

Er du klar til uddannelse og læring om reparation og beskyttelse af betonkonstruktioner?

Jens Mejer Frederiksen, Associate Project Director,
Leading Specialist Concrete, COWI

Uddannelse inden for betonrenovering p.t.:

- > Hidtil har DKBI udbudt forskellige kurser, f.eks. P604, P608, P611 og P612 - **kurserne udbydes p.t. ikke**
- > Kursusudvalget i DKBI bad i juni 2018 COWI om at modernisere kursusudbuddet - **Danrep startede samtidig – dvs. i juni 2018**
- > Kursusudvikling foregår p.t. i Danrep – **Det fortalte Gitte Munch-Petersen om sidste år her på Betonreparationsdagen.**



Lige nu er der ingenting!



Så hvad gør vi fremover?

Indhold

- > Formelle krav i EN 1504-9
- > Danreps første og snart gennemførte projekt
- > Implementering via tillæg til EN 1504-9?
- > www.Betonhåndbogen.dk's kapitler om reparation og overfladebeskyttelse
- > Oversigt over indhold til nærmere studier
- > Eksempler fra praksis

Der *er* vejledning i EN 1504-serien

EN 1504-9: Forundersøgelse og rapportering

Én altdominerende forudsætning for EN 1504 er:

- > En betonkonstruktion kan kun repareres og/eller beskyttes, hvis årsagen til skaden er kendt og kan fjernes ved at udføre reparationen og/eller beskyttelsen*

EN 1504-9 forudsætter kompetencer

10 Personalets kompetence

I denne europæiske standard forudsættes det, at personalet har de nødvendige kompetencer og det rette udstyr og ressourcer til, at arbejdet kan projekteres, specificeres og udføres i overensstemmelse med den relevante del af EN 1504 samt kravene i projektspecifikationen.

A.10 Personalets kompetence

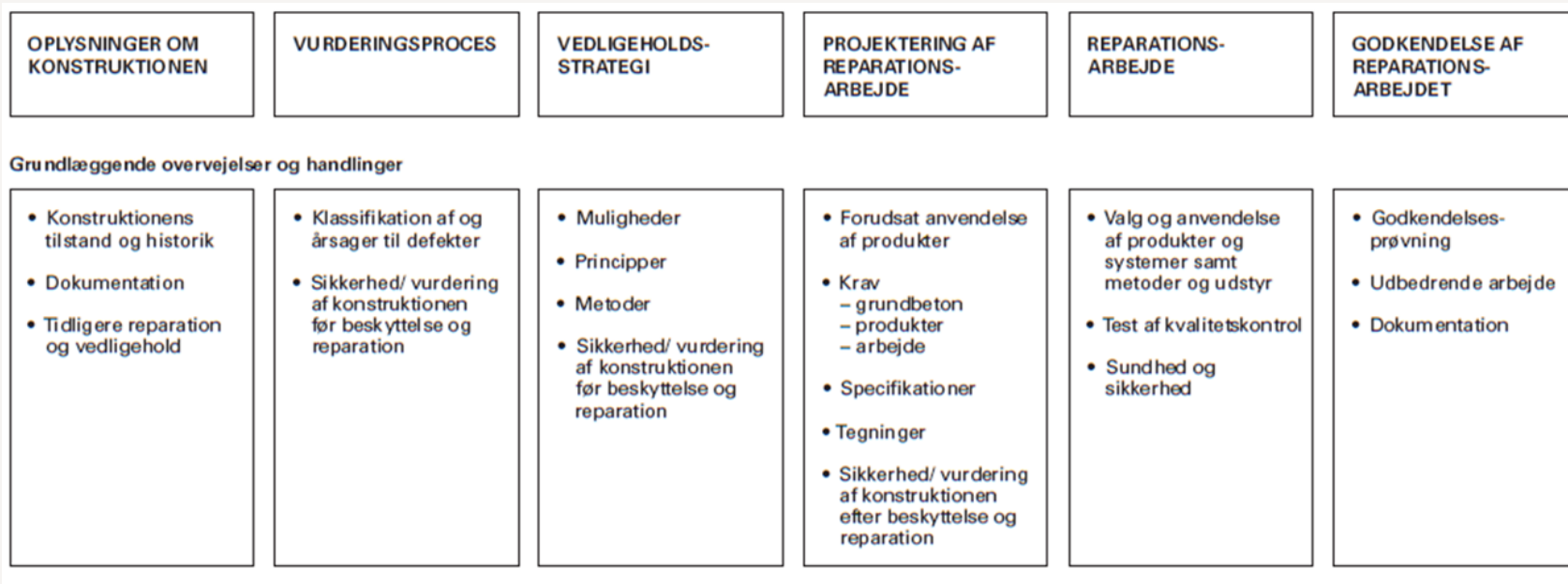
Det benyttede personale bør være bekendt med beskyttelse og reparation af betonarbejder og være kompetent inden for området. Dette krav gælder for alle personer, der er involveret i reparationsprocessen, herunder dem, der udformer reparationsplanerne, entreprenøren og tilsynet.

Entreprenøren bør anvende et kvalitetssystem, som sikrer, at de specificerede kvalitetskrav opfyldes, og at den rigtige reparationsmetode anvendes.

Der bør planlægges en godkendelseskontrol.

Alle dokumenter vedrørende reparationsarbejdet bør opbevares i et egnet projektledelsessystem.

EN 1504-9 definerer faserne i et typisk reparationsprojekt i Figur A.1:



Eksempel på detaljeringsgraden i EN 1504-9

Oplysninger om konstruktionen, pkt. 4 i EN 1504-9

Vurderingsproces, pkt. 4 i EN 1504-9

- Man skal kende konstruktionens virkemåde
- Sikkerhed mod svigt før og under reparationsarbejdet
- Evt. behov for lokale reparationer og midlertidige aflastninger

Vurdere defekter, deres årsager og udviklingen

- Synlig tilstand
- Betons og armerings tilstand – se rutediagram i EN 1504-9
- Oprindeligt designprincip
- Miljø og forurenende påvirkninger (fx PCB og bly)
- Historikken – også for miljøpåvirkninger
- Anvendelsesforhold
- Krav til fremtidig anvendelse
- Krav om vurdering af skadesudvikling og restlevetid
- Krav om aktualitet af tilstandsvurdering

“Quick guide” til EN 1504-9:

- > Tilstandsundersøgelse af konstruktionen → Hvad er problemet?
- > Årsagen/årsagerne til skaden skal identificeres → Vær sikker på årsagen
- > Mulighederne for beskyttelse og reparation → Overvej hvilke løsninger der er
- > Valg af beskyttelses- og reparationsprincip/-principper → Hvis beskyttelse/reparation vælges (og ikke udskiftning) – så vælg princip efter EN 1504-9 – der er 11 principper
- > Valg af metode(r) ud fra typen af skade → Der er 43 reparationsmetoder, men ofte er kun få af disse relevante
- > Reparationsmetoderne skal svare til den fremtidige eksponering af konstruktionen → Reparationen skal være holdbar
- > Reparationsmetoderne skal helst kunne gennemføres ved brug af produkter og systemer, der er i overensstemmelse med EN 1504-2 til 1504-7 → Produkter skal om muligt være CE-mærket iht. EN 1504-serien



Men hvor langt er vi nu?

