

20.3 Reparationsmørtler og -beton

Af Jens Mejer Frederiksen



Figur 1. Reparation af søjle med delvis rusten armering. Der findes også krav til udførelse af reparationer. Begrænset antal revner/skader i oprindelig såvel som i ny beton; Fuld kontakt i en stor del af støbeskellet; God komprimering – lav hulrumsprocent i reparationen; Reparationens sammensætning skal være som forventet.

20.3.1 Krav til udførelse

Cementbaserede reparationsmaterialers funktionsduelighed, når de er indbygget i konstruktionen, hænger nøje sammen med, hvordan det går med at "indbygge" materialerne.

Altså hvordan 'arter materialet sig' og hvordan arbejdet bliver udført. Reparationsmaterialer skal, afhængig af især støberetningen og udstøbningsforholdene, have 'forskellige egenskaber i den friske tilstand' for at kunne opfylde 'identiske krav i den hærdnede tilstand'. Det stiller krav til reparationsmaterialets kohæsion, konsistens og bearbejdelse i frisk tilstand.

Der kan ikke stilles dækkende talbaserede krav til det *friske* materiale, da der ikke findes tilhørende og dækkende prøvningsmetoder. Derimod kan der formuleres krav til, hvordan den *hærdnede* reparation skal 'se ud' inden i, når der udtages en prøve. Kravene, der typisk kan fastlægges ved en prøvereparation, angår:

- Begrænset antal revner i oprindelig såvel som i ny beton
- Fuld kontakt i en stor del af støbeskellet
- God komprimering – lav hulrumsprocent i reparationen
- Reparationens sammensætning skal være som forventet.

Hvis det er muligt og realiserbart, kan kravene suppleres med krav til vedhæftningsstyrke i støbeskellet. Men ofte er reparationer på betonoverflader og af betondæklag dog af så uregelmæssig karakter, at kravet ikke kan kontrolleres forsvarligt i praksis, bortset fra den helt simple, subjektive og ret usikre metode, hvor man ved lette slag med en hammer lytter sig til om reparationen sidder tæt til underlaget.

20.3.2 Krav til forenelighed

En korrekt indbygget reparation skal, for at forblive intakt, være forenelig med den oprindelige konstruktion. Det betyder, at de bevægelser – store som små, der måtte forekomme i den oprindelige konstruktion, skal reparationen også tåle. Desuden skal reparationen i sig selv give anledning til mindst mulige deformationer/tvangskræfter. De talbaserede krav er fx følgende:

- *Styrke* – reparationen skal være stærk nok i den påtænkte anvendelse.
- *Elasticitetsmodul* – reparationen bør normalt ikke være stivere end den oprindelige konstruktions beton, på den anden side bør den heller ikke være meget blødere, hvis den er placeret i en bærende konstruktion.
- *Svind* – en reparation bør have mindst muligt svind, for at minimere risikoen for revnedannelser langs reparationens rand og netrevner i dens overflade.
- *Temperaturudvidelseskoefficient* – reparationen skal opføre sig som beton under opvarmning og afkøling.
- *Chloridindhold* – reparationsproduktet må ikke indeholde klorid i en skadelig mængde.
- *Frostbestandighed* – reparationsproduktet skal bevare sin integritet og sin vedhæftning under cyklisk vekslende påvirkninger af frost/tø.
- *Vandoptagelse ved kapillarsugning* – reparationen må kun i begrænset omfang optage fugt. Uden fugt er der ingen patologisk betingede betonskader.

20.3.3 Krav til holdbarhed

Når en reparation er indbygget korrekt, og den er forenelig med konstruktionen i øvrigt, bestemmes dens holdbarhed primært af den miljøpåvirkning, den er udsat for. Hvis reparationen er udført på beton, hvor der foregår chloridinitieret korrosion på armeringen, er forholdene i den oprindelige beton dog også af betydning. Hvis betonen ved siden af reparationen fortsat er chloridholdig, men er uden tegn på skader, kan skader senere udvikles hér – lige ved siden af reparationen.

De talbaserede holdbarhedskrav kan være følgende:

- Karbonatiseringshastighed – skal være begrænset
- Frostbestandighed – skal være lige så god eller bedre end den oprindelige betons

- Chloridindtrængningsmodstanden – skal være stor
- Korrosionsbeskyttende virkning – skal være lige så god eller bedre end den oprindelige betons
- Vandoptagelsesevnen – skal være begrænset.

20.3.4 Valg af reparationsprodukt

Produktvalg bør altid tage udgangspunkt i en helhedsanalyse af de funktionskrav produktet skal opfylde.

Det primære funktionskrav til reparationer er, at de er holdbare, jf. den overordnede gennemgang ovenfor. For betonkonstruktioner er i DS/EN 206 defineret eksponeringsklasser, der i Danmark via det nationale applikationsdokument DS/EN 206 DK NA er oversat til miljøpåvirkninger, der kan spores tilbage i tiden i dansk praksis for specifikation af krav til betonkonstruktioners holdbarhed.

