

BETONG Miljökrav genomsyrar hela samhället. Betong ingår i allt byggande och det är därför viktigt att betongen miljöanpassas med hänsyn till växthus-effekten och med tanke på att naturgrus är en ändlig resurs.

Modern betongteknologi efter nya recept

Av BERTIL PERSSON, docent, Bara

BETONG BESTÅR I SIN enklaste form av cementlim (cement), stenmaterial (naturgrus eller krossat berg) och vatten. Om 30 år kommer ingen att kunna förstå hur en så värdefull, ändlig resurs som naturgrus kunde få användas till betong.

I Japan får naturgrus under inga omständigheter användas till betong. Här dammsögs till exempel Hiroshimas omgivning på grus i samband med rekonstruktionen efter stadens förstöring år 1945. Om inte ett betongprojekt kan genomföras utan naturgrus i Japan blir det inte av. Till exempel Nukui-dammen nära Hiroshima fick uppföras först efter det att allt betongmaterial togs från det närliggande berget under och mycket nära dammbygget.

Det är stort gemensamt ansvar att se till att denna utveckling når Sverige så snart som möjligt. Naturgrus är en ändlig resurs som är nödvändig som källa och för rening av dricksvatten för framtida generationer. I rullstensåsar tas och renas en mycket stor del av vårt dricksvatten –

människans viktigaste födoämne näst efter luft.

Naturgruset har tagit slut

I närheten av våra storstäder finns inget naturgrus kvar eftersom det till stor del har använts till asfalt- och betongtillverkning. Asfalt tillverkas numera av krossat berg, till exempel kvartsit, och uppfyller på så sätt kravet på resurssnålt byggande. Även långt från storstäderna, som i närheten av Vislanda, finns inget naturgrus att uppbringa eftersom detta har ”dammsugits” av de lokala betongtillverkarna.

Det går dock mycket bra att använda krossade material till betongtillverkning. Just i Vislanda har ett examensarbete vid Abetong visat att allt naturgrus på ett enkelt sätt kan bytas ut mot krossat urberg¹. Urberg finns i hela Sverige utom i sydvästra Skåne där dock såväl krossad kvartsit som krossad amfibolit sedan länge har använts till betong.

Användning av naturmaterial krossat i betong kräver att betongrecepten noga studeras före det att utbytet sker. Nya



FÖRFATTAREN

Bertil Persson docent i Byggnads-material. Tidigare LTH (17 år) och Skanska (19 år).

materialkurvor och de befintliga kornkurvorna matas in i ett nyligen framtaget datorprogram som sköter resten och levererar nya recept med krossat material². Betongfabriken får oftast kompletteras med ett par nya silobyggnader för att detta materialbyte ska bli möjligt – från en resurskrävande tillverkning till en miljövänlig.

Resultatet blir en betong med krossat

Fortsättning s. 34 ►



Oval pelare i självkompakterande betong med ideal partikelfördelning. Foto: Giovanni Terrasi, CH-Lenzburg

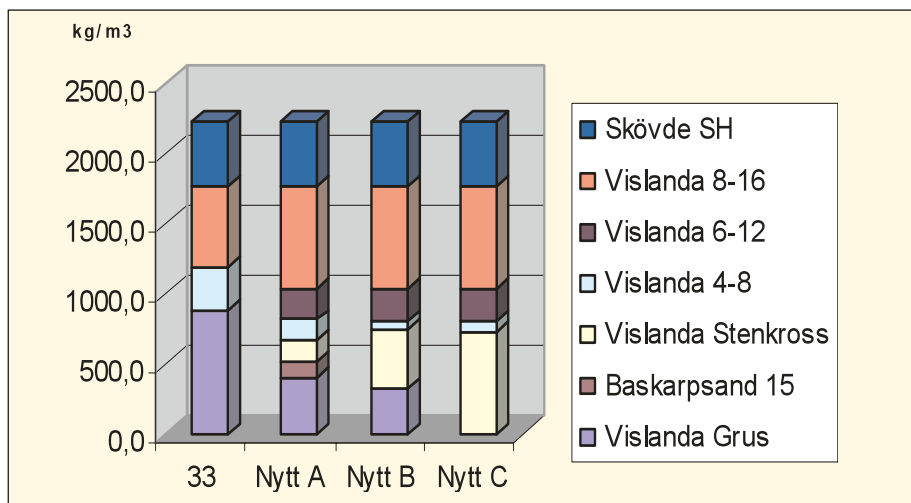


Fig 1. Successivt utbyte av naturgrus mot stenkross¹.