Danrep


Dansk reparationsnetværk

Formål:

- > At samle branchen og give denne mulighed for at udveksle erfaring og viden inden for betonreparationer, for herigennem at udvikle betonreparationsteknikker i Danmark.

Deltagere:

- > Bygherrer, Entreprenører, Uddannelsesinstitutioner (AMU, BTH, DTU), Materialeleverandører, Betonlaboratorier, Rådgivere



Danrep har vedtaget at
uddannelsesmuligheder
skal have første prioritet

Uddannelse inden for betonrenovering - kommende:

> **Danrep står bag tre vigtige dokumenter:**

- > *Kravdokument* – Hvem skal vide hvad og på hvilket niveau?
- > *Kursusbeskrivelser* – Hvordan sikrer man, at fornøden kundskab er opnået?
- > *Kursusprogrammer* – Hvad skal der undervises og eksamineres i?

Uddannelse inden for betonrenovering – fokus på **ansvar, formidling, form og metode:**

- > **Første observation** > *Hvad så?*
- > **Eftersyn** > *Hvad og hvordan undersøger man?*
- > **Beslutning** > *Hvordan finder man skadesårsagen?*
- > **Projektering** > *Hvordan får man arbejdet prissat?*
- > **Udførelse** > *Hvordan får man det ønskede resultat?*
- > **Aflevering** > *Blev arbejdet udført tilfredsstillende?*

Kravdokumentets indhold

Danrep – krav til kompetencer

Danrep Dansk reparationsnetværk

KRAV TIL KOMPETENCER

KRAV TIL KOMPETENCER I FORBINDELSE MED UDFØRELSE AF BETON REPARATIONSARBEJDER

Danrep – krav til kompetencer

INDHOLDSFORTEGNELSE

1	Indledning	2
2	Anvendelsesområde.....	2
3	Referencer	2
4	Termer og definitioner	2
5	Formidlingsansvar	2
5.1	Projektgennemgang før kontrahering.....	2
5.2	Prøvebehandling	3
5.3	Tilsynets tilbagemelding om det udførte arbejde.....	3
5.4	Entreprenørens tilbagemelding om det udførte arbejde	3

Danrep – krav til kompetencer

5.1 PROJEKTGENNEMGANG FØR KONTRAHERING

Den første kommunikation af et projekt sker ofte alene skriftligt i form af et udbudsmateriale, hvor ikke alle detaljer er eller kan være fastlagt. I det korte tidsrum imellem entreprenørens afgivelse af sit tilbud og bygherrens accept af det foretrukne tilbud, kan der afholdes et møde, hvor bygherren og rådgiveren på den ene side får lejlighed til at fremlægge reparationsprojektet og at gennemgå de påtænkte arbejder mundtligt. Og hvor entreprenøren på den anden side fremlægger sine forslag til løsning af opgaven – herunder at præsentere de valgte reparationsprodukter. Der kan f.eks. indgås aftaler om mere hensigtsmæssige arbejdsmetoder, arbejdstider og produkter eller andet af relevans for arbejdet.

Formålet er at foretage en forventningsafstemning, før parterne er kontraktligt forpligtede.

Referatet af dette møde kan herefter indgå som et bilag til kontrakten.

Danrep – krav til kompetencer

6	Ansvarsområder	3
6.1	Bygherre	4
6.1.1	Årsag.....	4
6.1.2	Forventningsafstemning.....	4
6.1.3	Investering.....	4
6.1.4	Drift og vedligehold.....	4
6.1.5	Æstetik.....	4

Danrep – krav til kompetencer

6.1.5 ÆSTETIK

Hvis arbejderne må forventes eller det direkte ønskes at ændre på udseendet af bygværket, skal bygherren sørge for at inddrage æstetisk kompetente rådgivere – typisk er det en arkitekt – eller hvis det ikke sker, så at kræve, at udseendet ikke må ændres/påvirkes nævneværdigt af arbejdet.

Bliver nok udvidet til at omfatte bevaringsforhold

Danrep – krav til kompetencer

6.2	Rådgiver	4
6.2.1	Forundersøgelse.....	4
6.2.2	Projektering.....	5
6.2.3	Tilsyn	5
6.3	Entreprenør.....	5
6.3.1	Tilbudsansvarlig.....	5
6.3.2	Produktansvarlig..	5
6.3.3	Håndværker.....	6
6.4	Leverandør	6

Danrep – krav til kompetencer

6.3.2 PRODUKTANSVARLIG

Den produktansvarlige skal i samråd med formanden kunne udvælge det rette materiel og de rette håndværkere til arbejdet. Desuden skal han kunne instruere håndværkerne til at tilrettelægge og udføre arbejdet som beskrevet, herunder at opbevare og håndtere reparationsmaterialerne korrekt.

Den produktansvarlige skal deltage i prøvebehandlingen og skal kunne identificere hvilke af entreprenørens medarbejdergrupper/sjak, der er de rette til at udføre arbejdet eller hver af de indgående arbejdsoperationer.