Ved funktionskrav forstås her *målbare* eller *vikarierende* krav som materialet skal leve op til, når det er 'indbygget' i konstruktionen. Kravene har typisk en relation til begreber som *levetid* og *holdbarhed*, selvom relationen ikke altid er helt klar.

Normalt vil der altid være et styrkekrav, selvom der ikke behøver at være en direkte sammenhæng mellem fx, at høj betonstyrke giver lang tids holdbarhed eller, at lav betonstyrke giver kort tids holdbarhed. Betons styrke kan være et *vikarierende* krav for fx *tæthed* eller *frostbestandighed*, selvom fx luftindblanding alt andet lige både kan nedsætte betonstyrken og modstanden mod karbonatisering og samtidig øge såvel vandtætheden som frostbestandigheden.

Er årsagen til reparationen korrosion på armeringen, vil det være oplagt som funktionskrav at kræve, at reparationen 'skal hindre yderligere korrosion'. Det kan betyde, at man både skal konstatere, at den igangværende korrosion er stoppet, og at der i 'fremtiden' ikke vil opstå korrosion det pågældende sted. For at sidstnævnte skal være tilfældet, må der stilles krav til 'reparationsmaterialets' eller 'reparationssystemets' evne til at hindre karbonatisering og dets evne til at hindre chloridindtrængning i en passende lang tid samtidig med, at det må overvejes, om reparationen skal suppleres med kato-disk beskyttelse.

Cementbaserede reparationsmaterialer til betonreparation skal opfylde de minimums-krav, der fremgår af DS/EN 1504-3. De specifikke ydeevnekrav, der gælder for de forskellige klasser af reparationsmaterialer anses som udgangspunkt som værende fyldestgørende til de fleste reparationsformål.

Ved specifikation af reparationsprodukter til reparationsarbejder på armerede og uarmerede betonkonstruktioner, skal man foretage de fornødne valg. Det skal således ved projekteringen afgøres om reparationen er bærende eller ikke-bærende samt om styrkekravet er lavt eller højt inden for disse to kategorier. Med hensyn til specifikation af styrkeklasse henvises desuden til tabel 3.

Principper relevante for reparation af defekter ved beton og armering ved brug af traditionelle betonreparationsprodukter fremgår af tabel 1, mens de til principperne hørende metoder fremgår af tabel 2. Begge tabeller er udledt af DS/EN 1504-9:2010 ([1]).

Tabel 1. Eksempler på skader og de principper, som kan anvendes ved betonreparationer med produkter CE-mærket efter EN 1504-3.

Skade, defekter og korrosion	Princip
Indtrængning af aggressive stoffer, fx chlorid, luftarter, kemikalier	P3, P7
Revner pga. last, svind, temperatur mv.	P4
Karbonatisering	P7
Alkalireaktion	P3
Frost/tø	P3
Påkørsel, erosion, slid mv.	P3, P5
Armeringskorrosion	P3, P4, P7
Utilstrækkelig eller forkert placeret armering	P4
Overbelastet beton (i trykzoner)	P4
Manglende dæklag	P7
Forurennet dæklag (chlorid, karbonatisering)	P7

Iht. DS/EN 1504-3 (den harmoniserede standard for konstruktiv og æstetisk reparation) skal produkterne afprøves efter specifikke metoder for, at de kan CE-mærkes. Det samme gælder sprøjtebeton, der desuden kan specificeres efter DS/EN 14487, del 1 og 2 (standarderne for hhv. specifikation og udførelse af sprøjtebeton)

Tabel 2. Produkter, der er CE-mærket efter DS/EN 1504-3 er iht. DS/EN 1504-9 tænkt anvendt ved de anførte principper og metoder ved reparation og beskyttelse af skadet beton.

Princip nr.	Definition	Metode nr.	Eksempel på metode baseret på princippet
P3	Udskiftning af skadet beton	M3.1	Håndpåføring af mørtel
		M3.2	Genstøbning med beton eller mørtel
		M3.3	Påsprøjtning af beton eller mørtel
P4	Forstærkning af konstruktionen	M4.4	Tilføre mørtel eller beton
P5	Øgning af fysisk bestandighed	M5.3	Tilføre mørtel eller beton
P6	Bestandighed overfor kemikalier	M6.3	Tilføre mørtel eller beton
P7	Bevaring eller genoprettelse af passivitet	M7.1	Forøgelse af armerings dæklag ved at tilføre mørtel eller beton
		M7.2	Udskifte forurennet eller carbonatiseret beton

Et reparationsprodukt, der opfylder minimumskravene i DS/EN 1504-3 angiver *ikke* noget om, hvilken eksponeringsklasse produktet er egnet til. Det må håndteres på anden vis. Et forslag til oversættelse imellem eksponeringsklasse som defineret i DS/EN 206 DK NA og krav til reparationsprodukter er givet tabel 4.

