

Egenskaper för självkompakterande betong med flygaska

I det här projektet presenteras en så kallad utförandebaserad optimeringsmetodik för SKB (självkompakterande betong). Metodiken bygger på att finbruket och ballasten provas och optimeras var för sig för att sedan kopplas samman till en betong. Den grundläggande tanken bakom metodiken är att optimera SKB med avseende på egenskaperna för det tillgängliga materialet samt aktuellt tillämpningsområde.

Bakgrund

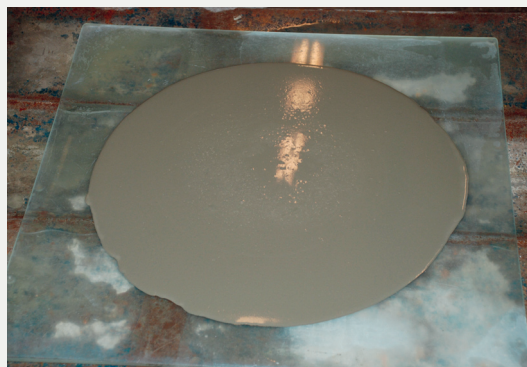
Fördelarna med SKB (SjälvKompakterande Betong) vad gäller miljöpåverkan (mindre buller och bättre arbetsmiljö) och möjligheter att på ett bra sätt utföra komplicerade gjutningar är idag väl kända. Entreprenörerna har mycket att vinna (tid, kvalitet, ekonomi, miljö) på att använda SKB men tyvärr har det i praktiken visat sig att en SKB allt för ofta uppvisar oacceptabelt stora egenskapsvariationer, framförallt i färskt tillstånd.

Den största svårigheten är att lyckas producera robust SKB utan stora egenskapsvariationer till en rimlig kostnad och många entreprenörer ser inte de direkta fördelarna med att välja SKB som ett alternativ. Då SKB är mer känsligt för yttre störningar samt i större utsträckning mer beroende av delmaterialens egenskaper än normalvibrerad betong är en tillförlitlig optimeringsmetodik viktig.

SKB innehåller relativt höga halter av fillermaterial, där kalkstensfiller är vanligt förekommande i Sverige, medan användandet av flygaska däremot inte är så utbrett. Med ökade cementpriser och pressade priser inom byggsektorn börjar flygaskan bli ett intressant alternativ för den svenska marknaden.

Syfte

Huvudsyftet med projektet är att etablera en experimentell, enkel och billig proportioneringsmetodik för självkompakterande betong. Metodiken syftar till att göra det möjligt att på bästa sätt bestämma sammansättningen av en betong med hänsyn både till tillgängligt material och det tänkta tillämpningsområdet, så kallad utförandebaserad optimering.



Det andra syftet med projektet är att studera effekterna av flygaska som tillsatsmaterial i SKB ämnat för anläggningsbyggande. Effekten av flygaska på betongens unga egenskaper har studerats vad gäller inverkan på värme- och hållfasthetsutveckling samt risken för tidiga temperatursprickor för betong med varierande halt av flygaska.

Genomförande

Med stöd från SBUF, Swerock AB, PEAB och Cementa har arbetet utförts vid Luleå Tekniska Universitet och resulterat i en doktorsavhandling.

Optimeringsmetodiken bygger på att studera och optimera betongen i de två separata faserna finbruk och ballast. Målsättningen har varit att leta tendenser i beteendet, det vill säga vilka parametrar påverkar vad och på vilket sätt, vilket möjliggör utvecklandet av en optimeringsmetodik. I ballastfasen bestäms lämplig ballastgradering och i finbruksprovingarna väljs lämplig sammansättning av tillgängligt material med avseende på flytförmåga, robusthet och stabilitet. Valda testmetoder är billiga och enkla att genomföra vilket medför att metodiken kan användas utan tillgång till dyr och avancerad utrustning, Figur 1.

Figur 1. Finbrukstester för allt material upp till kornstorleken 0.25 mm. a) minisättkonen; b) finbrukets utbredning på fuktad glasskiva, c) tömning av finbruket genom Marsh-tratt med 10 mm öppningsdiameter i munstycket.

Risken för tidiga temperatursprickor för olika halter flygaska har provats i laboratorium och utvärderats med etablerade beräkningsmetoder. Även värme- och hållfasthetsutvecklingen för betong med varierande vatten-cement-tal och olika halter flygaska har provats och en interaktionsformel har etablerats.

Resultat

Betong reologi

Då delar av ballasten, alla partiklar mindre än 0,25 mm, också är en del av finbruket måste en optimerad ballastfas och en framprovad finbruksfas kunna kopplas samman med bibehållna egenskaper. Kopplingsparametern λ_{25} definieras som mängden 0-0.25 mm från sanden i förhållande till mängden finmaterial (cement, filler, silica etcetera). Kopplingsparametern gör att framprovade egenskaper och mängder kan bibehållas när de två faserna sätts samman till en betong.

