

Bæreevne ved udskiftning af beton og armering

Poul Linneberg
Chief Specialist
Operation and Maintenance & Steel

1 | FEBRUAR 2016
REPARATIONSDAG 2016



COWI

Agenda

- > Faser i reparationsprojektet og anvendelse af DS/EN 1504-serien
- > Oversigt over skader og traditionelle reparationsmetoder
- > Traditionelle forstærkningsmetoder
- > Eksempler på statiske forhold for bærende reparationer
 - > Uarmeret reparation i trykzonen
 - > Armeret reparation/forstærkning i trækzonen

2 | POUL LINNEBERG
REPARATIONSDAG 2016

COWI

PROJEKTFASER

OPLYSNINGER OM KONSTRUKTIONEN	VURDERINGSPROCES	VEDLIGEHOLDS-STRATEGI	PROJEKTERING AF REPARATIONS-ARBEJDE	REPARATIONS-ARBEJDE	GODKENDELSE AF REPARATIONS-ARBEJDET
Grundlæggende overvejelser og handlinger					
<ul style="list-style-type: none"> • Konstruktionens tilstand og historik • Dokumentation • Tidligere reparation og vedligehold 	<ul style="list-style-type: none"> • Klassifikation af og årsager til defekter • Sikkerhed/ vurdering af konstruktionen før beskyttelse og reparation 	<ul style="list-style-type: none"> • Muligheder • Principper • Metoder • Sikkerhed/ vurdering af konstruktionen før beskyttelse og reparation 	<ul style="list-style-type: none"> • Forudsat anvendelse af produkter • Krav <ul style="list-style-type: none"> – grundbeton – produkter – arbejde • Specifikationer • Tegninger • Sikkerhed/ vurdering af konstruktionen efter beskyttelse og reparation 	<ul style="list-style-type: none"> • Valg og anvendelse af produkter og systemer samt metoder og udstyr • Test af kvalitetskontrol • Sundhed og sikkerhed 	<ul style="list-style-type: none"> • Godkendelsesprøvning • Udbedrende arbejde • Dokumentation
Relevante punkter i denne europæiske standard og andre dele af EN 1504-serien					
<ul style="list-style-type: none"> • Pkt. 4 i denne europæiske standard 	<ul style="list-style-type: none"> • Pkt. 4 i denne europæiske standard 	<ul style="list-style-type: none"> • Pkt. 5 og 6 i denne europæiske standard 	<ul style="list-style-type: none"> • EN1504-2 til EN 1504-7 • Pkt. 6, 7 og 9 i denne europæiske standard 	<ul style="list-style-type: none"> • Pkt. 6, 7, 9 og 10 i denne europæiske standard • EN 1504-10 	<ul style="list-style-type: none"> • Pkt. 8 i denne europæiske standard • EN 1504-10

A.5.3.2 Statiske faktorer

Vurderingen af konstruktionen forud for reparation kan udvides til at omfatte en vurdering af indvirkningen af reparationsarbejdet på bæreevnen både under reparationsarbejdet og efter færdiggørelse.

Der bør være særlig opmærksomhed på, hvor stor en volumen af betonen og armeringen, der skæres væk fra bærende konstruktionsdele, samt den virkning dette vil have på bæreevnen fremover. Et eksempel er fjernelse af beton fra trykpåvirkede dele, som ændrer lastvejene på en måde, så reparationerne faktisk ikke er bærende. I sådanne tilfælde bør der anvendes reparationsprincipper, der minimerer afsprængning og reparation, og/eller som anvender understøtning til aflastning af egenlast under reparation.

A.6.2.1.5 Princip 4 – Forstærkning af konstruktionen

Når princip 4 anvendes, er det vigtigt, at der tages højde for samtlige spændinger forbundet med en reparation og med den oprindelige og nedbrudte konstruktion. Visse systemer kan påføre den reparerede konstruktion yderligere spændinger, hvilket fører til ændringer i konstruktionens oprindelige virkemåde.

Mens injektion eller overfladeforsegling af revner ikke forstærker konstruktionens bæreevne, kan injektion anvendes til at genoprette bæreevnen i en konstruktionsdel, til den tilstand den havde, inden revnedannelsen opstod (fx når der er opstået midlertidig overbelastning).