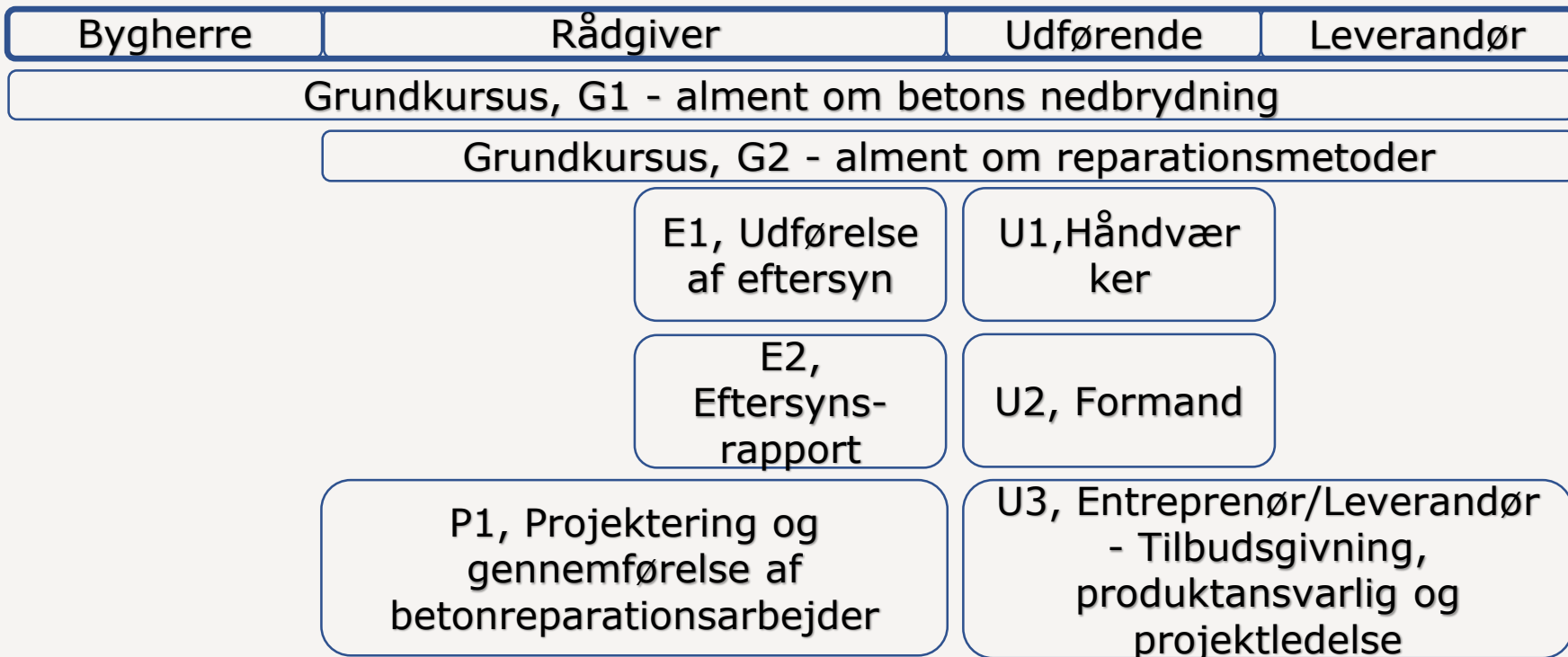
Den produktansvarlige skal kunne tilpasse udbudsmaterialets arbejdsbeskrivelse til de produkter som entreprenøren vælger at udføre arbejdet med således at udbudsmaterialets krav kan opfyldes

(klippekort/smiley/konsekvens)

Bliver ikke realiseret
i starten

Kursusindhold

Danrep – Kursusstruktur – 7 kurser



Danrep – kurser

Grundkurser for alle for at få fælles terminologi og grundlæggende forståelse

Udgave	Version 0.0_2019.06.20
Kurstitel	G1 – Alment grundlag for betonreparationer
Varighed	1 dag + eksamen (Der skal muligvis mere tid til)
Formål	Formålet med kurset er at give kursisterne en almen og fælles forståelse for nedbrydningsmekanismer i beton, samt de vigtigste forudsætninger for at prioritere, planlægge, udbyde, prissætte og udføre reparationer af betonkonstruktioner. (BT: Forståelse)
Kurstype	Alment grundkursus
Kursusindhold	<p>Grundlæggende introduktion til:</p> <p>Beton, tilslag, cement, v/c-forhold, styrke, tæthed, luftindhold (30 min)</p> <p>Primære og hyppige skadestyper i betonkonstruktioner (30 min)</p> <p>Eksempler på skader på betonkonstruktioner (broer, bygninger, facader, altaner, bassiner, belægninger, kældre, gulve, kajanlæg, tunneller) (60 min)</p> <p>Rustdannelse (15 min)</p> <p>Undersøgelsesmetoder (30 min)</p> <p>Reparationsprincipper 1504-serien (60 min)</p> <p>Gængse reparationsmetoder (traditionelle, elektrokemiske) (90 min)</p> <p>Eksempler på reparationsarbejder (45 min)</p>
Kursusform	Undervisningen vil være en kombination af præsentationer og (øvelser)
Eksamensform	<p>Kurset afsluttes med 1 times skriftlig eksamen (multiple choice).</p> <p>Godkendelseskriterie: 60 % korrekt besvarelse.</p>
Sprog	Dansk
Målgruppe	Kurset henvender sig til bygherrer, rådgivere, entreprenører (tilbudsansvarlige, kvalitetspersonale, arbejdsledere/formænd), der har ansvaret for eller deltager i udførelse af betonreparationsarbejder
Forudsætninger	Kendskab til betonarbejde
Litteratur	Kursusmateriale udleveres ved kursets begyndelse
Certifikat	Der udstedes kursusbevis for bestået eksamen

Danrep – kurser

Grundlæggende introduktion til:

Beton, tilslag, cement, v/c-forhold, styrke, tæthed, luftindhold (30 min)

Primære og hyppige skadestyper i betonkonstruktioner (30 min)

Eksempler på skader på betonkonstruktioner (broer, bygninger, facader, altaner, bassiner, belægnings, kældre, gulve, kajanlæg, tunneller) (60 min)

Rustdannelse (15 min)

Undersøgelsesmetoder (30 min)

Reparationsprincipper 1504-serien (60 min)

Gængse reparationsmetoder (traditionelle, elektrokemiske) (90 min)

Eksempler på reparationsarbejder (45 min)

Danrep – kurser Eftersyn 1 – udarbejdelse af registrerings- og eftersynsrapporter

Lektioner i følgende:

Konstruktionsforståelse (bjælker, plader, søjler, skiver, belægnings, simple understøtninger, indspænding, spændvidde, forspænding, forankring, overlappingsstød, SKT-bevægelser)

Miljøpåvirkninger

Skadestegn – geometri, revnebilleder, gennemsvivninger, afskalninger, korrosion.

Målemetoder – visuelle metoder, dækklag, styrke, sammenhængsstyrke, borekerner, makro- og mikroanalyser, kemiske analyser, EKP-måling samt omtale af øvrige NDT-metoder.

Fejlkilder – vejrforhold, eksponeringsforhold, delamineringer, mv.

