

13 Betonsygdomme

Kolding 3. februar 2015

v/ Christian Munch-Petersen

The logo for emcon, featuring the word "emcon" in a white, lowercase, sans-serif font on a black rectangular background. A red dot is positioned above the letter 'o'.

Dansk betons sundhedstilstand?

- Generelt god
- Ny beton udført efter DS 2426 holder
- Levetiden stigende
- Færre betonkonstruktioner dør unge
- Stadigvæk en del ældre konstruktioner med skader – fx AKR



13 betonsygdomme

Bogen bringer en status over, hvad man i dag ved om betonedbrydning.

Den kan bruges af projekterende, når der skal formuleres krav i betonbeskrivelser, af udførende, når godt betonarbejde er påkrævet, og af producerende og tilsynsførende, når kvaliteten af materiale og udførelse skal dokumenteres.

Bogen er desuden egnet som lærebog.

Publikationen er udsolgt.

Forfatter: Ervin Poulsen

I dag er 1985

13 betonsygdomme ifølge Ervin

- Alkalireaktioner
- Carbonatisering
- Chloridindtrængning
- Frost/tø-angreb
- Hærdevarme
- Instabilitet hos frisk beton
- Krybning
- Nitratangreb
- Organisk nedbrydning
- Rustdannelse
- Sulfatangreb
- Svind
- Syreangreb



Er alle 13 sygdomme?

Nye sygdomme?

- DEF = Delayed Ettringit Formation
- TSA = Thaumasitdannelse
- DEF: Optræder ved varmemærket beton. Ettringit dannes sent og sprænger betonen. Ofte forbundet med AKR
- TSA: Kræver sulfat og kalk (fx kalkfiller). Størst risiko ved lav temperatur (4-10 °C)

Nye livsstils sygdomme?

- EU- tilpasning
- Grøn Beton
- Ideerne bag BBB (nu DS 2426) er truet af ønsket om europæisk ensretning
- Grøn beton er miljøvenligt, CO₂ - besparende – og så sparer det penge!
- Men hvordan undgår man at det bliver en grøn, **syg** løsning



Ingeniøren

Fredag den 11. februar 1983

Fortiden indhenter betondæk i Brøndby

20.000 tons betondæk skal fjernes og resten renoveres for ialt ca. 100 millioner

Storstilet indsats skal give betonen en fremtid

Et udvalg under ATV har nu indledt enorstilet indsats for at give betonen en fremtid - både den beton, som er skadet i dag og i bredere forstand. Betonholdbarhedsudvalget udsender om kort tid to pjecer, der er et forsøg på gennem en her-og-nu indsats at give løsninger på de mest påtrængende problemer. På længere sigt vil udvalget bl.a. prøve at bibringe bygherrerne forståelse for vedligeholdelse af bygværkerne, siger dets formand **Gunnar P. Rosendahl**. Betragter man omkostningerne over hele levetiden bør man ikke altid vælge den billigste



anlægspris. Desuden ønsker udvalget bl.a. gennemført en egentlig håndværksuddannelse på betonområdet, ligesom de øvrige tekniske uddannelser ønskes forbedret.

side 4

geniøren

Fredag den 7. marts 1986 - 12. årgang - nr. 10. Sektion 1

Betondøden skal have en årsag

Men betingelserne for beskyttelse af armering mod chlorid er kun delvis kendte

Der er nu så meget oplysende og forvolygende arbejde omkring de almindeligt kendte betonygdomme, at nye diagnoser stadigt hyppigere ses på betonbygværkernes dødsattester. Særligt fra USA er der i de senere år indløbet meldinger om rusten armering, som fortrænges af indtrængning af chlorid.

Problemet blev belyst ved et møde i Dansk Betonforening fornyligt, hvor dr. Chris L. Page fra Aston University i England trak linjerne op som offenera hovedtaler. Armerin-

gen rustner inde i betonen, fordi chloriderne nedbryder det rustbeskyttende lag, som jern får ved indstøbning i sund beton. Korrosion af armering er ellers den vigtigste betonskade, globalt set.