► material, en betong som inte mycket skiljer sig från en resurskrävande betong baserad på naturgrus. Betongen blir på så sätt ett mycket mera naturvänligt material med krossat berg än när den är baserad på en mycket begränsad naturresurs, vilken bör sparas till framtida generationer. Detta är vårt gemensamma ansvar.

Arbetsstillfällena sparas

För betongfabrikerna vid Vislanda hade rullstensgrus räckt till ytterligare cirka ett års produktion av betong. Sedan hade gruset varit slut, och därmed också betongproduktionen, om inget hade gjorts. Successivt byttes det naturliga materialet mot krossat berg, vilket medförde att betongen blev starkare och fick en bättre gjutbarhet¹, Fig 1.

Finmaterial från krossad ballast innehåller mycket mer partiklar i storleken < 0,05 mm än finmaterial från naturgrus. Ett byte från naturgrus till krossat mate-

rial gav därför ett stort tillskott av material i detta storleksområde där cementet annars dominerar¹. Alla optimerade recept hade likvärdigt eller mindre vattenbehov, detta trots att en del naturgrus ersattes med krossat material. Filler, det vill säga partiklar < 0,125 mm, "Baskarp 15" gav kronkurvan ett något bättre utseende men inga tydliga resultat på förbättrad betong. Inblandningen av stenkross gav inga märkbara negativa effekter på vattenbehovet. Försöken visade att allt naturgrus kunde ersättas med stenkross med mycket goda resultat.

Dock var fullskaleförsök i produktion önskvärda. Försök i liten skala med bara torra ballastmaterial skulle också kunna göras för att få större noggrannhet på vattenbehovet¹.

Bytet från naturgrus till stenkross var ett miljömål hos Abetong men gav också ekonomiska fördelar då stenkross är ett material med lägre kostnad än naturgrus.

En översyn av hållfasthetsmarginalerna visade också att det fanns utrymme för en minskad mängd cement i recepten vilket gav en mer ekonomisk betong. Dock bör då även krav för tidig hållfasthet beaktas. En samtidig inblandning av stenkross kan ge positiv effekt då finmaterialet liknar det hos cementen¹.

Datorprogram god hjälpreda

Teorin bakom ett nytt datorprogram för proportionering av betong bygger på att det finns en ideal fördelning av partikelstorlekar för varje betong. Rent konkret talar man om en "idealkurva". Vilken idealkurva som är aktuell beror på önskad tryckhållfasthet, maximal stenstorlek och kompakteringsmetod.

Betongens viktigaste egenskap är tryckhållfastheten. Betongens tryckhållfasthet bestäms till största del av förhållandet mellan vatten och cement – det så kallade vattencementtalet. Idealkurvorna har tagits fram genom omfattande tester och bygger alltså på empiri. En betong med korrekt proportionerade delmaterial har en resulterande siktkurva som ligger mycket nära idealkurvan. Genom programmet fastställs vilken idealkurva som ska gälla.

Programmet tar genom en mycket stor databank fram siktkurvor för alla ingående material – även cement. Därefter beräknas mängden (andelen) cement som ska ingå för att erhålla önskat vattencementtal. Slutligen proportionerar programmet resterande material på ett sådant sätt att den resulterande partikelfördelningen avviker så lite som möjligt från idealkurvan.

Användarvänliga och lättfattliga grafiska gränssnitt hämtar indata från användaren. Ett fullständigt betongrecept med krossad ballast framställs som också tar hänsyn till eventuell fukt i delmaterialen. En beräkning av materialkostnad och mängder för eventuella tillsatsmedel ingår, såsom andel flygaska, silikastoft och slagg.

