

# Screening tests methods for determination of fire spalling of concrete

Lars Boström, Robert McNamee, Joakim Albrektsson, Pär Johansson

## Populärvetenskaplig sammanfattning

### Bakgrund

Betong är ett mycket gammalt byggnadsmaterial och anses av de flesta vara motståndskraftigt mot brandpåverkan. Men eftersom många olika material ryms under begreppet "betong" finns också stora variationer på hur materialet beter sig under och efter brandexponering. En av de största osäkerheterna gäller brandspjälkning vilket är ett fenomen då flagor eller större bitar av betongen på ett explosivt sätt skjuts bort från ytan. Detta resulterar i ett mindre tvärsnitt och därmed en sämre bärförmåga hos betongelementen, vilket i sin tur ökar rasrisk och möjligheten för räddningstjänst att göra insatser.

Flera exempel finns där betongen spjälkat så långt att armering exponeras mot branden, något som är kritiskt för modern byggteknik såsom spännarmerade betongelement. Dessutom visar studier på att moderna material såsom högpresterande eller självkompakterande betong är mer spjälkningsbenägen än klassisk betong. Exempel från denna studien på hur betongen spjälkar förbi armeringen kan ses i figur 1.



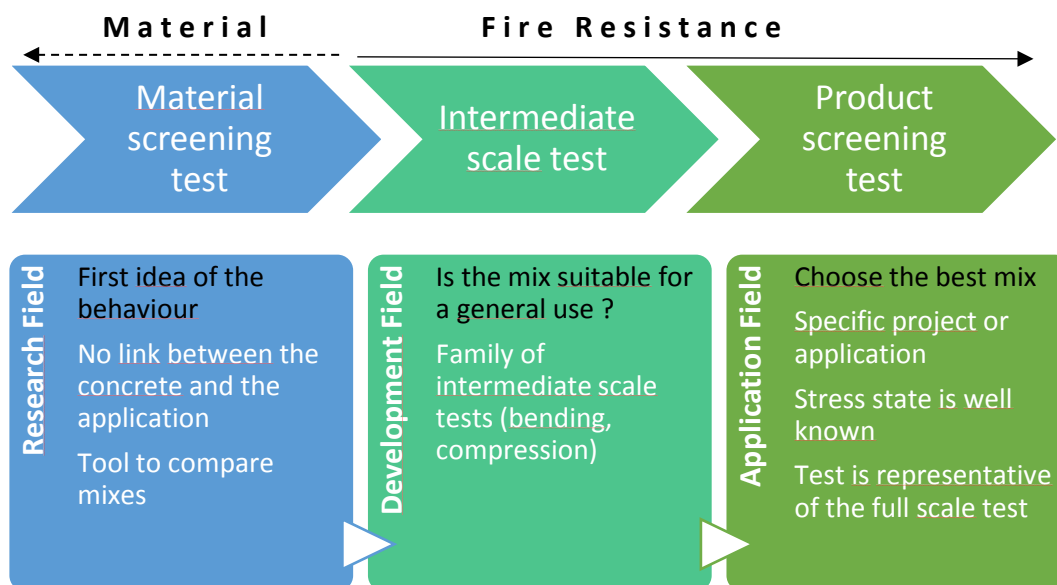
**Figur 1.** Spjälkning av betong från ett av de fullskaliga testen i studien vilket resulterar i armering fullt exponerad mot branden.

För att reducera risken för brandspjälkning adderas ofta polypropylenfibrer (PP-fibrer) till betongmixen. 2 kg PP-fibrer per kubikmeter betong har visat sig effektivt mot brandspjälkning i de flesta tillämpningar men så pass mycket PP i betongen medför också problem med luftinnehåll och

processmöjligheten hos materialet. Därför krävs en optimering av betongen för att nå rätt nivå för rätt tillämpning.

Idag finns inget standardiserat sätt att mäta spjälkningsbenägenhet. I de allmänna kraven för provning av brandmotstånd nämns bara att fenomenet ska observeras. Eftersom själva applikationen av betongen, såsom inspänning, geometri, laster samt även brandscenariot märkbart påverkar benägenheten till att spjälka går det inte heller att göra enkla materialtest för att avgöra den optimala säkra lösningen. Det enda som idag finns att tillgå är fullskaliga tester på betongelement där pelare, balkar, bjälklag och liknande element exponeras för brandpåverkan i brandmotståndssugnar.

Eftersom fullskaliga brandmotståndstester är mycket kostsamma så är det vanligt att utföra så kallade screeningtester där rätt typ av betongmix sorteras ut för att sedan testa den mest lovande lösningen. Det finns en uppsjö av småskaliga tester som används på olika ställen i världen men det finns ingen direkt översyn av hur väl de faktiskt korrelerar mot spjälkningsbeteendet i riktig eller fullskalig miljö. Figur 2 visar schematiskt en översikt över teststorlek och tillämpbarhet för utveckling av betong.



