

Brandsäker betong

Betong som är väldigt tät (till exempel anläggningsbetong med lågt vattencementtal) ger spjälkningseffekter vid brand. En porös betong ger större möjlighet till omfördelning av ångtrycket jämfört med tät betong. En lösning till detta problem har visat sig vara att tillsätta polypropylenfiber (PP-fiber) i betongen. Vägverkets (numera Trafikverkets) föreskrifter fordrar att minst 2 kg plastfibrer tillsätts den färska betongmassan per kubikmeter. Denna höga dosering kan påverka utförandets kvalitet negativt och bygger till stor del på erfarenheter från andra länder med andra förutsättningar än de vi har i Sverige. I detta projekt har man sammanställt kunskaper, praktiska råd och tips som medför att behovet och omfattningen av den verifierande provningen av en betongs brandhärdighet begränsas.

Bakgrund

Betong ger normalt bra motstånd mot de höga temperaturer som utvecklas i samband med ett brandförlopp. Det har dock visat sig under senare år att vissa typer av betong kan ge sämre brandmotstånd vilket framförallt visar sig i form av spjälkning av betongens yttre skikt. Den betong som visat sig ge sämre brandmotstånd är betong som gjorts väldigt tät i avsikten att öka beständigheten. Den ökade tätheten åstadkommes framförallt genom att sänka vattencementtalet.

Vad som sker i samband med spjälkning vid brand är inte helt klarlagt men en teori är att när den fukt som finns i betongen hetas upp och övergår till ånga så utsätts betongen för ett ångtryck som den inte förmår att stå emot. Följden blir att betongens ytskikt spjälkas loss med risk för att hela konstruktionens stabilitet påverkas. Betong som är mer porös, till exempel betong med högre vattencementtal, uppvisar normalt inte denna typ av skador. Om teorin ovan stämmer skulle detta kunna bero på att det i



Polypropylenfibrer som skapar förutsättningar för brandbeständighet i betong. Fibrerna är ca 6mm långa och 18 µm tjocka, de smälter vid temperaturer på 160°C och brinner upp vid 450°C. Antalet fibrer är drygt 700 miljoner/kg. Fibrerna lämnar efter sig ett finmaskigt porssystem i betongen så att vattenångan kan evakueras utan att skada betongen.

denna typ av betong finns utrymme för expansion när vatten övergår till ånga och på så sätt dämpas påfrestningarna i betongen.

Det är förstås viktigt att kunna bibehålla de goda brandegenskaperna även för den täta betongen. Det har genom tester visat sig att en tillsättning av polypropylenfibrer i denna typ av betong faktiskt kan återställa betongens förmåga att motstå brand. Teorin bakom detta är att plastfibrerna smälter vid höga temperaturer och bildar utrymme för ångtrycket. Att dessa fibrer verkligen fungerar på så sätt att de minskar eller eliminerar spjälkningen är bekräftat i omfattande provningar på SP i Borås.

I Vägverkets publikation 2004:124 – ATB **Tunnel 2004** anges att "Anläggningsdelar av betong, vilka utgör inredning och som gränsar mot trafikutrymme, skall i sin helhet innehålla 2 kg/m³ enfibertrådiga polypropylenfibrer med tjocklek ca 18 µm och längd ca 6 mm. Fibrerna skall vara ytbehandlade för att få en bättre dispergering och ett minskat vattenbehov." I de projekt där Tunnel 2004 är styrande krävs alltså 2 kg PP-fibrer /m³ om man vill undvika en dyr förprovning.

Syfte

Syftet med detta projekt är att få en bra uppfattning om hur olika doseringar av polypropylenfibrer påverkar betongen, både i den färska och i den hårdnade betongen. Fokus för den färska betongen är konsistens, arbetbarhet och lufthalt (före och efter pump). För den hårdnade betongen läggs fokus på hållfasthet, frostbeständighet och brandbeständighet.

Genomförande

Med stöd från SBUF har arbetet utförts av Skanska Asfalt och Betong, Betongtekniskt Centrum (BTC). De fyra betongsammansättningar som provades var:

1. C35/45, S3, sten 22mm, vct 0,40, anl.cement, förhöjd lufthalt, PP-fibrer 0,7 kg.
2. C35/45, S3, sten 22mm, vct 0,40, anl.cement, förhöjd lufthalt, PP-fibrer 1,0 kg.
3. C35/45, S3, sten 22mm, vct 0,40, anl.cement, förhöjd lufthalt, PP-fibrer 1,5 kg.
4. C35/45, S3, sten 22mm, vct 0,40, anl.cement, förhöjd lufthalt, PP-fibrer 2,0 kg.