Principper og metoder		Forberedelse Se punkterne	Påføring Se punkterne	Kvalitetskontrol Se punkterne
Metoder til opfyldelse af princip 4 – Konstruktiv forstærkning				
Følgende metoder opfylder princippet om at forøge eller genskabe et konstruktionselements bæreevne.				
4.1	Tilføjelse eller udskiftning af indstøbte eller ydre armeringsstænger af stål	7.1, 7.3.1, 7.3.2, 8.2.1, 8.3.2	8.1, 8.2.8, 8.3.1, 8.3.3 og ENV 13670-1 og prEN 10080-1: 1999-07	9.1, 9.2
4.2	Indbygning af armeringsstænger i præformede eller borede huller i betonen	7.1, 7.2.1, 7.2.2	8.1, 8.2.1, 8.2.8, 8.3.1, 8.3.3	9.1, 9.2
4.3	Påklæbning af plader Ved denne metode påklæbes forstærkningsplader på ydersiden af et element i betonkonstruktionen.	7.1, 7.2.1, 7.2.2, 7.2.3, 7.2.4	8.1, 8.2.1, 8.2.6, 8.2.9	9.1, 9.2
4.4	Påføring af ekstra mørtel eller beton Ved denne metode fastgøres ekstra mørtel eller beton på betonkonstruktionen.	7.1, 7.2.1, 7.2.2, 7.2.3, 7.2.4	8.1, 8.2.1, 8.2.2, 8.2.3, 8.2.4, 8.2.5	9.1, 9.2
4.5	Injicering af revner, hulrum eller mellemrum Ved denne metode injiceres passende væske i betonen.	7.1, 7.2.1, 7.2.2	8.1, 8.2.1, 8.2.2, 8.2.5, 8.2.6	9.1, 9.2
4.6	Udfyldning af hulrum, revner eller mellemrum	7.1, 7.2.1, 7.2.2	8.1, 8.2.1, 8.2.2, 8.2.5, 8.2.6 [2]	9.1, 9.2

[2] Punkt 8.2.1 og 8.2.5 gælder kun for cementmørtel.

Skadetyper:

- > Overfladeskader (dybde 0-30 mm):
 - > Skader i dæklag
- > Dybtgående skader (dybde 30-80 mm):
 - > Skader m. korrosion på hovedarmeringen
- > Særlige skader (dybde > 100 mm):
 - > Skader forårsaget af gennemsvivninger (AKR/frost)
 - > Skader fra fejludførelse (stenreder, kolde støbeskel, sjusk)
 - > Skader som skyldes statiske fejl

Reparationsmetoder:

- > Genudstøbning:
 - > Supplering: Overfladebehandling
- > Genudstøbning/forstærkning:
 - > Afstivning/aflastning/(belastning), forstærkning, forankringer
- > Udskiftning/forstærkning
 - > Afstivning/aflastning/(belastning), forstærkning, forankringer

Traditionelle forstærkningsmetoder (bøjning)

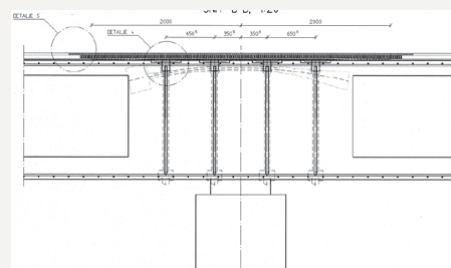
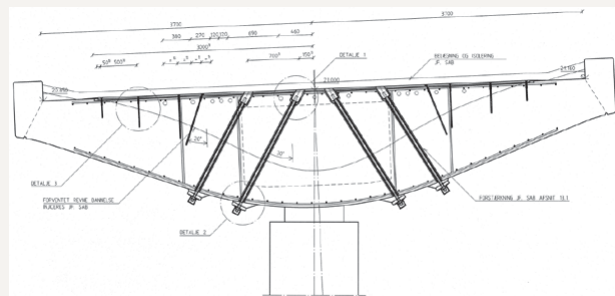
- > Forøgelse af konstruktionshøjde
- > Ændring af statisk system (eks. kontinuitet for simpelt oplagte konstruktioner)
- > Sammenspænding (større fordelingsbredde, øv. foto)
- > Udstøbning i ribbedæk (særlig støbeteknik, efterinjicering)
- > Ekstern forspænding (ned. foto)
- > Etablering af stålkonstruktion under dæk
- > Udskiftning af bærende elementer
- > Påklæbning af stållameller
- > Kulfiber



COWI

Traditionelle forstærkningsmetoder (forskydning)

- > Etablering af (spændt) armering på tværs af brud
- > Stålkappe omkring bjælker (forskydningsdorne, efterinjicering)



COWI

Eksempler på statiske forhold for bærende reparationer

> Uarmeret reparation i trykzonen

> Forskydning i støbeskel pga. last (herunder svind)

> Rep. materiale skal have:

> lavt svind



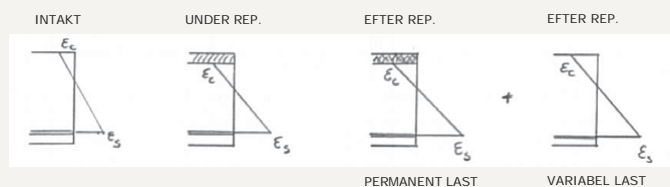
> god vedhæftning til eksisterende beton