Tabel 3. Tabellen viser et **forslag til at etablere en sammenhæng** mellem eksponeringsklasse og styrkeklasse i EN 206 og EN 206-DK-NA og så reparationsprodukters styrkeklasser iht. DS/EN 1504-3. Det bemærkes, at styrkekravet fra udendørs og aggressive miljøklasser i EN 206-DK-NA implicit fører til, at reparationsprodukter skal være egnede til konstruktiv reparation efter DS/EN 1504-3.

Eksponeringsklasse, iht. DS/EN 206	XC2 XC3 XC4	XF1	XS1 XS2 XD1	XS3 XD2 XD3	XF2 XF3	XF4
Styrkeklasse, iht. DS/EN 206-DK-NA	C30/37	C30/37	C35/45	C40/50	C35/45	C40/50
Reparationers styrkeklasse iht. DS/EN 1504-3	R3 (≥ 25 MPa)		R4 (≥ 45 MPa)			

For at lette valget af et reparationsmateriale til et konkret formål kan man kategorisere reparationsprodukter efter tabel 4.

Tabel 4. Inddeling i reparationstype/produkttype i afhængighed af overfladens placering og orientering samt reparationsmetode. Reparationstyperne omtales i teksten.

Reparationstype /Produkttype	A. Håndudsætning	B. Blødstøbning, grov	C. Blødstøbning, fin	D. Undervandsstøbning	E. Sprøjtestøbning, våd	F. Sprøjtestøbning, tør	G. Profileringsmørtel
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	•	•	•		•	•	•

Som det fremgår af tabel 4, kan det både være placeringen af reparationen i konstruktionen og reparationsmetoden, der afgør hvilken produkttype, der skal vælges.

20.3.5 Lagtykkelse og kornstørrelse

Reparationens lagtykkelse skal befinde sig indenfor et passende område i forhold til reparationsproduktets største tilslagskornstørrelse.

Generelt bør den mindste lagtykkelse af reparationen ikke noget sted være mindre end to gange største kornstørrelse. Den største lagtykkelse af reparationen bør som håndregel heller ikke overstige ca. 10 gange største kornstørrelse.

Der findes produkter, der har en meget lille kornstørrelse og som er specialudviklet til at støbe i lagtykkelser på mere end 10 gange største kornstørrelse, men det vil som regel fremgå eksplicit af databladet for produktet, at det har disse særlige egenskaber.

Særligt for produkter, der påføres ved tørspøjtning, vil man opleve, at de største partikler (fx 8 mm korn i en sprøjtebeton) vil udgøre en forholdsvis stor del af det materiale, der ender som 'tilbageslag', og som derfor ikke indbygges i reparationen. Derved forandres produktets reelle sammensætning fra recept til reparationssted, hvilket aktualiserer, at godkendelsesprøvningsen skal udføres i overensstemmelse med produktets til tænkte støbemetode/-retning.

Vedrørende den maksimale lagtykkelse ved påføring nedefra og op - se mere herom nedenfor.

20.3.6 Svind

Totalsvindet – dvs. det plastiske svind og udtørningssvindet – i cementbundne produkter, styres af vandindholdet i den friske blanding. Vandindholdet er bestemmende for produktets bearbejdelighed.

Jo bedre tilslagskornkurve, kornform og jo større tilslagskorn, jo mindre vand skal der – alt andet lige – til at gøre produktet bearbejdeligt. Samtidig betyder kravet om en vis minimumstyrke og en konkurrencedygtig pris, at der er en grænse for det maksimale vandindhold i produktet. Det betyder, at vandindholdet i produktet skal optimeres, hvilket materialeproducenten normalt altid gør.

Der kan trækkes en del paralleller imellem reparationsprodukter og almindelig beton, men reparationsprodukter kan have enhedspriser, der er op til 20-25 gange så høje som prisen for almindelig beton. Derfor kan der i reparationsprodukter undertiden findes specielle tilsætningsstoffer – som fx svindreducerende stoffer, som kun sjældent anvendes til almindelig beton pga. prisen.

Det betyder, at reparationsbetoner kan fremstilles med indbyggede tilsætningsstoffer, der modvirker svind, både i den friske fase og efter afbindingen.

20.3.7 Støbemetode/-retning og kohæsion

Normalt støbes beton i en form og det gælder også for en del reparationstyper og reparationsprodukter. Men når der er tale om reparationsarbejder på undersider, lodrette flader eller under vand, stilles særlige krav.

Det friske reparationsmateriale skal have nogle særlige egenskaber afhængig af anvendelsen og især støbemetoden/-retningen. Erfaringen viser, at disse egenskaber fra den friske tilstand kan være afgørende for egenskaberne i den hærdnede tilstand.

Derfor er det et generelt krav, at hvor egenskaben i hærdnet tilstand kan blive influeret af støbemetoden/-retningen, dér skal godkendelsesprøvningen af egenskaben udføres på prøveemner, hvor der er anvendt den for produktet mest kritiske støbemetode/-retning.

