



Forskning på KTH om explosioner och brand i tunnlar och bergrum

Anders Ansell, KTH Betongbyggnad

CIR-dagen 2019
2019-01-29



KTH Betongbyggnad

Pågående projekt 2018/19:

- ☐ Studier om dynamiskt (impuls)belastade betongkonstruktioner.
- ☐ Skjuvning i strukturella betongelement utsatta för dynamisk belastning.
- ☐ Analys av anslagsverkan och detonationer i betongkonstruktioner.
- ☐ Explosionslasters inverkan på reaktorinneslutningens betongdelar.
- ☐ Brand i betong i tunnlar.



Projektpartners



FORTIFIKATIONSVERKET



CFORT – Centrum för
fortifikatorisk kompetens



CHALMERS



Strål
säkerhets
myndigheten

Swedish Radiation Safety Authority



IMPETUS
AFEA Solver®

3



Brand i tunnlar och bergrum

Avhandlingar hos KTH Betongbyggnad:

Jansson R. *Fire spalling of concrete: Theoretical and experimental studies*. Doctoral Thesis. TRITA-BKN. Bulletin, 117. Stockholm, 2013.

Albrektsson J. *Durability of fire exposed concrete: Experimental studies focusing on stiffness & transport properties*. Licentiate Thesis. TRITA-BKN. Bulletin, 133. Stockholm, 2015.

Nytt industridoktorandprojekt från 2018/19!

Tunnlar, brand, betong, fibrer, utstötningsrisk, kvarvarande bärförmåga.

Samarbete med Cfort och RISE.

4

Skjuvning i strukturella betongelement utsatta för dynamisk belastning

Industridoktorandprojekt

Johan Magnusson, Fortifikationsverket

Avslutas våren 2019

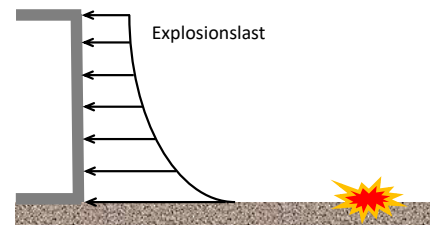


FORTIFIKATIONSVERKET

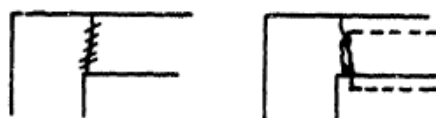
CFORT – Centrum för
fortifikatorisk kompetens

5

Dynamisk skjuvning

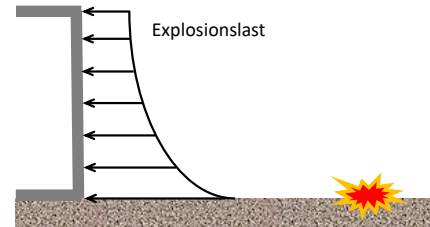


- ☐ Betongväggar, skivor och "lådkonstruktioner" studeras.
- ☐ Explosioner nära en sådan betongkonstruktion kan leda till skjuvbrott nära eller vid stöd.
- ☐ Sådana skjuvbrott kan leda till att en belastad vägg skjuvas av längs upplagen och kastas in.
- ☐ Dimensionering mot explosionslaster genomförs för en böjmod ➡ armeringen plasticeras.



6

Syfte och metodik



Doktorandprojektet:

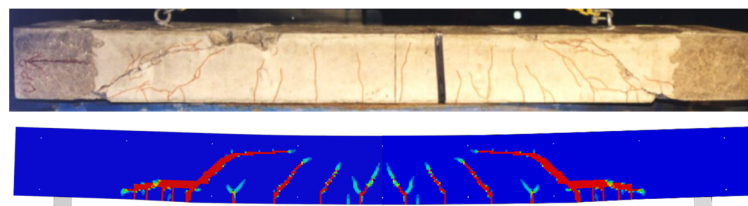
- ☐ Analysera skjuvbrott vid explosionslaster.
- ☐ Styrande parametrar som kontrollerar dynamiska skjuvbrott.
- ☐ Analys av initiering och skadeutbredning av skjuvbrottet.
- ☐ Analyser med FEM (Abaqus) med tidigare försök som grund.