Danrep – kurser Eftersyn 2 – Fra eftersynsrapport til tilstandsvurdering og reparationsforslag

Videregående gennemgang af:

Planlægning af eftersyn/undersøgelsesprogram

Vurdering og betydning af de gjorte observationer.

Deduktive og induktive principper/metoder til fastlæggelse af skadesårsager, skadesomfang og skadesforekomster (Udelukkelse og bekræftelse af skadesårsager).

Miljøpåvirkninger (eksponeringsklasser)

Vurdering af de aktuelle nedbrydningsmekanismer og deres betydning for konstruktionens fortsatte virkemåde og sikkerhed.

Vurdering af reparationsprincippers egnethed, sikkerhed og gennemførlighed under de aktuelle praktiske forhold.

Vurdering af reparationsmetoders egnethed til at afhjælpe den/de opståede skadesmekanisme(r) under de aktuelle praktiske forhold.

Grundlag for levetidsestimater og gennemførelse af levetidsestimering ud fra de gjorte observationer og de valgte metoder.

Økonomi – nuværdiberegninger - prioriteringer

Detaljerede kursusplaner

Emne	UV-form	Beskrivelse	Blooms Taxonomi	Læringsmål	Varighed inkl. eksamen timer
Introduktion	Forelæsning	Gennemgang af kursusforløbet og introduktion til kursets praksisforløb, litteratur og eksamensforhold	-	-	0,5
Udfaldskrav	Forelæsning	Specifikation, krav og kontrol af overflader, vedhæftning og styrke iht AAB og BIPS A24	Forståelse	Forståelse af den projekterendes specifikationer iht. reparationen	0,5
Valg af materialer	Forelæsning	Materialer til reparation og overfladebeskyttelse af beton, konstruktiv og æstetisk beskyttelse, forstærkning, injicering, forankring og korrosionsbeskyttelse. Introduktion til tekniske datablade fra leverandør, CE mærkning og ydeevnedeklaration. Gennemgang af reparationsprodukter iht. EN 1504.	Vurdering	At kunne vurdere hvilke materialer der skal anvendes, på baggrund af udbudsmaterialet.	2
Arbejdsmetoder	Forelæsning	Gennemgang af arbejdsmetoder til at opnå tilstrækkelig beskyttelse af betonen, samt til at opfylde opstillede krav. Valg af klargørings og afrensingsmetoder. Gennemgang af reparationsmetoder der er beskrevet i EN 1504. Intro til substitutionsprincip.	Vurdering	Vurdering af hvilke arbejdsmetoder der skal bruges for at opfylde krav i udbudsmaterialet	2
Kontrolmetoder	Forelæsning	Gennemgang af regler i DS/EN 1504-10	Vurdering	Vurdering af hvilke prøver og observationer der skal udføres i forbindelse med kvalitetskontrol, herunder det tidsmæssige omfang.	0,5
Kvalitetssikring	Forelæsning	Udpege og vurdere fokusområder til kvalitetsplanerne og planlægge handlinger iht. udbudskrav.	Vurdering	Kursisten skal kunne udvælge hvilke områder der, i forbindelse med kvalitetssikring, er afgørende for, at sikre overensstemmelse med udbudskrav og myndighedskrav.	0,5
Bæredygtighed	Forelæsning	Introduktion til bæredygtighedsbegrebet, herunder miljøvaredeklarationer (EDP) og livscyklusvurdering (LCA)	Anvendelse	Vælge mellem produkter til projekter hvor der stilles krav til bæredygtighed	0,5
Arbejds miljø	Forelæsning	Risikovurdering af arbejdsmiljø ved udførelse af betonreparationer.	Anvendelse	At kunne udpege de arbejdsmiljømæssige risici der er i forbindelse med udførelse af opgaven.	0,5
Tidsplanlægning	Forelæsning	Specielle forhold ved reparationsarbejder, som kan have særlig betydning ved tidsplanlægningen - fx årstid/vejr, støj og arbejdsmiljø.	Anvendelse	Være i stand til at udarbejde tidsplan for reparationsarbejdet	0,5
Nedbrydningsmekanismer	Forelæsning	Primære og hyppige skadestyper i betonkonstruktioner på nye og gamle konstruktioner	Forståelse	Kendskab til typiske skadebilleders sammenhæng med konstruktionen og betonkvalitet, delmaterialer	0,5
Rensning og klargøring	Forelæsning	Valg af rensningsmetoder i forhold til konstruktionstype og skademekanisme	Vurdering	Kursisten skal have indgående kendskab til forskellige klargørings og afrensingsmetoder, samt være i stand til at vælge den mest hensigtsmæssige metode til en given opgave	0,5
Reparationsmetoder og udførelsestid	Forelæsning	Gennemgang af arbejdsmetoder til at opnå tilstrækkelig beskyttelse af betonen, samt til at opfylde overfladekrav.	Vurdering	Vurdering af hvilke arbejdsmetoder der skal bruges for at opfylde krav i udbudsmaterialet	1
Udfaldskrav	Forelæsning	Specifikation, krav og kontrol af overflader iht BIPS A24	Forståelse	Forståelse af den projekterendes specifikationer og krav til overflader	0,5
Arbejdsmetoder	Forelæsning	Gennemgang af arbejdsmetoder til at opnå tilstrækkelig beskyttelse af betonen, samt til at opfylde overfladekrav	Vurdering	Vurdering af hvilke arbejdsmetoder der skal bruges for at opfylde krav i udbudsmaterialet	1
CE-mærkning, ydeevnedeklaration	Forelæsning	Krav til reparationsprodukter	Vurdering	Vurdering af om produkterne opfylder gældende krav i udbudsmaterialet	0,5
Praktisk produktforståelse	Forelæsning	Gennemgang af reparationsprodukter der er beskrevet i EN 1504, del 2-7, herunder tekniske datablade, funktionskrav og produktvalg	Vurdering	Vurdering af hvilke produkterne der opfylder den projekterendes krav til reparationen	2
Arbejds miljø (30)	Forelæsning	Gældende regler for arbejdsmiljø inden for reparationsområdet, herunder kendskab til arbejdshygiejnisk brugsanvisninger	Forståelse	At kunne udpege de arbejdsmiljø regler der er relevante i forbindelse med udførelse af opgaven	0,5
Bæredygtighed	Forelæsning	Introduktion til bæredygtighedsbegrebet, herunder miljøvaredeklarationer (EDP)	Forståelse	Kursisten skal have kendskab til bæredygtighedsbegrebet og skal kunne forstå indholdet i miljøvaredeklarationer	0,5
Instruktionsteknik - inkl. praktiske øvelser	Øvelser	Øvelser inden for de forskellige emner	Anvendelse	Praktisk anvendelse af gennemgåede emner	6
Eksamen	-	Skriftlig eksamen	-	-	3
					23,5