**Figur 2.** Schematisk bild över olika testskalor och dess tillämpbarhet.

Det finns alltså ett stort behov av en testmetod där korrelation mot spjälkningsbeteende vid fullskaliga tester kan påvisas. Detta innebär att fler tester och bättre sällning kan göras för att undvika osäkerheter, överdimensionering eller ökad risk spjälkningsbenägna lösningar vid nybyggnation av hus, tunnlår, broar eller andra konstruktioner.

## Studien

I denna studie valdes ett antal små- och medelstora testmetoder ut och utvärderades för två serier av betongmixar med tre olika recept var. Dessa valdes för att försöka täcka in betong som inte spjälkar, betong som spjälkar i liten utsträckning och sådan som är kraftigt spjälkningsbenägen. Cementtyp, vattencementtal, storlek på ballast samt mängden PP-fibrer varierades mellan recepten.

Betongen testades med följande små- och medelstora testmetoder samt fullskaliga tester:

### Serie 1.

- Miniugn, SP Fire 119. Icke-inspönt rektangulärt block på 600 x 500 x 400 mm<sup>3</sup>. Testas horisontellt med en temperaturprob som följer standardbrandkurvan från EN 1363-1. Dessa tester utfördes vid RISE, Borås.
- Miniugn, SP Fire 119. Rektangulärt block på 600 x 500 x 400 mm<sup>3</sup>, inspönt runt hela provkroppen, horisontellt. Dessa tester utfördes vid RISE, Borås.
- Kilformade provkroppar, 1000 x 500 x 300 x 50 mm, se figur 3. Hängandes så att de två stora ytorna exponerades direkt för tid-temperaturkurvan från EN 1363-1 i en stor horisontell brandmotståndsgn. Dessa tester utfördes vid RISE, Borås.
- Små diskformade provkroppar, radie 300 mm, tjocklek 100 mm, som gjutits i en stålring och utsattes för brandpåverkan i en liten gaseldad ugn som följde standardbrandkurvan. Dessa tester utfördes vid Gunma University, Japan.
- H-tris (figur 4), där provkroppar utan armering, 0.5 x 0.5 x 0.25 m<sup>3</sup>, under enaxlig kompression (5 MPa) exponerades för en värmestrålningskälla som varierar i tiden så att typiska betongobjekt får motsvarande värmeexponering som i standardbrandskurvan på en brandmotståndsgn. Dessa tester utfördes vid University of Edinburgh, Skottland.
- Dragon Furnace, där fritt upplagda provkroppar exponerades för en horisontell brandpåverkan på 950 x 750 mm<sup>2</sup>. Dessa tester utfördes vid University of Cracow, Polen.
- Fullskalig horisontell provning av icke-belastade armerade element av storleken 1670 x 4000 x 600 mm<sup>3</sup>. Betongen testades med en brandbelastning motsvarande EN 1363-2, hydrokarbonkurvan. Dessa tester utfördes vid RISE, Borås.

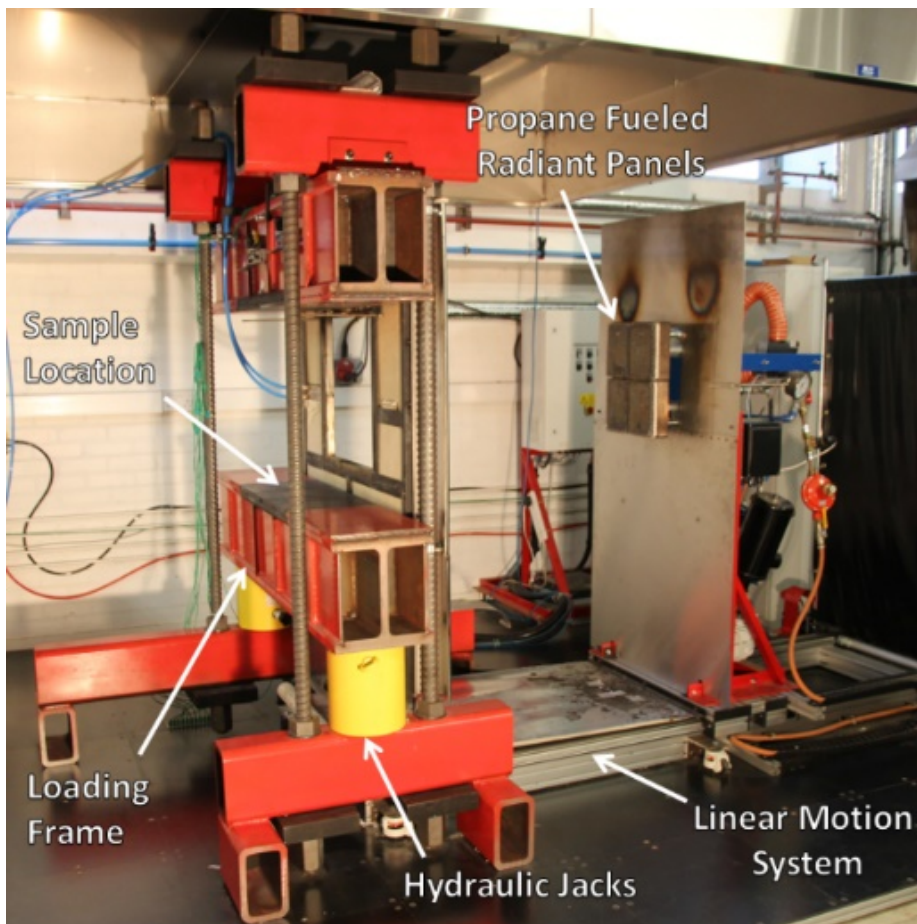
### Serie 2.