Indviklet problem

Hvad kan der så gøres ved det? Chris Page kunne ikke give det endegyldige svar.

Det gælder selvfølgelig om at gøre betonen så tæt som muligt, hvorved indtrængningen af chlorider forhindres. Betonen kan også tilsættes

flyveaske, der binder den indtrængende chlorid til sig. Desuden tyder de fleste resultater på, at cement med et højt indhold af det cementmineral, der i cementjargon hedder C3A, standser chloriderne.

Dermed er banen kridtet op til praktikerens nødvendige kompromisser. Et højt C3A indhold hjælper på chloriderne, men gør til gengæld betonen nedbrydelig for sulfater. Et højt flyveaskeindhold hjælper på chloriderne, men gør betonen mere følsom overfor udterring og giver

desuden langsommere styrkeudvikling.

Tærskelværdien?

For yderligere at gøre det svært for praktikerer er det kritiske chloridindhold i betonen ikke kendt. **Carolyn Hansson** fra Korrosionscentralen udtrykte det med ordene: "Hver situation sin tærskelværdi". Korrosionscentralen arbejder nu med problemet i hele fire forskningsprojekter, så der er måske lys forude.

Konklusionen af mødet må være, at hvis en betonkonstruktion udsættes for chlorider, gælder det om at holde vand-cementforholdet lavt, det vil sige omkring 0,4. Kan man betonteologisk leve med at tilføje 20 pct. flyveaske, er det også godt.

Det vigtigste er dog naturligvis, at udførte konstruktioner således, at beton og chlorid så vidt muligt holdes adskilt.

herren overvejer flere muligheder for genanvendelse, som for eksempel kællebakker, støjvælde, bølgebrydere eller til opfyldning i Svanemøllemen.

Den resterende del af bedækket pakkes ind efter de brokunstens regler. På pper tværbroer og centerangbroer er denne løsning idertid ikke hensigtsmæssig, så der er her regnet med egentlig overdækning i form af trækonstruktioner så krydsfinértag og tagpaplægninger. Betonen flyttes al sige indenders.

iljøhensyn

Der vil ved arbejdets gennemførelse blive lagt stor vægt på valg af udførelsesmetoder, der er miljøvenlige set i beboernes synspunkt. Det vil sige, det gælder om at fjerne støv, støj, lugt og vibrationer.

Det vil blandt andet ske ved, at entreprenøren inden idetterskrivelsen af kontrakten skal oplyse om udførelsesmetoder og miljøforanstaltninger - og Arbejdstilsynet skal acceptere disse forhold.

cmj

Grønne betoner?

Hvordan kan man fremstille mere grønne betoner?

De mest åbenbare muligheder er:

- Reducer klinker indholdet = Brug en blandet cement
- Erstat noget af cementen med en tilsætning
- Optimer betonsammensætningen



Tilsætninger fx:

Type II tilsætninger (puzzolaner):

- Flyveaske
- Mikrosilica
- Slagge (GGBS = Ground granulated blast furnace slag)
- Bio aske (kun i passiv miljøklasse)

Desuden:

- Kalkfiller brugt som tilsætning (ikke et puzzolan)

9

Hvordan indregnes tilsætninger

EN 206 og den danske NAD¹⁾ tillader 3 metoder:

- k-værdier
- Konceptet for ækvivalente betonegenskaber
Equivalent concrete performance concepts (ECPC)
- Konceptet for ækvivalente egenskaber for kombinationer
Equivalent performance of combinations concept (EPCC)

Note 1) Den danske NAD er under udarbejdelse. Dette indlæg beskriver de foreløbige forhold.