Finbruksundersökningen ger de gränser för kopplingsparametern λ_{25} som är möjliga för ett visst vattenpulvertal. Om man befinner sig inom detta intervall innebär det att finbrukets flytförmåga och homogenitet är tillfredsställande för aktuella material. Olika nivåer på λ_{25} inom detta intervall ger olika konsistenser, vilket ger en ökad frihet för brukaren att styra önskad konsistens. I ett läge där robustheten är viktig görs valet för det värde som i finbrukstesterna uppvisar en stor buffertzonen med hänsyn till okänsligheten för flytmedelsdosering. I ett annat fall kan behovet av stor finballastandel vara viktig och då kan man välja det största λ_{25} -värdet inom tillåtet intervall. Beroende på aktuella förhållanden finns många alternativa val av storleken på λ_{25} .

Ballastundersökningen resulterade primärt i att högsta partikelpackning nästan är konstant för ett givet sandintervall (0 – 4 mm kornstorlek för krossad ballast). Då sandhalten har stor inverkan på betongens färskas egenskaper kan andelen sand väljas efter önskad konsistens och aktuellt vattenpulvertal (till exempel framprovat i finbruksundersökningarna) samtidigt som en god partikelpackning säkerställs.

λ_{25} -värdet tillsammans med andelen sand (och därmed bra packningsgrad) och värdet på aktuellt vattenpulvertal utgör komplett underlag för en beräkning av en betongsammansättning. Testblandningen för det framräknade receptet undersöks med avseende på ställda krav på blockering och flytförmåga. När kravet på flytförmåga är tillfredsställt har man ett recept som för aktuell blandare fungerar som SKB i enlighet med ställda krav. Som brukligt måste receptet från laboratorium vid behov justeras vid användning av större blandare ute i fabrik.

Sprickor i ung betong

Studien av sprickrisker under härdningsfasen redovisar resultat för tre betonger med varierande mängd flygaska; FA0, FA11 och FA25 tillsammans med en tidigare provad SKB med kalkfiller. Beteckningarna 0, 11 och 25 härrör till andelen flygaska i procent av cementvikten. Mätningarna av spänningar för en vägg med fullt tvång visar att FA11 får lägst sprickrisk och SKB med kalkfiller högst sprickrisk medan FA0 och FA25 ligger däremellan. Beräkningar av sprickrisker för genomgående sprickor i en tunnelvägg gjuten mot en bottenplatta resulterade i att bågge betongerna med flygaska (FA11 och FA25) uppvisade lägst sprickrisk. Däremot

visar beräkningarna av risken för ytsprickor i en självbalanserande vägg eller platta på mark att flygaskebetongerna i vissa lägen kan ge förhöjd sprickrisk. Det går således inte att generellt säga om en viss betong leder till högre eller lägre sprickrisk.

Slutsatser

Den föreslagna optimeringsmetodiken kan underlätta möjligheten till mer skräddarsydda betongblandningar vilka är komponerade med hänsyn tagen till egenskaperna hos det tillgängliga materialet och till villkoren för tillämpningen. Ett utförandebaserat tankesätt kan främja betongtillverkning och dess kostnader på ett positivt sätt. En ledstjärna kan vara att kunden inte ska behöva betala mer än vad situationen kräver. Den föreslagna metodiken är i dagsläget begränsad till att gälla färsk betong och erbjuder enkla verktyg för att välja sammansättning utifrån en önskad konsistens. I en förlängning kan man tänka sig att kraven även kan innefatta ung och mogen ålder där sammansättning av delmaterialen kan ske med avseende på andra typer av krav.

Projektet visar också att det inte finns någon ökad risk för tidiga temperatursprickor för betong som innehåller flygaska med halter upp till 25 % av cementvikten. Slutsatsen är att man alltid måste beakta den aktuella situationen för den betong man studerar, både med hänsyn till konstruktionens utformning och omgivande miljö. För här undersökta betonger ska man också komma ihåg att flygaskan använts primärt för att ersätta en del av ballasten med bibehållen cementhalt. Inga analyser har här genomförts där flygaskan använts för att sänka cementhalten vilket är relativt vanligt för betonger som ska vibreras.

Ytterligare information

Kontaktpersoner:

Sofia Utsi, ProDevelopment, tel 0920-10669,
e-post: sofia.utsi@prodevelopment.se.

Jan-Erik Jonasson, LTU, tel 0920-491350,
e-post: jan-erik.jonasson@ltu.se

Litteratur:

- Performance Based Concrete Mix-Design – Aggregate and Micro Mortar Optimization Applied on Self-Compacting Concrete Containing Fly Ash. Luleå Tekniska Universitet, Avdelningen för konstruktionsteknik, Doktorsavhandling 2008:49.
- Slutrapport, Egenskaper för självkompakterande betong avsedd för anläggningskonstruktioner. Kan laddas ner från www.sbuf.se, projektnummer 11544 i projektregistret.

Internet:

www.LTU.se