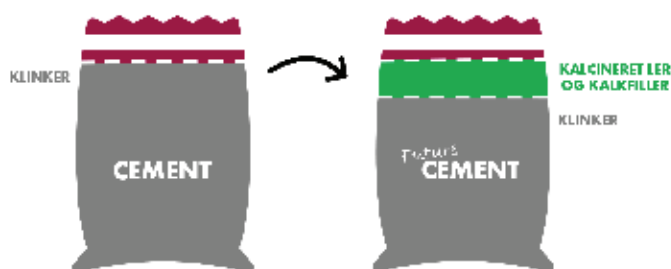


BETON MED FUTURECEM

- EGENSKABER OG FORELØBIGE ERFARINGER

INDLEDNING

Aalborg Portland lancerede i december 2020 en ny miljøvenlig cement under navnet FutureCEM. Denne cement er baseret på en ny patenteret teknologi, som muliggør en reduktion i cementens CO₂-aftryk på 30% sammenlignet med RAPID cement. Den gavnlige effekt opnås ved erstatning af cementklinker med to komponenter, som tilsammen opnår en synergieffekt. Denne synergieffekt resulterer i en 28 døgns styrke på niveau med RAPID cement med et enkelte par MPa til forskel, trods erstatningen af de styrkegivende cementklinker. De to komponenter, som indgår i synergieffekten, er kalkfiller og brændt ler - også kaldet kalcineret ler. Disse komponenter gør FutureCEM til noget helt unikt.



FYSISKE CEMENTEGENSKABER

Udover at komponenterne i FutureCEM resulterer i et reduceret CO₂-aftryk af cementen og en 28 døgns styrke på niveau med RAPID, så har komponenterne også en indflydelse på andre fysiske cementegenskaber.

Indholdet af kalcineret ler og kalkfiller giver anledning til en markant stigning i finheden af cementen, som derved medfører et øget vandbehov. Normalt vil en øget finhed af en cement resultere i en øget 1 døgns styrke, men da FutureCEM teknologien bygger på at reducere cementklinkerandelen, vil man opleve en lavere 1 døgns styrke, fordi den styrkegivende synergieffekt endnu ikke har nået sit fulde potentiale ved de tidlige terminer.

Af samme årsag har FutureCEM også en reduceret varmeudvikling sammenlignet med RAPID cement, da varmeudvikling opstår, når cementklinkerne reagerer med vand. Et reduceret cementklinkerindhold leder derfor til en reduceret varmeudvikling.

Trods en reduceret varmeudvikling er dette ikke ensbetydende med en ændring i afbindingstiden, som for FutureCEM er sammenlignelig med RAPID cement.

FutureCEM er derfor alt i alt en cement som er sammenlignelig med f.eks. RAPID cement på mange parametre, til trods for at cementen har en ny og unik sammensætning.

Som kunde hos Aalborg Portland kan man på vores hjemmeside under "Extranet" finde et produktdatablad for

FutureCEM, hvoraf alle relevante fysiske og kemiske data for cementen fremgår.

HOLDBARHED AF BETON MED FUTURECEM

For at en cement kan anvendes til betonproduktion i Danmark skal den udover at være CE-mærket iht. EN 197-1 yderligere være godkendt til anvendelse i beton iht. den danske betonstandard DS/EN 206 DK NA. FutureCEM er en såkaldt portlandkompositcement og har betegnelsen CEM II/B-M (Q-LL) 52,5 N og er således netop blevet inkluderet som en ny cementtype til de fleste eksponeringsklasser iht. den seneste udgave af DS/EN 206 DK NA, som udkom 22. december 2020.

Forud for accept af cementtypen har FutureCEM gennemgået et omfattende testprogram foretaget af Teknologisk Institut, som en uvildig tredjepart. Testprogrammet omfatter beton til miljøpåvirkning M, A og E og er sammensat jf. konceptet for ækvivalente betonegenskaber iht. DS/EN 206 DK NA, hvor kandidatbetoner med FutureCEM er testet og holdt op imod referencebetoner med velkendte cementer og recepter. Det fulde testprogram ses i tabel 1.