Programmet är lättanvänt. Användaren behöver inte ha full förståelse för den bakomliggande teorin. Programmet ser till så att användaren inte gör några orimliga val². Optimerade recept medger ett förenklat utbyte av naturmaterial (grus) till krossat berg och därmed lägre kostnader och mindre miljöpåverkan. Optime-

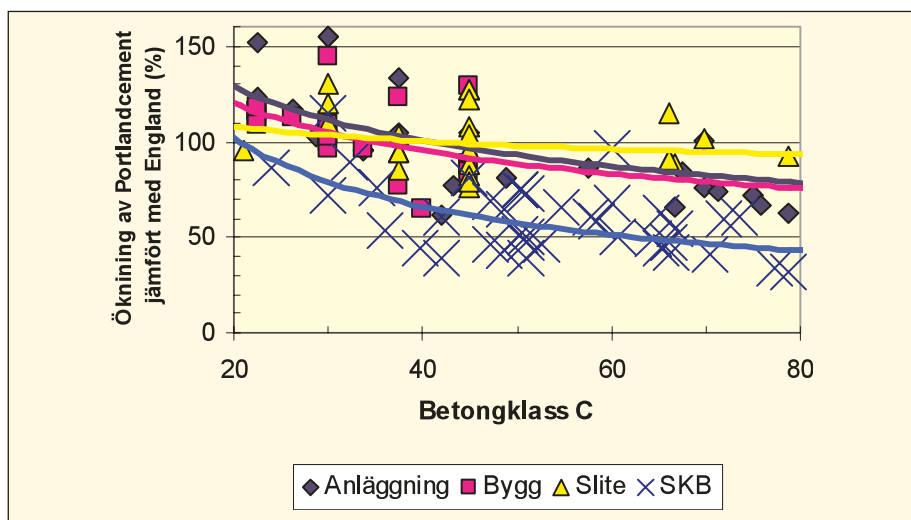


Fig 2. Ökning av Portlandcement i svenska betonger jämfört med engelska [3]. Anläggning = cementtyp. SKB= självkompakterande betong.

rade recept ger också en självkompakterande betong, som annars kan vara svår att proportionera med varierande siktkurvor hos ballasten.

Programmet erbjuder ett enkelt sätt att katalogisera recept efter en mängd olika parametrar. Siktkurvor administreras centralt och kan hämtas från en heltäckande databas via Internet. Programmet för även en historik över fuktdata för de ingående materialen.

Inverkar på växthuseffekt

Varje tillverkat kg Portlandcement genererar cirka 1 kg koldioxid. Stora ansträngningar har gjorts i cementfabrikerna på senare år, och görs fortfarande, till exempel i Slite, i syfte att elda med avfallsbränsle i stället för olja. Men detta är inte tillräckligt. Portlandcementet upplevs fortfarande som en stor miljöbov. Omkring sju procent av världens samlade industriella koldioxidsutsläpp kommer från tillverkningen av Portlandcement. Det är därför viktigt att byta ut så mycket