- Miniugn, SP Fire 119. Rektangulärt block på 600 x 500 x 400 mm<sup>3</sup>, inspönt runt hela provkroppen, horisontellt. Dessa tester utfördes vid RISE, Borås.
- Diskformade armerade provkroppar gjutna i ett stålrör, radie 610 mm, tjocklek 300 mm, som testades på samma sätt som de rektangulära proverna på minugnen, SP Fire 119. Dessa tester utfördes vid RISE, Borås.
- Vertikal provning av armerade element, 1200 x 3100 x 300 mm<sup>3</sup>, belastade vertikalt. Ugnen styrdes enligt EN 1363-1, standardbrandkurvan. Dessa tester utfördes vid RISE, Borås.

I utvärderingen av testerna fokuserades främst på korrelation mellan små- och medelstora tester och de fullskaliga tester som genomfördes men även andra aspekter såsom produktion av provkroppar eller kostnader.



**Figur 3.** Kilformad provkropp.



**Figur 4.** Försöksupställningen H-tris som användes vid testerna i Skottland för serie 1.

## Resultat och slutsats

För kraftigt spjälkningsbenägen betong påvisar alla medelskaliga försöksmetoderna spjälkning oberoende av andra omständigheter så länge brandbelastningen är tillräcklig. För de fallen då provet ligger i gränsfallet till spjälkning spelar andra faktorer större roll. Dessa kan grovt delas upp i tre grupper: (1) randvillkor (vilket innefattar både brandexponeringen samt mekaniska randvillkor såsom belastning) (2) Tvärsnitt och geometri samt (3) materialfaktorer.

Det har exempelvis visats att snabb upphettning och yttre kompressionslaster ökar risken för spjälkning. Likaså innebär dubbelsidig brandpåverkan en ökad risk för explosiv spjälkning medan armering innebär att spjälkningsrisken minskar. Faktorer som högre hållfastighet och högre fuktinnehåll ökar även de risken för spjälkning.

Det går inte att förutsäga hur spjälkningsbeteendet hos ett betongelement blir i fullskala utifrån små- eller medelstora testmetoder. Anledningen är att randvillkoren (1) och tvärsnittet (2) oundvikligen kommer att vara annorlunda vid större skala. Däremot visar resultaten från denna studie att det går att använda vissa medelstora testmetoder för att genomföra screeningtester för att sälla fram de betongrecept som verkar vara bäst optimerade för att kara ett storskaligt test.

Av de metoder som testades här var det de diskformade armerade provkroppar gjutna i ett stålrör (figur 5 och 6) som testades på en miniugn som gav bäst korrelation mot fullskaliga tester. Stålringen motverkar den termiska expansionen som uppstår när materialet upphettas upp och förhindrar därmed sprickbildning. Den cirkulära formen hade av ännu inte helt utredda orsaker bättre korrelation än motsvarande rektangulära provkroppar men storleken är av betydelse eftersom motsvarande korrelation inte fanns för de mindre cirkulära provkropparna som testades i Japan.



**Figur 5.** Mniugnsförsök på de cirkulära provkropparna vilket gav bäst korrelation mot fullskaliga tester.



**Figur 6.** Provkropp som spjälkat efter att ha testats på miniugn.

Studien finansierades av Trafikverket och av Svenska Byggbranschens Utvecklingsfond (SBUF). Dessutom har medlemmar i RILEM TC SPF bidragit med omfattande arbete och författarna tackar Cracow University of Technology, Polen, University of Edinburgh, Skottland samt Gunma University, Japan för deras bidrag.