

HÅNDBOG

PROJEKTERINGSGRUNDLAG FOR BROER

ANLÆG OG PLANLÆGNING

JUNI 2017

VEJREGLER

FORORD

Denne håndbog omhandler projekteringsgrundlag for broer.

Håndbogen indeholder kun en del af de afsnit, som den endelige håndbog påtænkes at indeholde. Håndbogen vil løbende blive suppleret med de manglende afsnit, som i indholdsfortegnelsen er angivet med "{ikke udarbejdet}".

Håndbogen for projekteringsgrundlag for broer er oprindelig udarbejdet i oktober 2013 af vejregelgruppen Bygværker med COWI og JB Consult som rådgivere. Denne udgave af håndbogen er med Rambøll som rådgiver udført under vejregelgruppen Bygværker, der i perioden havde følgende sammensætning:

Erik Stoklund Larsen, Vejdirektoratet, formand
Niels Jørgensen, Atkins Danmark A/S, fagsekretær (indtil december 2015)
Lene Tørnæs Helbo, Rambøll, fagsekretær (fra januar 2016)
Barbara MacAulay, Vejdirektoratet
Christian Munch-Petersen, Emcon A/S
Erik Berg Madsen, Dansk Byggeri (fra august 2015)
Hans Henrik Ebsen Christensen, Rambøll
Henrik Erndahl Sørensen, Teknologisk Institut (fra august 2015)
Jens Sandager Jensen, COWI
Niels Højgaard Pedersen, Vejdirektoratet (fra marts 2015)
Otto Bach Ulstrup, Banedanmark
Patrick Dehn, MT Højgaard
Peter Hammer de Jong, Københavns Kommune (fra august 2015)
Peter Snog Nielsen, Lemminkäinen
Steen Hansen, Jorton A/S
Søren Birk Jensen, Varde Kommune (indtil oktober 2015)
Søren Grubbe Nielsen, SWECO
Vibeke Wegan, Vejdirektoratet
Jeanne Rosenberg, Vejdirektoratet, projektleder (indtil marts 2017)
Tea Dyrbye Jensen, Vejdirektoratet, projektleder (fra april 2017)

Håndbogen "Projekteringsgrundlag for broer" er tilføjet følgende nye afsnit:

- 4.1 Geotekniske konstruktioner
- 4.2 Betonkonstruktioner

Som følge af, at håndbogen "Vejregler for vejes geometri under og over broer" skal udgå er relevante dele herfra overført til følgende afsnit i håndbogen "Projekteringsgrundlag for broer":

- 2.3.2 Geometri
- 4.10 Afvanding af broer

Herudover er der i håndbogen ændret på anvendelsesområdet for fugtisoleringstypen tynd isolation i følgende afsnit:

- 4.9 Fugtisolerings og brobelægning

INDHOLDSFORTEGNELSE

1	PROJEKTERINGSGRUNDLAGETS ANVENDELSE	6
2	PROJEKTERINGSBESTEMMELSER	7
2.1	Overordnede bestemmelser	7
2.1.1	Gyldighedsområde	7
2.1.2	Dokumenthierarki	8
2.1.3	Dispensationer	8
2.1.4	Definitioner	8
2.1.5	Forudsætninger	9
2.1.6	Målsætning for projekteringen	10
2.1.7	Konstruktiv udformning	10
2.1.8	Dimensioneringsprincipper	11
2.1.9	Enheder	11
2.2	Projektgrundlag	11
2.2.1	Basismateriale for projektering af broer	11
2.2.2	Broer over veje	11
2.2.3	Broer over jernbaner	12
2.2.4	Broer over vandløb	12
2.2.5	Broer over vand	12
2.3	Udformning, geometri og udstyr	12
2.3.1	Grundlag	12
2.3.2	Geometri	13
2.3.3	Udformning	13
2.3.4	Fugtisolering og belægning	16
2.3.5	Udstyr/aptering	16
2.3.6	Inspektion og vedligehold	16
2.3.7	Instrumentering {Ikke udarbejdet}	16
2.4	Udførelse	16
2.4.1	Generelt	16
2.4.2	Tolerancer og geometrikontrol	16
2.5	Dokumentation	17
2.5.1	Generelt	17
2.5.2	Grundlag	17
2.5.3	Dokumentation af statiske beregninger	17
2.5.4	Tegninger	18
2.5.5	"Som udført"-tegninger	18
2.5.6	Tilsynsrapporter	19
2.5.7	Arkivering	19
2.6	Kontrol og godkendelser	20
2.6.1	Formål og grundlag	20
2.6.2	Kontrol {Ikke udarbejdet}	20
2.6.3	Godkendelser {Ikke udarbejdet}	20
2.6.4	Kontrolniveauer {Ikke udarbejdet}	20
2.7	Kvalitetsstyring og miljøledelse	20
2.7.1	Generelt	20