Ex: Infästning av vägg med dörr för nödutrymningsväg.

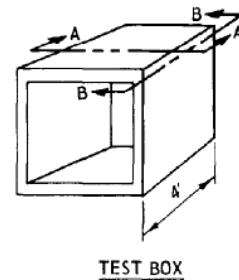
Dynamisk skjuvning – preliminära resultat

- ☐ Simulering för betongbalk utsatt för explosionslast.
- ☐ Jämförelse med försöksresultat ("stötvågstub").
- ☐ Provning och beräkning ger **böjskjuvbrott!**

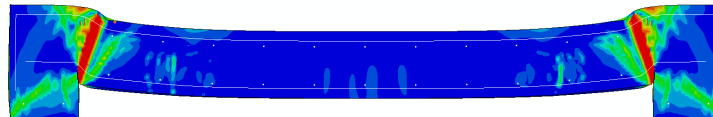


Dynamisk skjuvning – preliminära resultat

- ☐ Simulering för betongbalk utsatt för explosionslast.
- ☐ Jämförelse med tidigare/andras försöksresultat ("närliggande detonation").
- ☐ Provning och beräkning ger ***direkt skjuvbrott!***



Grad av betongkrossning



Grad av uppsprickning

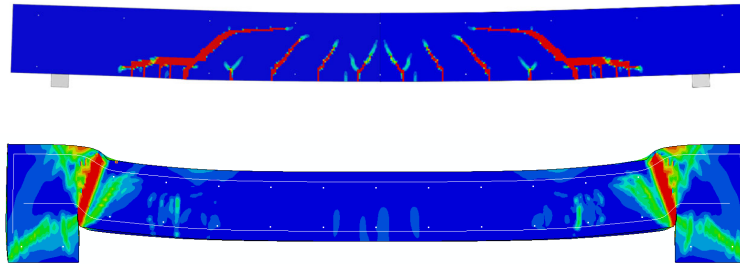


Dynamisk skjuvning – preliminära slutsatser

- ☐ Simulering för betongbalk utsatt för explosionslast.
- ☐ ***Böjskjuvbrottet*** har en skadeutveckling som liknar det vid statisk last.
- ☐ Det ***direkta skjuvbrottet*** har en skadeutveckling som liknar det för en hög balk vid statisk last.
- ☐ Lastnivån är avgörande för utveckling av skjuvbrott.
- ☐ Och - en längre varaktighet ger skjuvbrott vid lägre last än vid kort varaktighet.
- ☐ Betongtvärsnittets höjd har inverkan. Ökad höjd ger ökad benägenhet för skjuvbrott.

Dynamisk skjuvning – preliminära resultat

- ❑ Avhandlingen behandlar även en jämförelse mellan simuleringar och FKR. (Fortifikationsverkets konstruktionsregler).
- ❑ Viktiga nya kunskaper som kommer att beaktas vid revidering av FKR.



FKR = Fortifikationsverkets konstruktionsregler.

Analys av anslagsverkan och detonationer i betongkonstruktioner

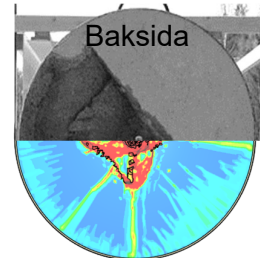
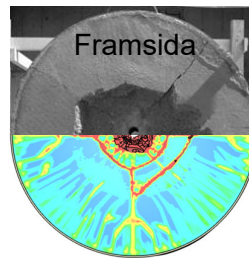
Doktorandprojekt
Håkan Hansson, KTH

Avslutas under 2019

Anslagsverkan och detonationer

Doktorandprojektet:

- ☐ Analyser av betongkonstruktioner utsatta för extrema belastningar.
- ☐ Höga belastningshastigheter!
- ☐ Ställer specifika krav på använda beräkningsmetoder.
- ☐ Beräkningsintensivt!
- ☐ Jämförelser mot försöksresultat
 - på detaljnivå.