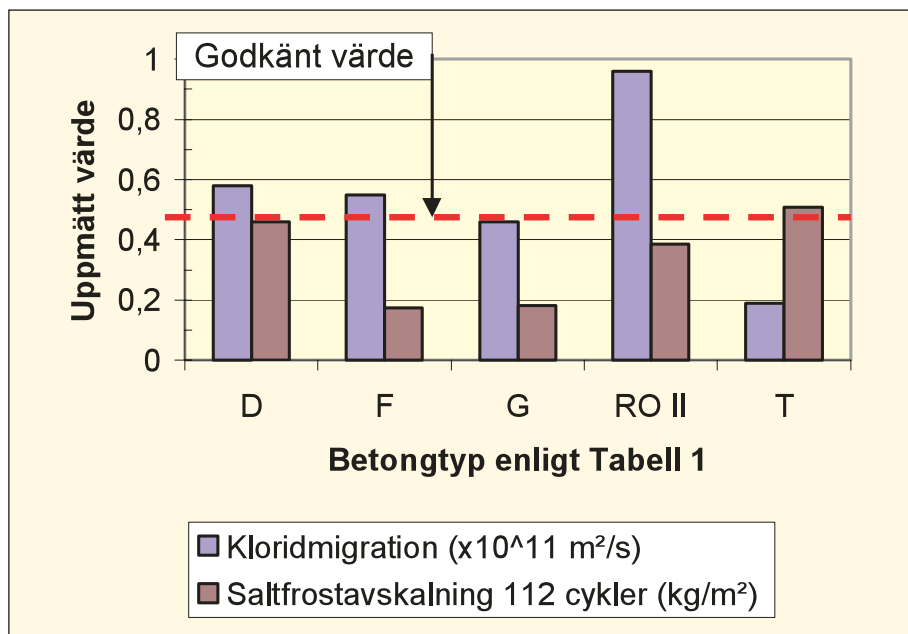


Fig 3. Klorinträngning och saltfrostavskalning i betonger avsedda för Fehmarn Bält⁴.

som möjligt av Portlandcementet mot restmaterial i syfte att minska miljöbelastningen och därmed göra betongen mer miljöanpassad. Annars kan cementets tidsålder vara ute med ett allt mer ökat träbyggsande som följd.

Goda alternativ finns till användning av enbart Portlandcement som bindemedel i betong. I Sverige används redan ett fillercement Bygg med cirka 14 procent kalkstensmjöl. Upp till cirka 70 procent

Fortsättning s. 36 ►



Kv Kättingen i Södertälje, ritad av Myrenbergs Arkitektkontor, är ett exempel på projektering, tillverkning och montage av byggnader som KC Betong AB utför. Vi arbetar med alla typer av byggnader som t ex bostäder, skolor och övriga typer av förvaltningsbyggnader, industrier, ställverk osv. Dessutom tillverkar vi egna produkter för miljövärd och markprodukter till tele- och IT-branschen. Välkommen med din förfrågan.

KC Betong AB Box 139, 641 22 Katrineholm. Tel 0150-34 99 00. Fax 0150-34 99 29. E-post info@kc-betong.se

KC BETONG

Tab 1. Betonger till Fehmarnbältförbindelsen (kg/m³, etc.)⁴.

Recept	D	F	G	RO II	T
Kross 8-16	496	494	580	876	495
Natur 0-8	699	728	800	727	714
Natur 0-2	505	465	220	149	521
Flygaska	89	55			
Glassfiller			60		
Cement Aalborg (CEMI)	375				
Cement Degerhamn (CEMI)		440	420	438	
Slag cement (CEMIII. 68 procent slagg)					470
Silikastoft Elkem (granulat)	35	18	21		
Luftporbildare (10 procent g/m ³)	0.498	0.501	0.500	0.482	0.498
Flytmedel (35 procent)	5.25		4.24	5.92	3.52
Vatten	191	172	162	171	183
Vattencementtal	0.38	0.38	0.37	0.39	0.39
Slump (flow) (mm)	690	725	720	150	737
Densitet	2247	2300	2306	2368	2281
Ballastandel (> 0.125. vol. procent)	0.64	0.64	0.60	0.66	0.65
Lufthalt (procent)	6.4	6.2	6.3	6.1	5.7
28-dygns hållfasthet (100 mm kub. MPa)	61	70	64	63	79
Kloridmigration (x1012 m ³ /s)	5.8	5.5	4.6	9.6	1.9
Saltfrostavskalning 112 cykler (kg/m ³)	0.461	0.174	0.182	0.387	0.509

D = dansk flygaskabetong; F = flygaskabetong; G = glassfillerbetong; RO II = referensbetong; T = tysk slaggbetong

► av Portlandcementet kan dock bytas ut mot slagg som finns att tillgå över hela Europa. Upp till hälften av Portlandcementet går att byta mot flygaska som i Danmark, som också är tillgängligt internationellt – dock inte i Sverige eftersom mycket lite stenkol används för energiproduktion här.

