on suuruudeltaan ja vaikutussuunnaltaan poikkeava rakenteen tarkoituksesta toiminnallisuudesta.
- Jos räjähdysten vaikutuksesta taivutetun betonirakenteen vetorasitus osuu pintaan, jossa ei ole raudoituskapasiteettia, voi rakenteeseen syntyä suuria vaurioita tai rakenteen romahtaminen.
- Räjähdysten, kuten muunkin onnettomuuden, selvittämiseen kuuluu analyysi siitä, vastaavatko rakenteen ominaisuudet enää käyttötarkoitusta.

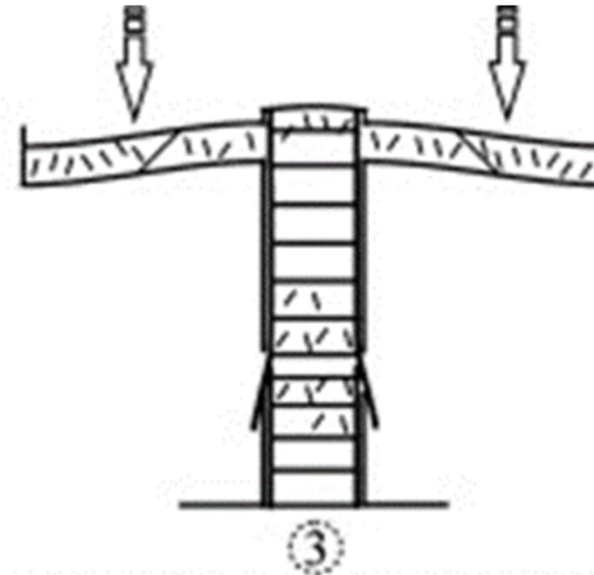
Törmäys/räjähdys



Explosive pressure



Fracture of column under the big axial tension caused by explosive pressure



Falling of slab and fractured up part of the column



Värähtely, halkeilu ja murtuma

- Värähtelylle altistuvia rakenteita

- Koneperustukset
- Liikennöityjen betonilaattojen/-lattioiden saumat
- Siirtymälaatat

- Vaikuttavat rakenteen taivutusjäykkyys (kimmomoduuli, poikkileikkaus), jänneväli ja massa
- Yleisesti betonirakenteen massa toimii stabiloivana
- Korkea rakentaminen tarkasteltava erikseen

Ylikuormituksen vaikutukset

- Betonirakenteeseen syntyy palautumattomia muutoksia
 - Jos terästen jännitys on päässyt yli myötörajan
 - Halkeilua
 - Liikkumista toistensa suhteen
- Syntyy halkeilua, mikä voi kiihdyttää muita vauriomekanismeja
- Rakenteen taipumalla välillisiä vaikutuksia korkoasemiin ja ympäröiviin rakenteisiin
 - Erityisesti muuratut rakenteet herkkiä
 - Ikkunoiden, ovien, varusteiden, laitteiden toiminta heikkenee/estyy
- Halkeilun suunnasta ja sijainnista voi päätellä painuman sijaintia
- Kantavuuden menetyksen/sortuman riski
- Jännitetyissä rakenteissa ylikuormitusta ei saa esiintyä



Hannu Pyy
Senior adviser, Tekn.lis.
AFRY Buildings Finland Oy
Rakennusfysiikka

Puh. 040 507 2071

hannu.pyy@afry.com