Specielt skal det bemærkes, at kravet til egenskaben 'vedhæftningsevne' skal eftervises under de udførelsesforhold som produktet er specielt udviklet til (fx skal produktet derfor i forbindelse med afprøvningen påføres nedefra, hvis det er egnet til påføring nedefra i praksis).

Et produkt, der skal kunne udfylde reparationssteder fx på en lodret flade eller en nedadvendt flade (uden brug af forskalling), må ikke være for flydende, og ikke for tørt, men skal have en særlig konsistens (kohæsion). Det stiller krav til produktets indhold af finstof (cement, pozzolaner og filler (<0,25 mm)) som gør produktet formbart, sammenhængende og lidt klistret. Det bevirker, at lag op til en vis tykkelse kan opbygges.

Desuden spiller densiteten af produktet ind. Derfor anvendes undertiden hule tilslagsmaterialer i form af glaskugler, men da dette påvirker styrken negativt, sætter netop styrkekravet begrænsninger for hvor stor andelen af lette tilslagsmaterialer kan blive.

Særligt for sprøjtebeton er kohæsionen relevant, idet man ofte først sprøjtestøber, når der er tale om ret store arealer på undersider eller lodrette flader, og derfor kan risikere, at disse falder ned (evt. kun delvist), hvis der påføres for tykke lag. Detaljerede specifikationer og udførelsesanvisninger for sprøjtebeton er givet i EN 14487, hhv. del 1 og del 2.

Men som nævnt ovenfor, vil et øget indhold af finstof føre til et øget vandbehov og dermed i sidste ende et forøget svind. Derfor skal blandingsforholdet nøje afstemmes.

Afbindingstiden spiller ligeledes ind, idet man ved brug af acceleratorer kan opnå en vis strukturdannelse i det påførte produkt, imens det successivt bygges op. Herved kan der opbygges større lagtykkelser.

20.3.8 Beskrivelse af reparationsarbejde

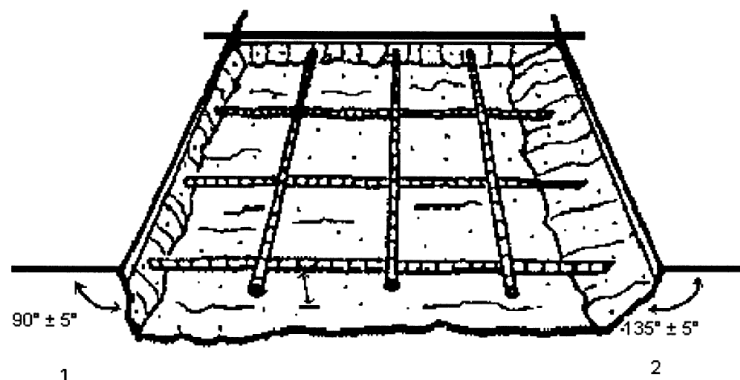
Efter fastlæggelse af skadetype, og -omfang og valg af reparationsprincipper og reparationsmetoder samt reparationstype, skal der udarbejdes en arbejdsbeskrivelse.

Følgende er de generelle forudsætninger for reparation af betonkonstruktioner:

- Det udhuggede reparationsområde, inkl. evt. armering, skal fremstå rent og klargjort. Der må ikke forekomme støv, løse eller delvist løse betonfragmenter eller andet uvedkommende materiale i reparationsstedet.
- Betonen omkring reparationsstedet må ikke indeholde chlorid i en koncentration på over 0,05 % af betonmassen ved armeringen (dette kræver måling af chloridindholdet). Indeholder betonen i dybden 10-20 mm chlorid i en mængde på over 0,1 % af betonmassen skal det valgte reparationsprincip verificeres.
- Armeringens dæklag i reparationen skal opfylde de gældende minimumskrav ved gendannelse af den oprindelige/tiltænkte geometri. Hvis dæklaget på armeringen i de ikke-reparerede omgivelser ikke opfylder dette, skal det valgte reparationsprincip verificeres.
- Armeringen skal være tilstrækkelig. Af hensyn til armeringens forudsatte funktion, bør det ikke tillades, at mere end 10 % af armeringsarealet er bortkorroderet, medmindre en nærmere undersøgelse af de konstruktive forhold har tilladt et større korrosionstab.
- Reparationskanterne skal være udhuggede til en dybde på minimum to gange den største kornstørrelse i reparationsproduktet for at undgå for tynde lag ud mod reparationens kant og armeringsjern skal kunne omstøbes fuldstændigt.
- Grundbetonen og evt. forskalling skal, før udfyldning med reparationsmateriale, være forvandet, så overfladerne kun er svagt sugende, men overfladetørre.
- Ved reparation af direkte mekanisk påvirkede flader, fx vederlag, skal det ved indstøbning af passende forankrede lejer sikres, at kræfterne kan og optages i konstruktionen uden at blive koncentreret ved frie kanter.
- Ved udhugning af reparationsområder skal der som hovedregel hugges med en vinkel på ikke under $90^\circ \pm 5^\circ$ og ikke over $135^\circ \pm 5^\circ$ til omgivende flade, jf. figur 2 ff.
- Leverandørens skriftlige anvisninger for de(t) anvendte materiale(r) skal altid følges.