> samme mekaniske egenskaber som eksisterende beton (temp. udvidelse, stivhed etc.)
NB: Husk "early-age behavior"



Eksempler på statiske forhold for bærende reparationer

> Uarmeret reparation i trykzonen (fortsat)



> Hvis beton i trykzonen skal være bærende for egenvægt, skal der foretages aflastning

Eksempler på statiske forhold for bærende reparationer

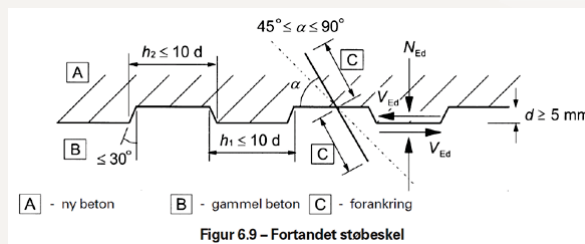
> Uarmeret reparation i trykzonen (fortsat)

> Iht. DS/EN 1992-1-1:

$$> v_{Edi} \leq v_{Rdi}$$

$$> v_{Edi} = \beta \cdot V_{Ed} / (z \cdot b_i) \quad (\text{last})$$

$$> v_{Rdi} = c \cdot f_{ctd} + \mu \cdot \sigma_n \leq 0.5 \cdot v \cdot f_{cd} \quad (\text{bæreevne})$$



Figur 6.9 - Fortandet støbeskel

Klassificering	Kohæsion $c (\sigma_n > 0)$	Friktion μ	Kommentarer
Glat	0.025-0.10	0.5	Overflade støbt mod stål-, plast- eller specielt forberedte træforme
Jævn	0.20	0.6	Overflade støbt i glideform, ved ekstrudering eller vibreret overflade uden efterbehandling
Ru	0.40	0.7	Overflade med mindst 3mm ruhed med 40 mm mellemrum...
Fortandet	0.5	0.9	Overflade iht. figur 6.9

Eksempler på statiske forhold for bærende reparationer

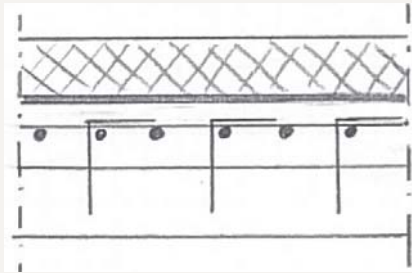
> Uarmeret reparation i trykzonen (fortsat)

> Ingen mekaniske forbindelser nødv. ved hydronedbrydning med forskydnings- og trækspændinger under 0.4 MPa (jf. DS/EN 1504-10)

> Minimumsarmering i støbeskel vil sikre mod skørt brud, hvis kohæsionen mistes (mindre for plader, da fuldstændig tab af kohæsion er sjældent), se fib MC2010

Eksempler på statiske forhold for bærende reparationer

- > Armeret reparation (forstærkning) i trækzonen ($h_{rep} > ca. 80 \text{ mm}$)



ISOLERING+BELÆGNING

REPARATION

EKSIST. BRODÆK

Eksempler på statiske forhold for bærende reparationer

- > Armeret reparation (forstærkning) i trækzonen
 - > Lægdearmering kun bærende for variabel last, alt. aflastning af konstruktion
 - > Forankrings- og stødlængder iht. EN 1992-1-1
 - > Stængernes form (opbukning, krog eller U-bøjle)
 - > Dæklag
 - > Tværarmering
 - > Tværtryk
 - > + regler for (tætliggende) stød
 - > men EN 1991-1-1 gælder kun for ribbet armering...se information i DK NA
 - > Ved korrosion skal man over i speciallitteraturen => eks. Chalmers (SE)

Eksempler på statiske forhold for bærende reparationer

- > Armeret reparation (forstærkning) i trækzonen (fortsat)
 - > Forskydning i støbekel iht. EN 1991-1 (nu med nødv. armering)

Adhesive bonding and mechanical interlocking Shear-friction due to axial load and reinforcement

$$v_{Rdi} = \overbrace{c f_{ctd}} + \overbrace{\mu \sigma_n + \rho f_{yd} (\mu \sin \alpha + \cos \alpha)} \leq 0.5 v f_{cd}$$

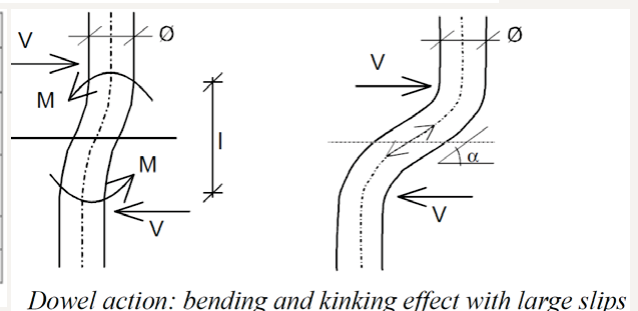
Eksempler på statiske forhold for bærende reparationer