Detaljerede kursusplaner

U3 - Entreprenør/Leverandør - Tilbudsgivning, produktansvarlig og projektledelse					
Emne	UV-form	Beskrivelse	Blooms Taxonomi	Læringsmål	Varighed inkl. eksamen timer
Introduktion	Forelæsning	Gennemgang af kursusforløbet og introduktion til kursets praksisforløb, litteratur og eksamensforhold	-	-	0,5
Udfaldskrav	Forelæsning	Specifikation, krav og kontrol af overflader, vedhæftning og styrke iht AAB og BIPS A24	Forståelse	Forståelse af den projekterendes specifikationer ift. reparationen	0,5
Valg af materialer	Forelæsning	Materialer til reparation og overfladebeskyttelse af beton, konstruktiv og æstetisk beskyttelse, forstærkning, injicering, forankring og korrosionsbeskyttelse. Introduktion til tekniske datablade fra leverandører, CE mærkning og ydeevnedeklaration. Gennemgang af reparationsprodukter iht. EN 1504.	Vurdering	At kunne vurdere hvilke materialer der skal anvendes, på baggrund af udbudsmaterialet.	2
Arbejdsmetoder	Forelæsning	Gennemgang af arbejdsmetoder til at opnå tilstrækkelig beskyttelse af betonen, samt til at opfylde opstillede krav. Valg af klargørings og afrensningsmetoder. Gennemgang af reparationsmetoder der er beskrevet i EN 1504. Intro til substitutionsprincip.	Vurdering	Vurdering af hvilke arbejdsmetoder der skal bruges for at opfylde krav i udbudsmaterialet	2

Eksempel på en lektion om et emne (U3)

	Emne	UV-form	Beskrivelse	Blooms Taxonomi	Læringsmål	Varighed inkl. eksamen timer
16	Praktisk produkt forståelse	Forelæsning	Gennemgang af reparationsprodukter, der er beskrevet i EN 1504, del 2-7, herunder tekniske datablade, funktionskrav og produktvalg	Vurdering	Vurdering af hvilke produkterne, der opfylder den projekterendes krav til reparationen	2

Vejen til implementering

Vejen til implementering – måske gennem S-328 og derefter TBBST?

- > På vegne af Danrep vil vi præsentere vores arbejde for udvalget i februar 2020
- > Ideen er – med Norge som forbillede, at skrive et dansk tillæg til EN 1504-9
- > Hvis den vej lykkes, kan man fremover som bygherre kræve uddannet personale til at varetage reparationsopgaver



www.Betonhaandbogen.dk – kan
bidrage med lærebogsstof

Ophav > Højgaards Fond, COWI fonden, ACI Copenhagen Chapter og Direktør R. P. Bejerholms Jubilæumslegat samt Dansk Betonforening

Formål > Opdatere/supplere Beton-Bogen (CtO)

Redaktion > Christian Munch-Petersen m.fl.

Målgruppe > Bachelorstuderende og færdiguddannede

Kapitler om reparation og overfladebeskyttelse

20 Reparation af beton

20.1 Generelle principper

20.2 Overfladebeskyttelsessystemer

20.3 Reparationsmørtler og beton

20.4 Systemer til forstærkning af konstruktioner

20.5 Betoninjektion

20.6 Faststøbning af armeringsjern

20.7 Beskyttelse mod armeringskorrosion

Disse er på bedding og udkommer nok i 2020

Oversigt over indhold til nærmere studier

Grundlæggende principper for reparation



- > Reparation af betonkonstruktioner skal overvejes meget nøje
- > Bør kun anvendes, hvis årsagen til skadens opståen er klarlagt,
- > ... hvis skadesårsagen bliver fjernet,
- > ... og hvis reparationen får en holdbarhed, der er sammenlignelig med den omgivende konstruktions resterende levetid.

Vedligeholdelsesstrategi

- a) Gør intet andet end at overvåge i nogen tid
- b) Revurder konstruktionens bæreevne evt. for at nedgradere funktionen
- c) Forebyg eller reducer yderligere nedbrydning
- d) Forstærk eller reparer og beskyt hele eller dele af betonkonstruktionen
- e) Genopfør eller erstat hele eller dele af betonkonstruktionen
- f) Nedriv hele eller dele af betonkonstruktionen



Obligatoriske overvejelser:

- > Basale krav, fx:
 - > Den fremtidige brug, restlevetiden, krav til konstruktionen (f.eks. vandtæthed, brandmodstandsevne), holdbarheden af reparationsarbejdet, antallet af og prisen for tilbagevendende reparationsarbejder, prisen for fremtidige eftersyn, den samlede investering set over hele konstruktionens levetid, udseendet.
- > Konstruktive krav, fx:
 - > Lastoptagelsen før, under og efter reparationsarbejdet.
- > Sikkerhed og sundhed, fx:
 - > Konsekvensen af svigt, sikkerheds- og sundhedskrav under reparationsarbejdet, miljøpåvirkninger på brugere og omgivelser.
- > Eksponeringsbetingelser, fx:
 - > Kan miljøet ændres?
 - > Kan hele eller dele af betonkonstruktionen beskyttes midlertidigt eller permanent?

Skadesårsager:

- › *Alkalikisereaktioner* (AKR) imellem reaktiv porøs flint i visse danske grus- og stenforekomster, fugt, alkali (natrium og kalium) fra cementen og evt. med tilskud af udefrakommende alkali fra tøsalt eller havvand – se kapitel 19.1
- › *Kloridindtrængning* i betonen, hvilket kan føre til, at armeringen ruster, svækkes og afskaller betondæklaget – se kapitel 19.3
- › *Karbonatisering* af betondæklaget, hvilket vil fjerne/reducere betonens ellers naturlige evne til at beskytte armeringen mod rustdannelse – se kapitel 19.2
- › *Frostødelæggelse* af betonen som følge af kraftig opfugtning i kombination med manglende frostbestandighed af betonens kitmasse og/eller af betonens stentilslag (sten af porøs flint og/eller kalk) – se kapitel 19.4 ... **fortsættes**

... fortsat... Skadesårsager:

- > *Brandskader* på betonkonstruktioner, hvor betonen kan miste noget af sin styrke eller afskalle eksplosivt, og hvor især armeringsstålets styrke kan reduceres så meget, at forstærkning eller udskiftning af en eller flere konstruktionsdele er nødvendig.
- > *Belastningsskader*, hvor en eller flere konstruktionsdele har fået lokale skader (f.eks. vederlagsskader) eller globale skader (f.eks. overbelastningsskader), hvor en brudmekanisme evt. er udviklet.
- > *Mekaniske skader*, hvor en konstruktionsdel har fået et mindre slag eller kraftigt slid, så hele eller en del af dæklaget uden på armeringen er slået af lokalt, men hvor konstruktionen som helhed ikke har lidt skade.
- > *Udførelsesbetingede skader*, hvor en konstruktion- eller konstruktionsdel er blevet udsat for en behandling, forhold eller nogle påvirkninger, så der er opstået skader, der kræver afhjælpning.