Tabel 5. Af hensyn til armeringens forudsatte funktion, bør det ikke tillades, at mere end 10 % af armeringsarealet er bortkorroderet, medmindre en nærmere undersøgelse af de konstruktive forhold tillader et større korrosionstab. Nedenfor er for udvalgte nominelle armeringsdiametre vist til hvilken ny nominel diameter armeringen kan tillades reduceret til, før reparation/forstærkning af armeringen bør udføres.

Oprindelig nominel diameter, mm	8	10	12	14	16	18	20	25
Tilladelig reduktion af diameter, mm	7,6	9,5	11,4	13,3	15,2	17,1	19,0	23,7

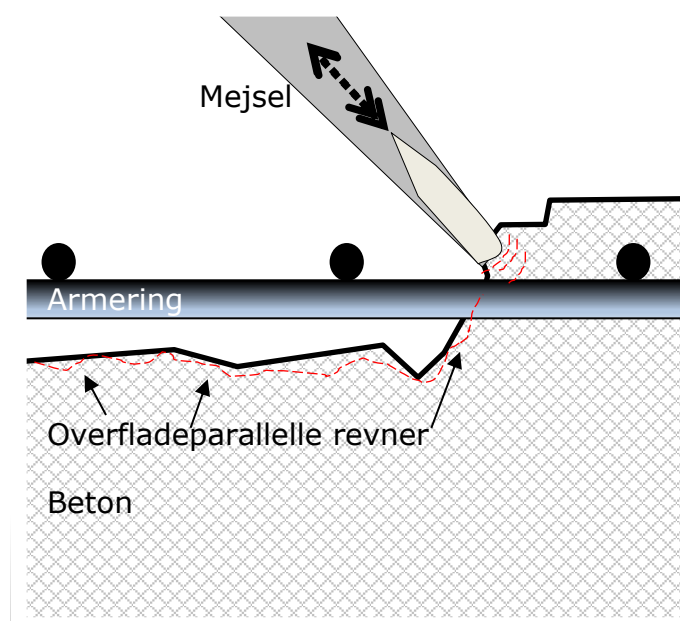


Figur 2. Udhugning til udfyldning oppefra (dvs. konstruktionen danner formen). Tv. er angivet minimumvinkel, th. er angivet maksimumvinkel med omgivende flade. Armeringens dæklag i reparationen skal opfylde de gældende minimumskrav. Hvis dæklaget på armeringen i de ikke-reparerede omgivelser ikke opfylder dette, skal overfladebeskyttelse overvejes.

20.3.9 Udhugning

Den meste almindelige metode til at fjerne beton fra et reparationssted er af hugge ud med pneumatisk værktøj eller trykluftværktøj. Der er ofte betydelige arbejdsmiljømæssige gener ved denne type arbejde, hvorfor større opgaver ofte løses ved brug af maskiner, der kan betjenes uden, at der overføres skadelige vibrationer til håndværkeren.

Huggeenergien skaber dog også problemer, idet det har vist sig, at selvom der naturligvis slås betonfragmenter af ved huggearbejdet, så sker der foran spidsen på huggeværktøjet også en skade. Skaden er overfladeparallelle revner, der ikke let kan ses – se figur 3. Disse kan dog fjernes ved brug af kraftig højtryksspuling med rent vand.



Figur 3. Illustration af, at energien fra mekanisk hugning i beton (og andre sprøde materialer) kan efterlade usynlige overfladeparallelle revner (de røde, stiplede kurver) i underlaget. Derfor

bør man udføre en omhyggelig efterrensning med vand ved højt tryk, hvis man vil sikre sig imod vedhæftningssvigt.

Man skal være opmærksom på, at lyden og energien fra huggearbejdet forplanter sig i og omkring betonkonstruktionen. Derfor er der for bygninger i brug og bygninger/konstruktioner nær boligområder ofte strenge krav til det tidsrum, hvori der må hugges.

Vand ved højt tryk (vandstråleskæring, i trykområdet fra 900-1400 bar (90-140 MPa) og opefter) kan dog også anvendes dels til rensning og dels til udhugning både i store områder (fx hundredvis af kvadratmeter brodæk) med robotter og i små ret præcise udhugninger (ned til 5·10·20 cm). Der er flere fordele ved at bruge vandstråleskæring til udhugning. Disse er:

- Støjen forplanter sig ikke i samme grad i konstruktionen
- Rensningen efterlader ikke skjulte defekter
- Armering og beton renses i en og samme proces
- Støv spredes ikke, men fanges af spulevandet (der opsamles og ledes igennem en slamkiste, før det udledes til kloak)
- Støbeskellet bliver samtidig både renses og forvandet ved rensprocessen
- Selektiv rensning er mulig, dvs. svage områder fjernes/stærke områder efterlades.

Af ulemper kan nævnes, at startomkostningerne er ret høje, rens vandet skal håndteres og at kompressoren, der leverer det høje vandtryk, støjer.