3	DIMENSIONERINGSGRUNDLAG {IKKE UDARBEJDET}	20
4	MATERIALER OG DIMENSIONERINGSKRAV	21
4.1	Geotekniske konstruktioner	21
4.1.1	Grundlag	22
4.1.2	Materialer	25
4.1.3	Dimensionering og udformning	27
4.1.4	Konstruktive bestemmelser	37
4.1.5	Udbuds- og projektmateriale	38
4.2	Betonkonstruktioner	39
4.2.1	Grundlag	39
4.2.2	Levetid og holdbarhed	40
4.2.3	Materialer	42
4.2.4	Dimensionering	46
4.2.5	Konstruktive bestemmelser	49
4.2.6	Broer med vægtreducerede udsparinger	51
4.2.7	Betonlejer/betoncharnierer	53
4.2.8	Elementbroer	60
4.2.9	Broer med ekstern forspænding	64
4.3	Stålkonstruktioner {Ikke udarbejdet}	65
4.4	Kompositkonstruktioner beton – stål {Ikke udarbejdet}	65
4.5	Trækonstruktioner {Ikke udarbejdet}	65
4.6	Konstruktionselementer i andre materialer {Ikke udarbejdet}	65
4.7	Lejer	65
4.7.1	Grundlag	66
4.7.2	Materialer	66
4.7.3	Dimensionering og udformning	67
4.7.4	Konstruktive bestemmelser	69
4.7.5	Udbuds- og projektmateriale	69
4.8	Mekaniske fugekonstruktioner	70
4.8.1	Grundlag	71
4.8.2	Materialer	71
4.8.3	Dimensionering og udformning	71
4.8.4	Konstruktive bestemmelser	74
4.8.5	Udbuds- og projektmateriale	74
4.9	Fugtisolerings og brobelægning	75
4.9.1	Grundlag	75
4.9.2	Materialer	76
4.9.3	Dimensionering	81
4.9.4	Konstruktive bestemmelser	81
4.9.5	Fremstilling, levering og indbygning	82
4.9.6	Eftersyn og vedligehold	82
4.9.7	Projektopfølgning	82
4.10	Afvanding af broer	83
4.10.1	Grundlag	83
4.10.2	Materialer	84
4.10.3	Dimensionering og udformning	84
4.10.4	Konstruktive bestemmelser	90
4.10.5	Udbuds- og projektmateriale	91
4.11	Broautoværn og –rækværk {ikke udarbejdet}	91

1 PROJEKTERINGSGRUNDLAGETS ANVENDELSE

Baggrund

Projekteringsgrundlag for mindre og mellem store broer er udarbejdet som konsekvens af den stigende anvendelse af totalentrepriseudbud og udbud af broprojekteringsopgaver.

Denne udvikling har affødt et behov for at formulere krav og retningslinjer, der uanset valg af entreprenør og rådgiver sikrer

- at det færdige bygværk har den fornødne kvalitet med hensyn til funktion, sikkerhed, holdbarhed, vedligehold og drift i hele bygværkets levetid
- at den tilhørende projektdokumentation (tegninger, beregninger, tilsynsrapporter, driftsinstrukser mm.)
 - gør tilstrækkeligt rede for, at de grundlæggende krav til bygværket (funktion, sikkerhed, holdbarhed, vedligehold og drift) er opfyldt, og
 - har en tilstrækkelig kvalitet og detaljeringsgrad for den efterfølgende drift og vedligeholdelse af bygværket.

Formål

Formålet med projekteringsgrundlaget er at sikre en tilstrækkelig kvalitet af det færdige bygværk og den tilhørende projektdokumentation, blandt andet gennem fastsættelse af regler og anvisninger, som beskriver sædvanlig god praksis i tilfælde, hvor eksisterende normer og regler ikke er dækkende.

Med udgangspunkt heri indeholder projekteringsgrundlaget dels projekteringsbestemmelser og overordnet dimensioneringsgrundlag og dels dimensioneringsgrundlag, materialekrav og konstruktive bestemmelser for elementer, som indgår i broer herunder afvanding, lejer, fuger og broautoværn mm.

Ved udarbejdelsen er der lagt vægt på, at regler og anvisninger fremstår som funktionskrav og generelle krav frem for som detailkrav samt tilføjer reel værdi og kvalitet til det færdige bygværk.

Projekteringsgrundlaget er udarbejdet således, at det både kan anvendes i tilfælde, hvor projekteringsarbejdet udføres direkte for bygherren af en rådgiver og i de tilfælde, hvor projekteringsarbejdet er en del af en totalentreprise.