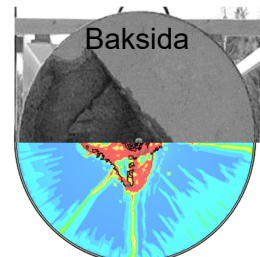
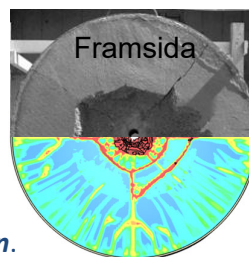


Anslagsverkan och detonationer

Projektet behandlar metodik och metoder för analyser av betongkonstruktioner utsatta för exempelvis:

- ☐ Anslagsverkan.
- ☐ Penetrationsförlopp.
- ☐ Kontaktverkande detonationer.
- ☐ Stötvågsbelastningar.

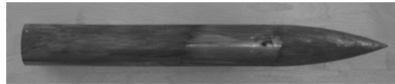
Analyser av kombinerade verkansformer utvärderas: **Anslagverkan & Detonation.**



Anslagsverkan av modellprojektil i armerad betong - verifierande analyser

Experimentellt resultat

Projektildesign:
Ø50 mm, $L/D=9$



Anslagshastighet 424 m/s
Penetrationsdjup 580 mm

Preliminär FE analys

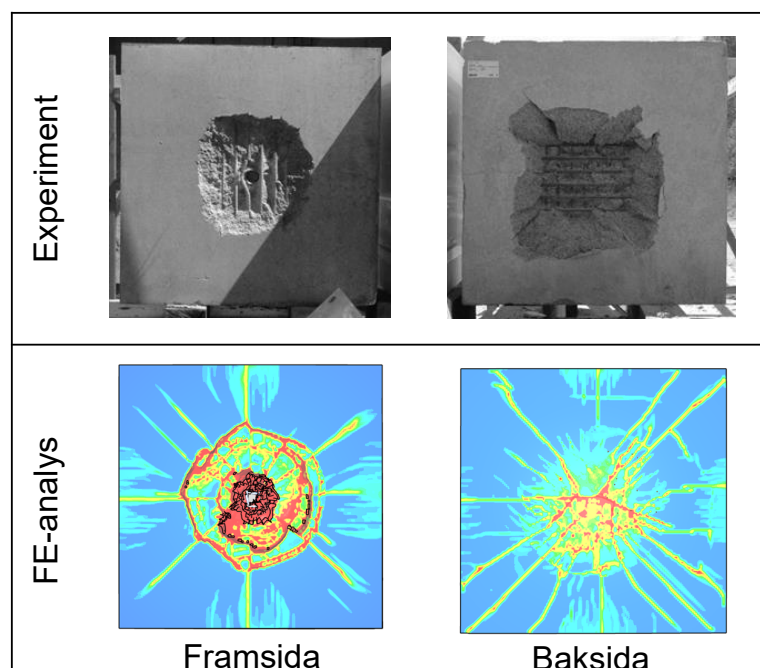
Penetrationsdjup 530 mm

Likartade skadeområden på fram- och baksida av betongkonstruktionen.

Forts...

15

Prelimiär FE analys - jämförelse



16

Ny metodik för analys av detonation i armerade betongkonstruktioner

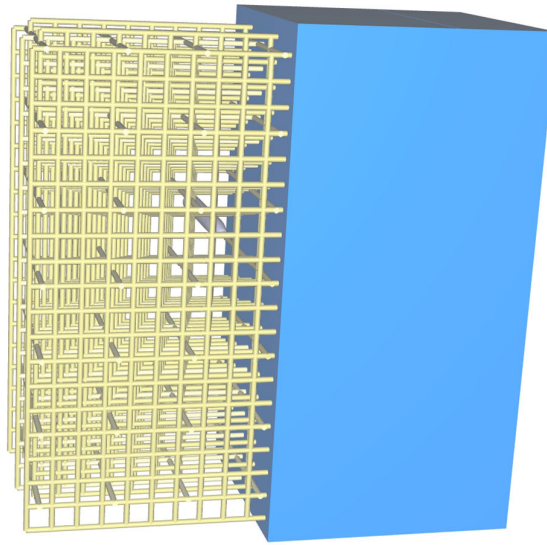
Simuleringsstudie

Modellprojektil
Ø50 mm, $L/D=9$

Betongtjocklek
600 mm

Anslagshastighet
500 m/s

Tid för detonation
4,125 ms



17



Tack!!



18