20.3.10 Rensning af støbeskel

Eksempel på krav til klargøring af en opadvendt flade:

Der skal på underlaget etableres en ruhed ved behugning eller fræsning efterfulgt af trykspuling med rent vand ved mindst 500 bar eller ved jetspuling ved 900-2500 bar i lukket system. Opfyldelse af nedenstående udfaldskrav har prioritet frem for valg af arbejdsmetoden.

Ved arbejdet skal der vælges metoder, der giver mindst mulige arbejdsmiljømæssige belastninger for arbejdere og omgivelserne, og der skal foretages afskærmning og afdækning i nødvendigt omfang til at beskytte trafikanter, maskindele, afløb m.v.

Udfaldskrav:

- Overfladen skal være fri for betonslamlag og for anden forurening, der kan forhindre vedhæftning til underlaget.
- Løse og delvist løse betonfragmenter må ikke forekomme i støbeskellet.
- Aftræksstyrke i gennemsnit min. 1,2 MPa, ingen enkeltværdi under 0,9 MPa, DS/EN 1542 (disse krav kan skærpes).
- Der skal være etableret en ensartet ruhedsdybde på 3 mm målt over en vilkårlig strækning på 40 mm i støbeskellet, DS/EN 13036-1:2001

20.3.11 Hæftebro

En 'hæftebro' er en mørtel bestående af fint sand (kornstørrelse på op til 0,5 mm), cement og som regel et vedhæftningsforbedrende tilsætningsstof – ofte en akrylemulsion. Ud over at medvirke til at sikre en god vedhæftning, sikrer en hæftebro også at det som reparationsproduktet støbes imod, er ensartet sugende.

Såfremt leverandørens anvisninger tilsiger, at der skal anvendes en 'hæftebro', skal denne typisk påføres alle overflader i reparationsområdet kort forinden udfyldning med reparationsproduktet, så arbejdet overalt kan udføres "vådt i vådt".

Undertiden anvendes også epoxy som hæftebro, men pga. den danske arbejdsmiljølovgivning skal der ske en substitutionsovervejelse således, at der skal anvendes de mindst sundhedsfarlige produkter, hvor det er teknisk muligt. Derfor er epoxy anvendt som hæftebro i betonreparationer ikke udbredt i Danmark.

20.3.12 A. Håndudsætning (uden form/successiv form)

Reparationsproduktet påføres oftest nedefra og op. Produktet komprimeres successivt, så der ikke opstår luftlommer og således, at der ikke påføres mere materiale end tilladt. Man kan evt. anvende en 'successiv forskalling' således, at støbningen sker stykke for stykke, men stadig vådt i vådt.

Ved håndudsætning skelner man normalt ikke mellem grov eller fin, idet man altid vil prioritere, at produktet er nemt at have med at gøre. Reparationer ved håndudsætning vil ligeledes oftest være forholdsvis små.

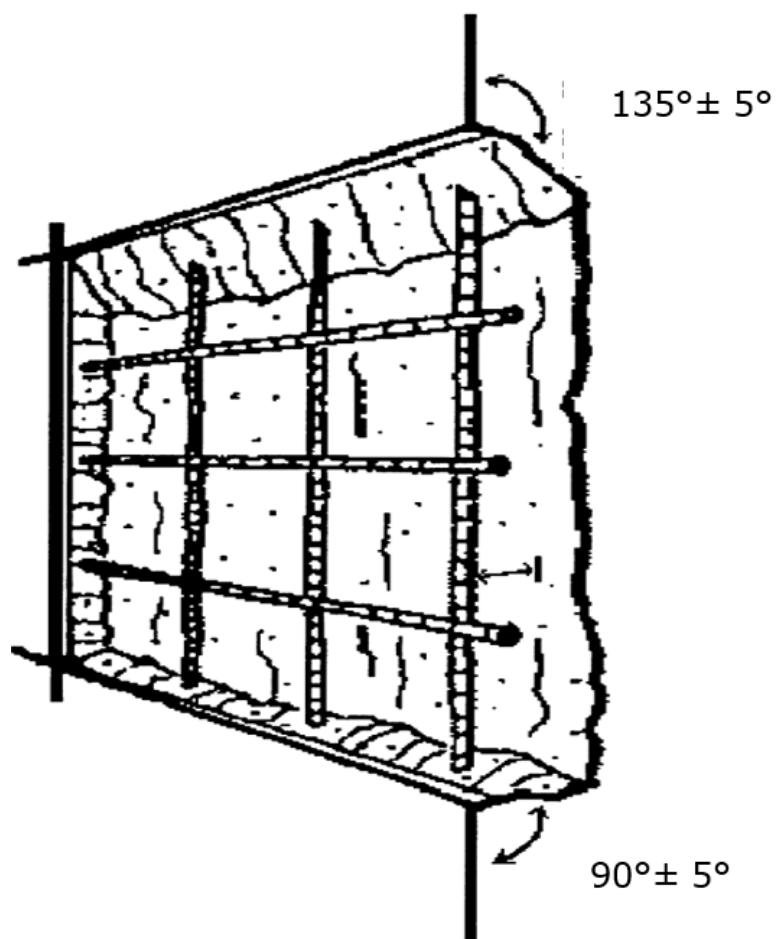
20.3.13 B. og C. Blødstøbning, støbning i form

Blødstøbning anvendes når man kan støbe oppefra og ned, se figur 2, figur 4 og figur 6. Ved lodrette reparationers øverste kantafrænsning bør der udhugges i en skrå vinkel for at undgå lunger ved udstøbning op imod den nedadvendende flade, se figur 4. Desuden bør der udstøbes i overhøjde, igennem en "støbetud", der afhugges dagen efter støbningen.