Resultaterne af de gennemførte tests, samt dokumentation fra flere forskellige fuldskalaeksponeringer ledte i slutningen af 2020 til en godkendelse af denne cementtype, som nu er at finde i den nye reviderede udgave af DS/EN 206 DK NA:2020 i følgende fire mulige sammensætninger:

CEM II/A-M (Q-L)

CEM II/A-M (Q-LL)

CEM II/B-M (Q-L)

CEM II/B-M (Q-LL)

FUTURECEM

Egenskab	Metode	Terminer
Konsistens	EN 12350-2	5, 30, 60, 90 min
Densitet	EN 12350-6	5, 30, 60, 90 min
Luftindhold	EN 12350-7	5, 30, 60, 90 min
Varmeudvikling	DS 423.37	-
Svind	EN 12390-16	7-90 døgn, 7 terminer
Krybning	ASTM C512	14-180 døgn
Trykstyrke	EN 12390-3	1, 2, 7, 28, 56, 180 døgn
E-modul	EN 12390-13	7, 28, 56, 180 døgn
Karbonatisering	EN 13295	-
Karbonatisering	EN 12390-10	3, 6, 12 måneder
Luftporestruktur	EN 480-11	-
Frostbestandighed	CEN/TS 12390-9	-
Kloridmigration	NT Build 492	28, 56, 90, 180 døgn
Alkalikiselreaktivitet	TI-B 51	14, 28, 42, 56 døgn

Tabel 1. Testprogram for betoner med FutureCEM.

Cementtypen tillades brugt uden særskilt dokumentation i alle eksponeringsklasser med undtagelse af XS2, XS3 og XA3. FutureCEM kan derfor allerede i dag anvendes til et bredt udvalg af betonkonstruktioner i forskellige miljøpåvirkninger, trods at cementen er baseret på en ny og unik teknologi.

Idet FutureCEM indeholder puzzolanet kalcineret ler, vil cementen naturligt have et højt indhold af alkali. På lige fod med andre puzzolaner som f.eks. flyveaske har kalcineret ler dog en gunstig indvirkning på dannelsen af skadelige alkalikiselreaktioner i beton, og som for flyveaske tilsat i beton skal den del af alkaliindholdet, som stammer fra det kalcinerede ler, ikke medregnes i betonens alkaliregnskab. I henhold til den nye revision af DS/INF 135 skal derfor kun alkaliindholdet i andelen af cementklinker, kalkfiller og gips deklarerer for portlandkompositcementer, og alkaliindholdet i de tilsatte puzzolaner såsom kalcineret ler er således trukket ud. Deklaration af alkaliindholdet i FutureCEM iht. den reviderede DS/INF 135 pågår og forventes klar ultimo marts.

Hos Aalborg Portland arbejder vi fortsat på at kunne udbrede cementen til at kunne omfatte brug i endnu flere eksponeringsklasser og betonsammensætninger. I dette arbejde vil der foretages undersøgelser af beton med FutureCEM i kombination med mikrosilica, samt beton udsat for et signifikant sulfatholdigt miljø, som ikke har været en del af testprogrammet i første ombæring. Dette er således også baggrunden for dels den førnævnte begrænsning mht. anvendelse i alle eksponeringsklasser, og dels at FutureCEM på nuværende tidspunkt ikke tillades anvendt sammen med mikrosilica i beton.

Derudover vil yderligere undersøgelser af effekten af flyveaske på frostbestandigheden af beton med FutureCEM foretages. Brugen af flyveaske med FutureCEM i eksponeringsklasserne XF2 og XF4 er iht. den seneste revision af DS/EN 206 DK NA begrænset til et flyveaske/cementforhold på 0,10. Ligeledes er dokumentation af frostbestandigheden i hærdnet beton, for de eksponeringsklasser hvor der er krav om dette, begrænset til udelukkende at foretages ved en frost-tø test ved metoden iht. SS 137244.

FRISKE OG HÆRDNEDE EGENSKABER AF BETON MED FUTURECEM

Sideløbende med det omfattende testprogram af beton med FutureCEM foretaget på Teknologisk Institut er der lavet tests af betoner med FutureCEM i fuldskala færdigbetonproduktion. Disse fuldskalatests har haft til formål at undersøge dels cementforbrug for opnåelse af sammenlignelig betonstyrke og dels friske egenskaber af betonerne. Der er testet et bredt udvalg af betoner i miljøpåvirkning P til A og i styrkeklasser fra de helt lave til de meget høje. Betonerne er holdt op imod tilsvarende betoner produceret med RAPID cement.

På Foto 1 ses en A35 SCC beton anvendt til en pladsstøbning på Aalborg Portlands fabriksareal.

De foreløbige erfaringer fra disse fuldskalatests viser, at der ved skift fra RAPID cement til FutureCEM i nogle beto-



Foto 1. Pladsstøbning på Aalborg Portlands fabriksareal med beton med FutureCEM.

ner er behov for 3-5% ekstra cement for opnåelse af en sammenlignelig 28 døgns styrke, mens der i andre betoner kan konverteres kilo til kilo.