Hvad skal
man
undersøge og
hvordan?



Undersøglesprogram:

- > Visuel besigtigelse
 - > Billeder, revner, fugtpåvirkning, afvanding, placering af skader, mulighed for prøveudtagning
- > Foreløbig skadeshypotese
 - > Bruges til at planlægge undersøgelser
- > Udtagning af prøver
 - > Skal udvælges omhyggeligt – konstruktionen må ikke svækkes
- > Undersøgelser på stedet
 - > Kort omtale og forslag til simple metoder de fleste kan bruge.
- > Undersøgelser i laboratoriet
 - > Undersøg dér, det man ikke kan se på anden vis
- > Sammenfattende rapportering
 - > Forstå sammenhæng mellem observationer – fastlæg skadesårsag – vælg princip og metode

Reparationsmørtler og -beton:

- > Grundlag for at forstå produkters egenskaber og vælge de rette produkttyper til rette formål
- > Lagtykkelse
- > Kornstørrelse
- > Svind

Reparationstype / Produkttype	A. Håndudsætning	B. Blødstøbning, grov	C. Blødstøbning, fin	D. Undervandsstøbning	E. Sprøjtestøbning, våd	F. Sprøjtestøbning, tør	G. Profileringsmørtel
Reparationsmetode iht. DS/EN 1504-3							
3.1 Genskabning af beton ved håndpåført mørtel	•						•
3.2 Genskabning af beton ved omstøbning med beton		•	•	•			
3.3 Genskabning af beton ved sprøjtepåstøbning af mørtel og beton					•	•	
4.4 Konstruktiv forstærkning ved påføring af mørtel eller beton	•	•	•	•	•	•	•
5.3 Øgning af fysisk modstand ved påføring af mørtel eller beton	•	•	•	•	•	•	•
6.3 Bestandighed overfor kemikalier ved påføring af mørtel eller beton	•	•	•	•	•	•	•
7.1 Bevaring eller genoprettelse af passivitet ved forøgelse af armeringens dæklag med ekstra cementmørtel eller beton	•	•	•	•	•	•	•
7.2 Bevaring eller genoprettelse af passivitet ved udskiftning af forurenede eller karbonatiserede beton	•	•	•		•	•	•

Hvad med eksponeringsklassen?



Eksponeringsklasse, miljøklasse og systemet i EN 1504-serien

- EN 1504-serien (standarderne for reparation af beton) opererer *ikke* med begreberne eksponeringsklasse og miljøklasse!
- Det ville være relevant at have et link i EN 1504-9 og i EN 1504-3 (produktstandarden for reparationsbeton)
- I EN 1504-3 er defineret to reparationstyper (konstruktiv og æstetisk reparation) opdelt i fire styrkeklasser hhv. R4 og R3 samt R2 og R1
- Der findes *ikke* officielle regler for oversættelse fra f.eks. styrkeklasse til miljøklasse!
- Det er ofte praktisk at kunne omsætte mellem de to systemer.
- Følgende forslag er ***undertegnede forslag*** til brug under danske forhold

Eksponeringsklasse/miljøklasse ctr. systemet i EN 1504-serien

Der er i EN 206 defineret følgende grupper af eksponeringsklasser:

- > X0 Eksponeringsklasse ved ingen risiko for korrosion eller påvirkning
- > XC... Eksponeringsklasser ved risiko for korrosion forårsaget af karbonatisering
- > XD... Eksponeringsklasser ved risiko for korrosion forårsaget af andet klorid end fra havvand
- > XS... Eksponeringsklasser ved risiko for korrosion forårsaget af klorid fra havvand
- > XF... Eksponeringsklasser ved frost/tø påvirkning
- > XA... Eksponeringsklasser ved kemisk påvirkning

Eksponeringsklasse, miljøklasse og systemet i EN 1504-serien - Vi kender dette fra EN 1992 DK NA: 2017 og EN 206 DK NA:2019:

Miljøklasse	M	M	A	E	A	E
Eksponeringsklasse	XC2 XC3 XC4	XF1	XS1 XS2 XD1	XS3 XD2 XD3	XF2 XF3	XF4
Styrkeklasse	C25	C25	C35	C40	C35	C40

Eksponeringsklasse, miljøklasse og systemet i EN 1504-serien - **En relevant oversættelse kunne være:**

Miljøklasse	M	M	A	E	A	E
Eksponeringsklasse	XC2 XC3 XC4	XF1	XS1 XS2 XD1	XS3 XD2 XD3	XF2 XF3	XF4
Styrkeklasse	C25	C25	C35	C40	C35	C40
Reparationsstyrkekl. iht. EN 1504-3	R3		R4			

Beskrivelse af reparationsarbejde:

- > Generelle forudsætninger
- > Tilladelig reduktion af armering (uden yderligere undersøgelse)
- > Reparationers udformning
- > Huggemetoder
- > Rensemétoder
- > Hvad er en hæftebro?
- > Arbejdsmetoder