Forskallingen anbringes hurtigst muligt efter klargøring af armeringen og støbeskallet, og formen beskyttes mod tilsmudsning og forurening, således at den fremstår ren ved udstøbningen.

Betonen skal komprimeres i nødvendigt omfang for omhyggelig udfyldning af reparationsstedet og fuld omstøbning af armeringsjernene.

Reparationsmateriale til blødstøbning betegnes som 'groft', når der indgår tilslag op til 8 mm, medens det betegnes som 'fint', når der indgår tilslag op til 2 mm.



Figur 4. Udhugning til lodret udstøbning skal ske, så der kan udstøbes uden risiko for indeslutning af luft ved øverste støbeskel. Desuden er det ofte en fordel at støbe igennem en skrå "støbetud" på formen, så der kan støbes hele vejen under tryk. 'Støbetuden' afhugges i forbindelse med, at reparationen afforskalles. Hvorefter der skal eftergås med finisharbejder – se også figur 5.

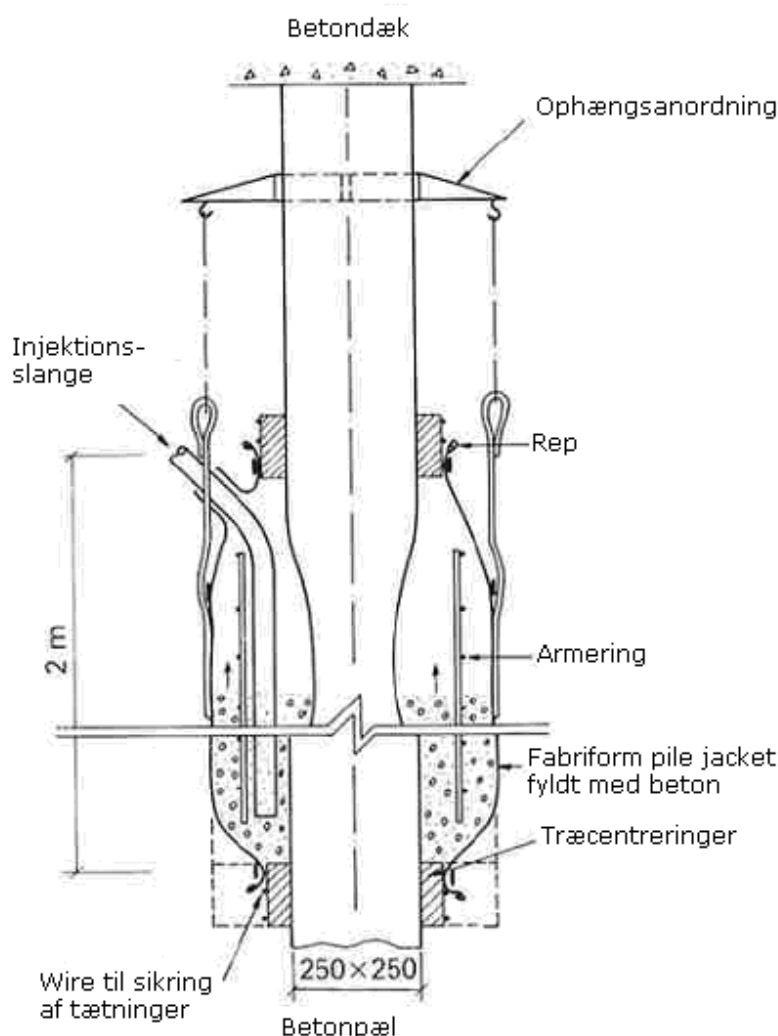


Figur 5. Reparation af søjle med delvis rusten armering. Tv. pågår klargøring af reparationsstedet og th. er der støbt ud ved blødstøbning med en letflydende reparationsbeton i forme indrettet med 'støbetude' i overhøjde i forhold til reparationsstedernes øverste kanter. Disse 'støbetude' afhugges ved afformning, hvorefter der efterrepareres med tyndpudsmørtel.

20.3.14 D. Undervandsstøbning, udfyldning i form

Metoder og forskalling vælges således, at der er et minimum af risiko for, at reparationsmaterialet opblandes med det omgivende vand, se princip for anordning heraf i figur 6.