- > Armeret reparation (forstærkning) i trækzonen (fortsat)
 - > Forskydning i støbekel iht. fib MC 2010 (arm. 90deg)

$$\tau_u = \underbrace{\tau_a}_{\text{Adhesion/interlock}} + \underbrace{\mu \cdot (\rho \cdot \kappa_1 \cdot f_y + \sigma_n)}_{\text{Shear friction}} + \underbrace{\kappa_2 \cdot \rho \cdot \sqrt{f_y \cdot f_{cc}}}_{\text{Dowel action}} \leq \beta_c \cdot v \cdot f_{cc}$$

Surface Roughness	c_r	κ_1	κ_2	β_c	μ	
					$f_{ck} \geq 20$	$f_{ck} \geq 35$
Very rough* $R_t \geq 3.0$ mm	0.2	0.5	0.9	0.5	0.8	1.0
Rough $R_t \geq 1.5$ mm	0.1	0.5	0.9	0.5	0.7	
Smooth	0	0.5	1.1	0.4	0.6	
Very smooth	0	0	1.5	0.3	0.5	

* valid also for shear keys



Eksempler på statiske forhold for bærende reparationer

- > Armeret reparation (forstærkning) i trækzonen (fortsat)
 - > Dornvirkning er jo ikke helt nyt



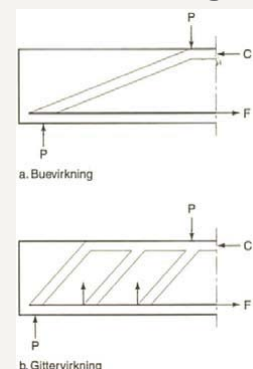
- > ...og som også gengivet i M.P. Nilesen LACP
- > ...og som også kan beregnes vha. HILTI Profis Anchor

Eksempler på statiske forhold for bærende reparationer

- > Ved ikke-forskydningsarmerede plader optages forskydning v. buevirkning

=> horisontalkraft fra skrå betontryk skal overføres i et evt. vandret støbeskel

=> normalt ok for mellemunderstøtninger, men specielle tiltag ved endeunderstøtninger, hvor kraften skal over i hovedarmeringen



- > Støbeskel må i reglen armeres, da betontrykhældningen er for lille til at levere en tilstrækkelig normalspænding

Eksempler på statiske forhold for bærende reparationer

- › Armeret reparation (forstærkning), ved frie rande efter fib MC2010:

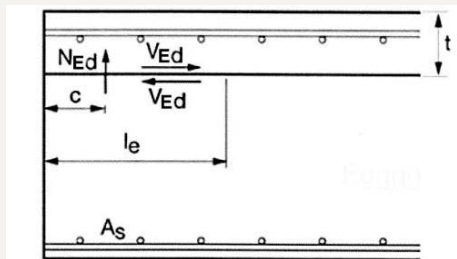


Figure 6.3-7: Edge reinforcement

Ved manglende beregninger kan betonens trækstyrke antages som forskydningskraft:

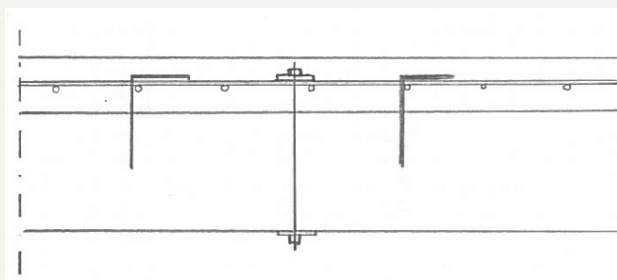
$$V_{Ed} = t \cdot b \cdot f_{ctd}$$

Delamineringskraft der skal forankres:

$$N_{Ed} = \kappa_1 \cdot A_s \cdot f_{yd}$$

Eksempler på statiske forhold for bærende reparationer

- › Armeret reparation (forstærkning) i trækzonen (fortsat)
 - › L-jern og iborede ankere (sidstnævnte giver ekstra global forskydningskapacitet)
 - › 1 stk. gevindstang m. stålplade vist



ISOLERING OG BELÆGNING IKKE VIST

REPARATION

EKSIST. BRODÆK



Eksempler på statiske forhold for bærende reparationer

- › Armeret reparation (forstærkning) i trækzonen (fortsat)
 - › Prøvning af forankringsstyrke og vedhæftning



Eksempler på statiske forhold for bærende reparationer

- › Armeret reparation (forstærkning) i trækzonen (fortsat)
 - › Forspændte ankre
 - › Kan give større forskydningskapacitet
 - › Kræver foringsrør og studse for injicering (x2)



Tak for jeres opmærksomhed

Poul Linneberg, COWI
pli@cowi.dk