Eksempler fra praksis

1. Oplevelse af manglende indsats

Facader

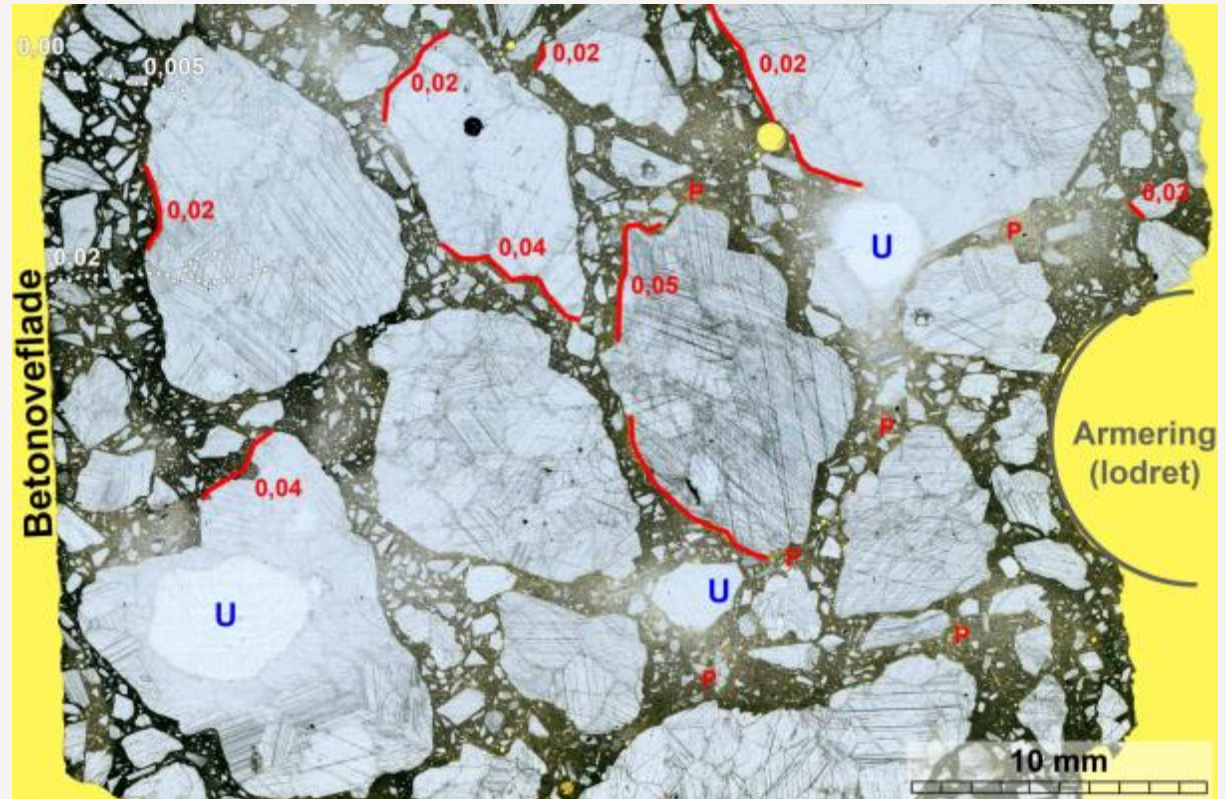
Nedfaldne betonstykker ultimo 2014:



Tyndslib af facadebeton – rapporteret ultimo 2014

Fund:

- Beton med initialfejl
- Kraftigt opfugtet
- Ikke frostbestandig
- Ikke karbonatiseret
- Ikke kloridholdig





... Ingen handling...

Foredrag 2019-09-04 om betonfacadernes tilstand

Nedfaldne betonstykker fra facaden
indsamlet i 2016

35 kilo det
største
stykke ca 2,5
kilo



2. Eksempel

– hvor der skulle vise sig at være en stor risiko for fejlvurdering af problemets årsag og karakter og dermed en betydelig overvurdering af reparationsbehovet

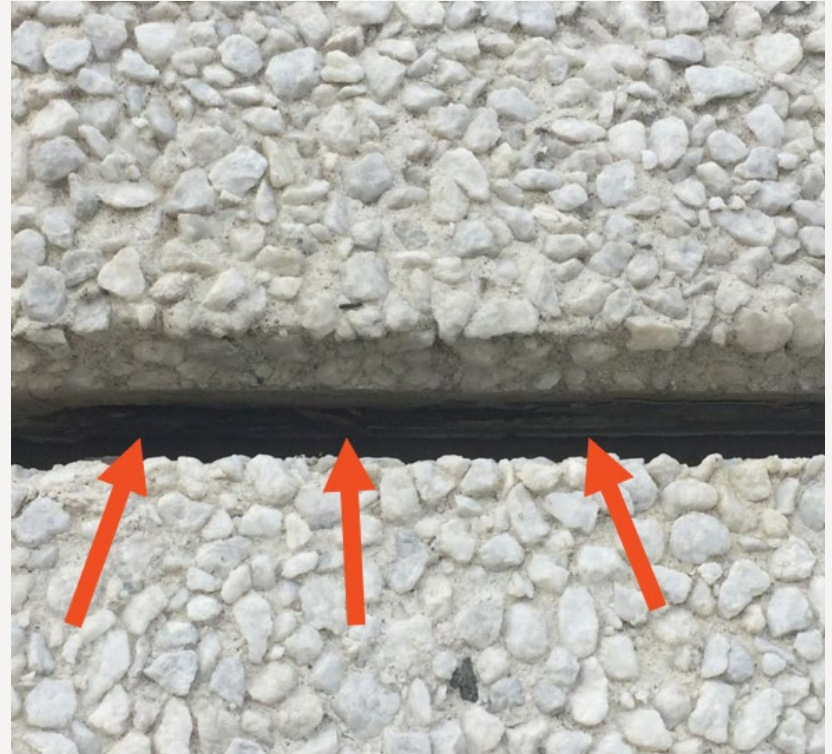
Fra første observation via undersøgelse til udført reparation

- > Pludseligt opstået skade
- > Risiko for færdsel ved bygningen?
- > Indledende undersøgelse...
- > Første skadeshypotese...
 - > Klorid? Nej.
 - > Karbonatisering? Nej.
 - > Differenssvind? Måske...?
- > Hvordan vurderes omfang?
- > Inspektionsmetode – hammer, mærke efter med fingre - totalkontrol
- > Flere prøver...