I Norge har det redan införts ett miljö-cement där en stor del av Portlandcementet ersatts med slagg. I England är det gängse att byta ut hälften av Portlandcementet mot slagg, Fig 2³. Genom att hälften av Portlandcementet bytts ut mot slagg i England blir också behovet av Portlandcementet mycket lägre där jämfört med i Sverige. För normala betonger används dubbelt så mycket Portlandcement i Sverige jämfört med i England, vilket är ett veritabelt cementslöseri som kan ha en inverkan på växthuseffekten.

För självkompakterande betong är Portlandcementökningen dock "bara" cirka 60 procent jämfört med England vid konstant hållfasthet till följd av att självkompakterande betong innehåller en stor del filler. Restmaterial eller filler kan således också ersätta en stor del av Portlandcementet åtminstone för husbyggnad där beständighetskraven inte är så stora.

I Tyskland används ofta cement med upp till cirka 70 procent slagg just för att klara av beständighetskrav för kloridinträngning bättre än vad ett Portlandcement gör.

Slaggbetong till Fehmarn Bält

I ett examensarbete i samarbete med Skanska studerades ett antal betonger avsedda för betonger till Fehmarnbältförbindelsen⁴. Kraven var mycket stora beträffande beständighet i synnerhet mot kloridinträngning. Om klorider från havsvatten eller tölsaltning når betongens armering börjar stålet att rosta och betongens ytskikt spjälkas så småningom av.

Detta skedde till exempel på Ölandsbron, då den bara var ett tiotal år gammal. Kostnaden för reparation av Ölandsbron blev flera gånger högre än kostnaden för den ursprungliga Skanskaentreprenaden. Bland andra cement i examensarbetet användes slaggcement där 68 procent av cementet utgjordes av slagg och 32 procent av Portlandcement som aktivator, Tab 1⁴.

Alla betonger erhöll godkända värden på saltfrostavskalning främst till följd av att tillräckligt hög lufthalt i betongen, cirka 6 procent, Fig 3. Däremot översteg kloridinträngningen i referensbetongen

(= traditionell svensk anläggningsbetong) vida godtagbara värden, cirka 5 gånger så stor kloridinträngning i referensbetongen som för slaggbetongen. Det berodde främst på att slaggen i den tyska betongen band mycket mer klorider än vad referensbetongen gjorde.

Slaggbetong till Fehmarnbältförbindelsen kan dessutom komma att minska belastning av koldioxid på atmosfären med cirka 68 procent jämfört med referensbetongen med 100 procent Portlandcement som bindemedel. Om referensbetongen skulle uppfylla rimliga krav på kloridinträngning borde cirka 4 procent av Portlandcementet bytas ut mot restmaterial av silikastoft som för betongerna F och G, Tab 1, Fig 3. Med denna enkla åtgärd halverades kloridinträngningen jämfört med referensbetongens.

Detta har redan skett såväl vid Öresundsförbindelsen som vid Citytunneln i Malmö vid vilka för övrigt Portlandcementförbrukningen är cirka 70 kg/m³ mindre än för traditionella svenska anläggningsbetonger. Resterande restmaterial kan lika väl bestå av flygaska som glassfiller eftersom kloridinträngning förefaller vara lika för dessa bägge betongtyper, Fig 3⁴. □

Referenser

- ¹ Oscar Henriksson. Optimal partikelfördelning för förbättrad reologi hos betong med krossballast. Examensarbete. TVBM-5060. LTH Byggnadsmaterial. Lund. 2005. 35 sid.
- ² Mikael Järleberg. Datorbaserad proportionering av delmaterial i betong enligt teorin om ideal partikelfördelning. Examensarbete. Samhälle, ekonomi och teknik. Halmstad högskola. Halmstad. 2006.
- ³ Christer Isgren. Betongrecept. Byrne Brothers. London. 2006.
- ⁴ Dimitrios Boubitsas and Katarina Paulou. Självkompakterande betong för havsmiljö. Examensarbete. TVBM-5048. LTH Byggnadsmaterial. Lund. 2000. 55 sid.