Anvendelse

Projekteringsgrundlaget er udarbejdet med henblik på anvendelse i forbindelse med projektering af nye vej- og stibroer med almindeligt forekommende udformning og spændvidder, men kan også anvendes i forbindelse med udskiftning, ombygning, forstærkning og reparation af eksisterende vej- og stibroer.

Projekteringsgrundlaget kan ikke anses for at være dækkende for sporbærende broer, store broer og specielle brotyper såsom klapbroer og skrånstagsbroer, hvor der for den pågældende bro enten forudsættes udarbejdet supplerende krav og retningslinjer eller helt særskilt projekteringsgrundlag.

Opbygning

Projekteringsgrundlaget beskriver det almindelige projekteringsgrundlag suppleret med vejledningstekst under overskriften "Vejledning" således:

Vejledning

Vejledningstekst er skrevet med mindre skriftstørrelse.

Desuden er med *kursiv tekst* og indrykket fra venstre margen anført, hvilke valg bygherren skal/bør tage stilling til i forbindelse med projekteringen.

Bygherren skal/bør agere på kursiveret tekst som denne.

2 PROJEKTERINGSBESTEMMELSER

2.1 Overordnede bestemmelser

2.1.1 Gyldighedsområde

Projekteringsgrundlaget gælder for projektering af vej- og stibroer med spændvidde større eller lig med 2,0 m beliggende på det offentlige vejnet. Broer på private veje, der fører over offentlige vej bør også projekteres efter disse regler. Grundlaget gælder endvidere for andre bygværker i tilknytning til vejnettet, såsom støttevægge.

Projekteringsgrundlaget gælder som udgangspunkt også for sporbærende broer.

Vejledning

For sporbærende broer forudsættes udarbejdet supplerende regler, som tillemper og følger nye krav til kravene i dette projekteringsgrundlag.

Projekteringsgrundlaget gælder kun i begrænset omfang for følgende brotyper:

- Broer med større spændvidde end 80 m
- Broer med længde større end 600 m
- Broer hvor der anvendes særlige byggemetoder, såsom taktvis fremskubning og fri frembygning
- Bevægelige broer, såsom klapbroer, svingbroer og løftebroer
- Skråstagsbroer
- Hængebroer.

Vejledning

For ovennævnte broer forudsættes for det pågældende broprojekt udarbejdet supplerende krav og retningslinjer eller helt særskilt projekteringsgrundlag.

Projekteringsgrundlaget beskriver almindeligt projekteringsgrundlag dvs. almindelige/generelle krav, der i forbindelse med den konkrete anvendelse forudsættes suppleret med specifikke krav for det aktuelle projekt, benævnt Særligt Projekteringsgrundlag.

Projekteringsgrundlaget omfatter primært detailprojekteringsfasen, men anvendelsen af reglerne kan variere afhængigt af udbudsformen for projektering og udførelse. Projekteringsgrundlaget kan i

princippet også omfatte dele af de forudgående faser, såsom skitseprojekt og projektforslag, hvor dokumentationsomfanget og kravene hertil dog er langt mindre.

Projekteringsgrundlaget omfatter ikke arbejdet i forbindelse med forundersøgelser, indsamling af basismateriale og etablering af den del af projektgrundlaget, som normalt ligger i bygherreregii.

Projekteringsgrundlaget gælder både nyprojektering og projektering i forbindelse med reparation, forstærkning, ombygning og udskiftning.

2.1.2 Dokumenthierarki

Projekteringsgrundlaget gælder forud for de dokumenter, som der henvises til i projekteringsgrundlaget. I tilfælde af modstridende bestemmelser i disse projekteringsregler gælder de specifikke regler frem for de generelle.

Under de enkelte hovedafsnit er i prioriteret rækkefølge anført de dokumenter, som danner grundlag for projekteringen.

2.1.3 Dispensationer

Tilladelse til afvigelse fra dette projekteringsgrundlag skal gives skriftligt og kan kun gives af den aktuelle bygværksejer.

2.1.4 Definitioner

I dette afsnit er anført definitioner af de mest centrale og vigtige begreber.

Bro

Overføring eller underføring. Typiske brotyper er pladebroer, tunnelrammebroer og bjælkebroer.

Broudstyr

Udstyr, der etableres af bygværksejer, og som placeres/monteres på bygværket eller i dets umiddelbare nærhed, og som bl.a. tjener trafiksikkerhedsmæssige eller funktionelle formål. Broudstyr kan fx være: Bro- og vejautoværn, baggrundsafmærkning, belysning(smaster), beplantning, borde, bænke, færdselstavler, pullerter, rækværk, skilteportaler, støjskærme, trafikværn og vindposer.