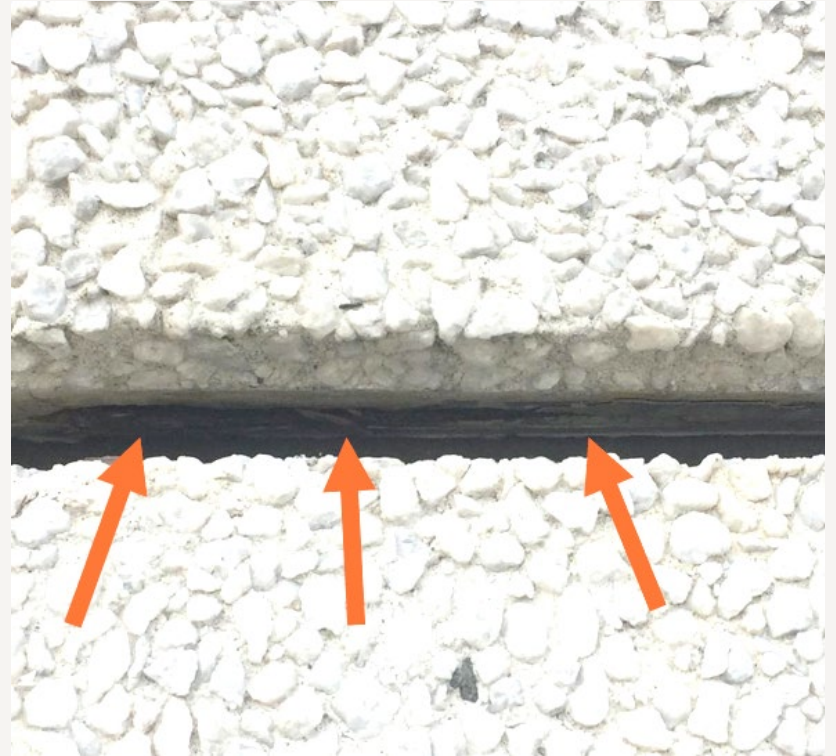
Total registrering

- > Skader knapt synlige
- > Man skal tæt på
- > Nogle gange kunne man kun mærke skadens eksistens med sine fingre
- > Skader på knap 2 % af elementerne!



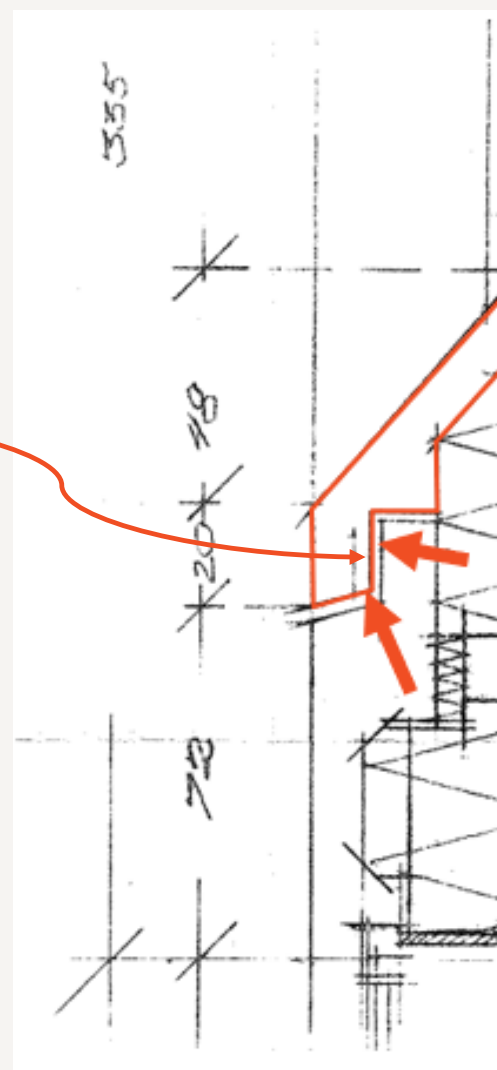
Total registrering

- > Skader knapt synlige
- > Man skal tæt på
- > Nogle gange kunne man kun mærke skadens eksistens med sine fingre
- > Skader på knap 2 % af elementerne!



Oprindelig tegning

- > Element støbt med forsiden nedad
- > Der er blevet brugt overforskalling



Observation på uskadt element

- > Støbt mod form på opsiden...



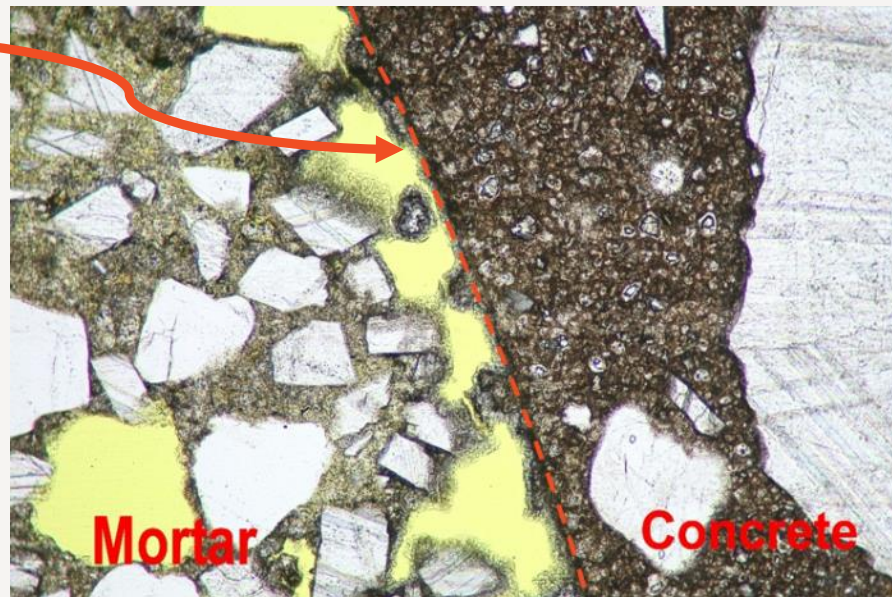
Observation på skadet element

- > To forskellige beton-/mørteltyper
- > Rustdannelse på armering
- > Afskalning over rusten armering



Observation på skadet element

- › Reparation mod ikke-klargjort underlag!
- › Glat og bobleformet underlag...
- › Reparationsmateriale af samme delmaterialer, men forhøjet v/c-forhold og ingen sten.
- › Konsistens justeret med groft sand



Oprindelig tegning

- > Hvorfor kun få registrerede skader?
- > Vurdering
 - > Reparationer fra udførelsen!
 - > Blottet armering set ved afformning
 - > Udførelsesproblem løst, f.eks. ved at udlufte overforskalling
 - > Godt skjulte fejl! – Næppe mulige at opdage.
 - > Dårligt udførte reparationer!
 - > Dårligt reparationsmateriale!
 - > Holdbarhed ca. 40 år... **OK??**
 - > Differenssvind var altså ikke forklaringen – for så ville problemet have været generelt og omfanget gigantisk



Udført reparation

- › Reparationsmetode tæt på oprindelig udførelsesmetode:
 - › Retarder påført reparation
 - › Retarderet mørtel vasket væk
- › Moderne materialer – hvid cement som bindemiddel – men håndarbejde
- › Korrekt forberedelse af underlag
- › OBS – oprindelig overflade renses senere, hvorved farveforskel forventes at udtone
- › ”Kompromis” med CE-mærkning – CE-mærket produkt – der blev iblandet sten







Tak