Idet FutureCEM dels har en anden sammensætning og dels er en finere cement sammenlignet med RAPID cement, påvirker dette også betonernes bearbejdelighed. Fuldskala-testene viser således, at der er behov for at øge doseringen af plastificerende additiver i betoner med FutureCEM. I SCC betoner vil det være nødvendigt at øge doseringen af superplast med 50-80%, ved brug af de produkter, der er tilgængelige på det danske marked i dag. På trods af det høje doseringsniveau opnås betoner med en meget god robusthed imod separation. Vi tror dog på, at producenterne af additiver vil udvikle tilsætningsstoffer, der virker mere effektivt sammen med FutureCEM, så det ikke bliver nødvendigt med det forholdsvis høje doseringsniveau. I sætmålsbetoner har vi erfaret, at brugen af lignosulfonat – også kaldet Sort Plast – i en forholdsvis høj dosering har en gavnlig virkning på bearbejdeligheden over tid. Man skal dog være opmærksom på lignosulfonats retarderende virkning på beton i høje doseringer.

Mængden af luftindblandingsmiddel i betoner med FutureCEM er typisk på samme niveau, som i tilsvarende betoner med RAPID cement. Målinger på både frisk beton og hærdnet beton har vist, at der opnås en god luftporestruktur, og luftindholdet i betonen er stabilt over tid.

Idet FutureCEM indeholder kalcineret ler vil betonen opnå en varm brunlig nuance, hvilket ses på foto 2.

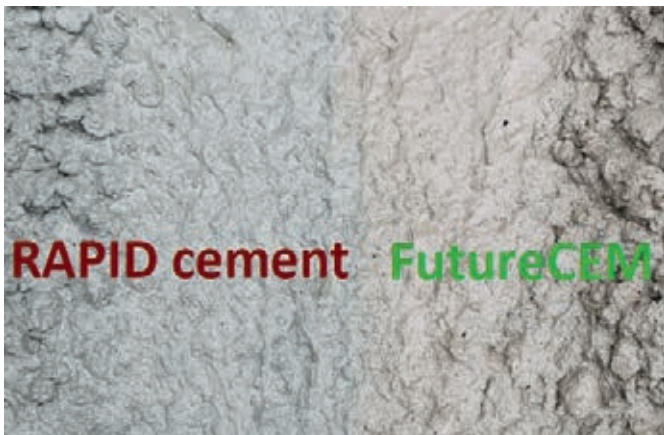


Foto 2. Farve af beton med RAPID cement kontra beton med FutureCEM.

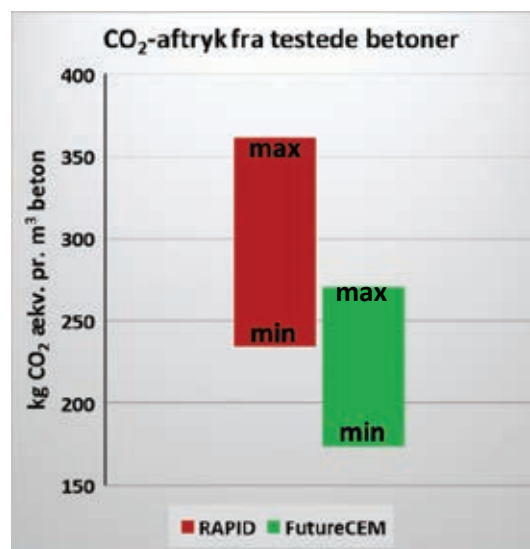
Ligesom det er tilfældet med hærdnet beton med grå cementer, så vil farven af hærdnet beton med FutureCEM også blive mørkere, når den udsættes for vand. For beton med FutureCEM vil den våde beton dog syne mere brunlig, for derefter at tørre op til en lysere grålig nuance.

MULIG CO₂ REDUKTION I BETONPRODUKTION MED FUTURECEM

Sammenlignet med RAPID cement har FutureCEM et CO₂-aftryk, som er 30% lavere. I beton, hvor de øvrige delmaterialer, produktion m.v. medtages i regnestykket af CO₂-aftrykket

i EPD'en, vil betonens CO₂-reduktion i dette tilfælde være lavere.

Der er på betonerne, som er testet i fuldskala, estimeret en CO₂-reduktion for hver enkelt beton. I Figur 1 er vist det estimerede CO₂-aftryk fra hhv. referencebetoner med RAPID cement og betoner med FutureCEM. CO₂-aftrykket fra referencebetonerne med RAPID cement varierer fra ca. 235 – 360 kg CO₂-ækv. pr. m³ beton, mens tallene fra de tilsvarende FutureCEM-beton er 175 – 270 kg CO₂-ækv. pr. m³ beton. For de aktuelle betoner har estimaterne vist, at en CO₂-reduktion i området 23-28% er muligt.



Figur 1. CO₂-aftryk fra testede betoner med FutureCEM og ref. betoner med RAPID cement

Der er alt i alt tale om en grundigt testet cement og med gode resultater. Nu skal vi i samarbejde med vores kunder i gang med at anvende den i betonverdenen, så vi i fællesskab kan høste endnu flere erfaringer med denne nye type cement. Dette samarbejde ser vi i Aalborg Portland meget frem til.