K-værdier

Tilsætninger af Type II kan indregnes i vand/cement forholdet med en k-værdi således:

$$\frac{\text{water}}{\text{cement} + k \cdot \text{addition}}$$

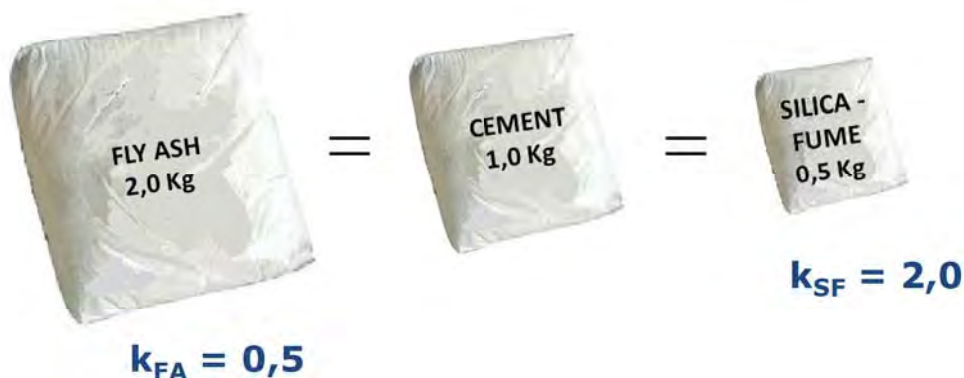
Når k-værdier skal bestemmes, skal der udføres en større forsøgsserie, erfaringer skal indsamles, og et udvalg skal blive enige!

K-værdien vil ofte være på den sikre side, da den skal dække "alle mulige" blandingsforhold og cementer!

11

K-værdier

K-værdien udtrykker i praksis, hvor mange kilo cement 1 kilo af den pågældende tilsætning kan erstatte.



12

Konceptet for ækvivalente betonegenskaber

Konceptet for ækvivalente betonegenskaber er afprøvning og dokumentation af en specifik betonrecept med navngivne delmaterialer.

Årsager til at vælge dette koncept:

1. k-værdi findes ikke for denne tilsætning
2. Den normale k-værdi er for "lav"
3. Tilsætningen ønskes anvendt i en anden og højere miljøklasse

13

Konceptet for ækvivalente betonegenskaber

Reference beton:

Cementen:

- Skal (selvfølgelig) opfylde kravene i DS/EN 197-1
- Skal være tilladt i de aktuelle miljøklasser

OG

- **Skal være tilladt på det pågældende brugssted** (hvilket I DK giver nogle begrænsninger)

14

Konceptet for ækvivalente betonegenskaber

Den afprøvede beton:

Cementen:

- Skal opfylde kravene i DS/EN 197-1
- Skal være en CEM I

Tilsætningen:

- Skal være en TYPE I eller II tilsætning (puzzolan)
- Fx kalkfiller
- Men også fx flyveaske

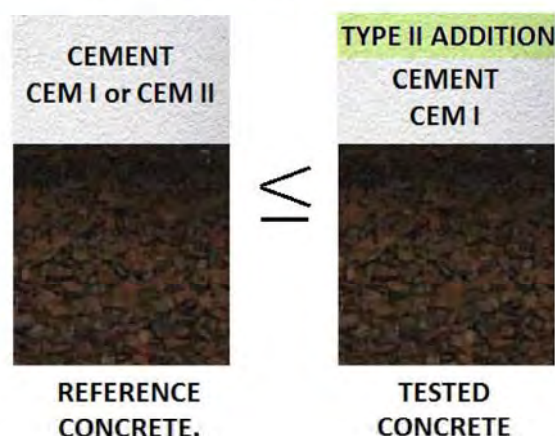
15

Konceptet for ækvivalente egenskaber for kombinationer

Undersøgelsen omfatter:

For en specifik cement blandet med en specifik tilsætning skal det eftervises at:

Holdbarheden (målt i forhold til de aktuelle miljøklasser) af den testede beton er mindst lige så god som reference betonen.