Resultat

Lufthalt

Lufthalten i betongen påverkas tydligt av PP-fibrerna. Fibrerna höjer lufthalten i betongen och anledningen är troligen att det medel som används för ytbehandling av fibrerna är luftindrivande. En högre dosering fibrer ger i allmänhet en högre lufthalt. Spridningen i lufthalt blir också större med fibrer än motsvarande betong utan fibrer. En högre dosering fibrer förefaller öka spridningen på lufthalten. I projektet har lufthalterna före pump varierat från 4,4 % (0,7 kg fibrer) till 11,5 % (2,0 kg fibrer).

Konsistens och arbetbarhet

Sättmåttsprovningen som har skett på fabrik och på arbetsplatsen före och efter pump har inte visat på någon större skillnad mellan olika doseringar av fibrer. Däremot har pumptrycket som noterats i samband med gjutning visat intressanta resultat. Det visar sig att en högre dosering av fibrer ökar pumptrycket. Detta indikerar att betongen blir segare med en högre dosering. Betongarbetarna bekräftar också att de upplevde betongen med 2 kg fibrer som segare att jobba med. Pumptrycket för betong med 2 kg fibrer låg cirka 35 % högre än för betong med 1,0 kg fibrer.

Frostbeständighet och tryckhållfasthet

I de fall som vi har studerat har inte frostbeständigheten varit något problem. Lufthalter på så låg nivå som 3,0 % har givit "mycket god frostbeständighet". Problemet är istället hållfastheten. Spridningen i lufthalt påverkar i stor grad hållfastheten. Hållfastheten har varierat från 48 MPa till 78 MPa vilket är en orimligt stor variation som förstås också kan innebära kvalitetsbrister.

Brandbeständighet

Brandprovningen som utförts på SP i Borås visar att betong med fiberdoseringar på 1,0 respektive 1,5 och 2,0 kg inte har någon spjälkning alls. Den ena av de två provkropparna som innehöll 0,7 kg fibrer klarade sig också medan den andra hade en viss spjälkning.

Slutsatser

Höga doseringar av polypropylenfibrer (mer än 1,5 kg) förefaller ge höga lufthalter. Erfarenheter visar också på att den lufthalt som fibrerna ger varierar mer än den lufthalt som skapas genom de luftporbildande tillsatsmedlen. I detta projekt har inte några problem med frostbeständighet kunnat påvisas trots i vissa fall väldigt låga lufthalter. Höga och varierande lufthalter har dock stor påverkan på hållfastheten. Standardavvikelsen blir stor och höga lufthalter kan leda till väldigt låga hållfastheter.

En bedömning av betongens arbetbarhet med hjälp av sättmåttsprovning har inte visat på några skillnader vid olika doseringar av PP-fibern. Däremot visar det sig att betongpumpen får jobba hårdare för att få igenom betong som innehåller 2 kg fibrer jämfört med lägre doseringar. Detta tyder på att en ökad dosering av fibrer innebär en segare betong.

Brandprovningen visar att brandmotståndet är godkänt med fiberdosering på 1 kg eller högre. Allt tyder alltså på att en dosering över 1,5 kg ökar risken för negativa effekter på både den färska betongen och den färdiga konstruktionen. 1,0 kg polypropylenfibrer uppfyller alltså i detta fall brandkravet. Doseringen innebär också en mer kontrollerbar lufthalt och därmed en acceptabel spridning vad gäller hållfasthetsvärden. Arbetbarheten blir också bra, i nivå med betong utan polypropylenfibrer.

Utan brandprovning skulle kravet enligt ATB Tunnel 2004 varit 2 kg polypropylenfibrer per kubikmeter betong. Detta skulle sannolikt ha inneburit stora svårigheter att tillverka betong med jämn kvalitet och även stora svårigheter i samband med utförandet på arbetsplatsen.

Ytterligare information

Kontaktpersoner:

Thomas Johansson, Skanska Teknik / BTC, tel 070-625 61 50, e-post: thomas.c.johansson@skanska.se.

Litteratur:

Utveckling av brandsäker betong – praktiska råd och tips vid provning (Skanska Sverige AB, PublNr SBUF 12022, av Thomas Johansson, 71 sidor) kan beställas från SBUF, tel 08-7838100, www.sbuf.se

Internet:

www.sbuf.se