Støbemetoden er den samme som ved undervandsstøbning i større skala, dvs. at røret, hvorigennem reparationsproduktet føres ned i formen, holdes dykket ned under den friske betonoverflade. Evt. forurenede (fortyndet) reparationsmateriale skal trykkes ud af formen, inden støbningen afsluttes og formen lukkes til.



Figur 6. Eksempel på anordning af form mv. ved reparation af en pæl i vand.

20.3.15 E. og F. Sprøjttestøbning, udfyldning uden form

Udhugning til reparationer, der skal udstøbes med sprøjtebeton, bør som hovedregel udføres som vist i figur 4 eller figur 7, der er de mest fordelagtige støbemetoder, idet næste alt formarbejde kan undgås. Til gengæld skal man så foretage en mere omfattende og omhyggelig afdækning.

Kravene til sprøjtebetonens delmaterialer og brugsegenskaber er de samme som gælder for beton til konstruktioner (DS/EN 206 og DS/EN 206 DK NA) og for beton til reparationer (DS/EN 1504-3). En sprøjtebeton anvendt til reparationer skal derfor være CE-mærket iht. DS/EN 1504-3.

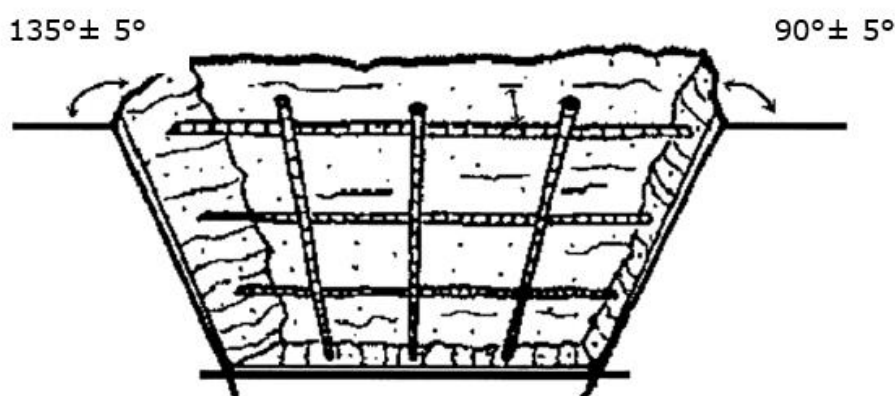
Ved våd sprøjttestøbning bliver en færdigblandet våd mørtel-/betonblanding fremført til støbestedet i slanger og sprøjtet på den pågældende overflade.

Ved tør sprøjttestøbning bliver der vha. luft igennem slanger fremført en tør mørtel- eller betonblanding, som først tilsættes vand ved dysen for enden af slangesystemet.

De nærliggende overflader skal beskyttes mod sprøjtetænk, sprøjtetågeaflejringer samt tilbageslagsmateriale, under påføring af sprøjtemørtel eller sprøjtebeton.

Inden sprøjtemørtel eller -beton påføres, vurderes behovet for forvanding, da det i dette tilfælde afhænger af det anvendte produkt.

Kravene i EN 14487-2 til udførelsen skal være opfyldt.



Figur 7. Udbygning til udfyldning nedefra. Th. er angivet minimumsvinkel, tv. er angivet maksimumsvinkel med omgivende flade.

Afbrydes sprøjtearbejdet, fx fordi der ikke kan påføres en tilstrækkelig lagtykkelse, så skal det allerede udførte afdækkes og beskyttes mod udtørring. Inden arbejdet med det/de efterfølgende lag skal underlaget renses for alt løst materiale. Dette sker som oftest ved blæserensning ved et højt tryk, så støbeskellet bliver rent og stærkt – se også afsnit 0 Rensning af støbeskel.

20.3.16 G. Profileringsmørtel, udfyldning uden form

Bearbejdelig og plastisk/formbar mørtel, der bruges til afretningslag for at lede vand væk fra opadvendte flader. Arbejdet skal udføres, så materialet er kompakt og overfladen fremstår jævn med det ønskede profil indenfor de gældende tolerancer. Der må ikke forekomme lunger, hvori der kan samle sig vand. Overfladens styrke skal være så stor som muligt, da den enten skal ligge eksponeret eller danne underlag for en videre behandling. Til udendørs anvendelse i Danmark skal materialet være frostbestandigt.

20.3.17 Litteraturliste

- [1] DS/EN 1504-9. Produkter og systemer til beskyttelse og reparation af betonkonstruktioner – Definitioner, krav, kvalitetskontrol og overensstemmelsesvurdering – Del 9: Generelle principper for brugen af produkter og systemer, 2010.
- [2] DS/EN 1504-3. Produkter og systemer til beskyttelse og reparation af betonkonstruktioner – Definitioner, krav, kvalitetskontrol og vurdering af overensstemmelse – Del 3: Konstruktiv og æstetisk reparation, 2006.
- [3] [Almindelig arbejdsbeskrivelse, Betonbro, Betonreparation – AAB Vejregler. Juli 2018.](#)