16

Konceptet for ækvivalente betonegenskaber

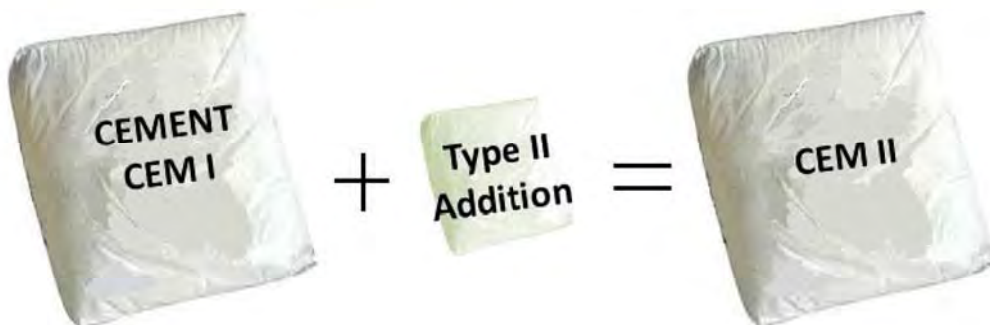
Hollandsk metode:

Obligatorisk prøvning	Prøvning – afhængigt af miljøklassen
E-modul	Modstand mod carbonatisering
Udtørningsvind	Modstand mod chlorid indtrængning
	Frostbestandighed med eller uden tørsaltspåvirkning
	Modstand mod sulfate nedbrydning
	Styrkeudvikling , ved 7, 14, 28 og 56 døgn

17

Konceptet for ækvivalente egenskaber for kombinationer

Konceptet for ækvivalente egenskaber for kombinationer anvendes, hvis man ønsker at "blande sin egen cement", der svarer til en CEM II - cement:



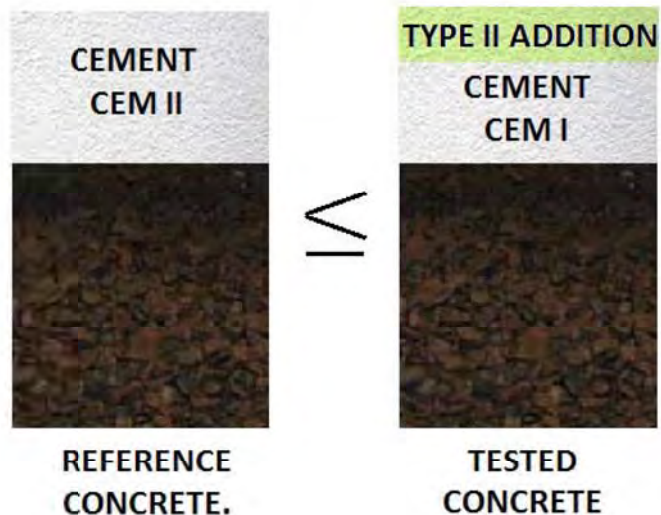
Bemærk: Det drejer sig om at teste en konkret recept

18

Konceptet for ækvivalente egenskaber for kombinationer

Det skal vises, at betonen med den "hjemmelavede cementblanding" har **tilsvarende holdbarhedsegenskaber som reference betonen med den anvendte CEM II -cement**

*De samme prøvninger
Som for "Konceptet
for ækvivalente
betonegenskaber"*



19

Hvad kan så disse nye koncepter medføre af nye sygdomme?

- Hvis helt nye tilsætninger anvendes: noget helt nyt
- En reduktion af klinker betyder mindre Ca(OH)_2 , hvilket kan betyde:
- Lavere tærskelværdier for chloridinitieret korrosion (og dette undersøges ikke!!)
- Større carbonatisering (dette undersøges)
- TSA ?

20

Konklusion

- Lige nu har vi styr på det!
- **Nye standarder giver nye muligheder**
- Nye muligheder kan give nye fejl
- **Nye muligheder kan give snyd**
- Nye muligheder kan få få gamle sygdomme (som carbonatisering) til at komme igen
- **Der skal nok blive noget at reparere fremover**