Bygværk

Konstruktion af væsentlig betydning for trafiknettet såsom bro, tunnel, pæledæk, støttemur, ledningstunnel, gennemløb (med spændvidde ≥ 2 m), færgeleje og sluse.

Dokumentation

Projekteringsgrundlag, oversigtstegninger, detailtegninger, arbejdsbeskrivelser, arbejdstegninger, materialelister, spændelister, samt statiske beregninger. Dokumentation omfatter også udredninger, undersøgelser og rapporter, som udgør en del af projekteringsarbejdet. Redegørelse for udførelse af kontrolberegninger, kvalitetssikring o.lign. udgør også en del af dokumentationen.

Geoteknisk konstruktion

Fundament, pæleværk, støttevæg, spunsvæg, dæmning mm.

Integralbro

Bro hvor overbygning og underbygning er integreret ved sammenstøbning, dvs. uden mekaniske lejer og fuger mellem over- og underbygning.

Overføring

Bygværk, der fører vej, jernbane eller andet over den betragtede vej.

Projektering

Alle aktiviteter i forbindelse med planlægning, forberedelse, fastlæggelse og dimensionering af et anlægsprojekt.

Projekteringsgrundlag

Projekteringsforudsætninger, projekteringsbestemmelser og projektgrundlag.

Projektgrundlag

Basismateriale for projekteringen.

Underføring

Bygværk, hvor vej, jernbane eller andet føres under den betragtede vej.

Der henvises endvidere til definitionerne i regler, vejledninger mm., som der henvises til i projekteringsgrundlaget, samt til Vej- og trafikteknisk ordbog.

2.1.5 Forudsætninger**Projekteringsforudsætninger**

Det forudsættes, at fremskaffelse og etablering af projektgrundlaget er udført inden projekteringen igangsættes (kan evt. være en del af selve opgaven som en tidlig fase). Nødvendige godkendelser i tilknytning til dette skal ligeledes foreligge.

Projekteringen skal ledes og kontrolleres af erfarne broingeniører med indgående teoretisk baggrund og praktisk indsigt i det aktuelle fagområde.

Bygherren skal sikre, at der afsættes tilstrækkelig tid i den overordnede plan for projektet til at sikre en kvalitetsmæssig god projektering samt til kontrol og godkendelse af projektet og nødvendige dele heraf (fx afmærkningsplaner, rådgighedsret, validering, tredjepartskontrol mm.).

Bygherren skal gøre sig klart, hvilke tidsaspekter, der er forbundet med diverse krav til myndighedsbehandling, eksterne kontroller, godkendelser mv., og sikre, at der i den overordnede tidsplan for projektets gennemførelse opnås realistiske terminer for gennemførelse af alle delaktiviteter. Sådanne tidsfordrende aktiviteter bør fremgå af bygherrens udbudstidsplan.

Der skal udarbejdes en kvalitetsplan for projekteringen.

Grænseflader og organisation for projekteringen skal defineres.

Udførelsesforudsætninger

Anlægsarbejdet bør ikke igangsættes, inden godkendte projekttegninger foreligger, alle nødvendige beregninger er afsluttet, og beregningerne er kontrolleret. For anlægsarbejder med etapeopdelinger skal det sikres, at grænsefladerne er veldefinerede, og at alle oplysninger/data af betydning for den pågældende fase fra de efterfølgende faser er tilvejebragt og kvalitetssikret.

Der skal opstilles en kvalitetsplan for arbejdets udførelse.

Endvidere bør særlige forhold omkring trafikafvikling og miljø (støj, støv mm.) være klarlagt, og evt. krav i forbindelse med udførelsen bør være formuleret, indarbejdet i projektet og godkendt af de relevante myndigheder, inden arbejdet igangsættes.

Driftsforudsætninger

Ved anvendelse af projekteringsgrundlaget forudsættes at:

- konstruktionens anvendelsesområde ikke ændres uden revurdering af sikkerhed og funktionsevne,
- konstruktionen bliver tilfredsstillende vedligeholdt, således at sikkerhed og funktionsevne bevares, og
- der udarbejdes procedurer for udskiftning af komponenter, der er væsentlige for konstruktionens bæreevne, og som har en forventet levetid mindre end broens levetid.

2.1.6 Målsætning for projekteringen

Konstruktionen og dens enkelte elementer skal projekteres således, at de indenfor den forudsatte levetid:

- fungerer tilfredsstillende i forhold til de fastlagte forudsætninger og mål
- har tilstrækkelig holdbarhed og funktionsevne uden unødigt brug af ressourcer, forudsat normal vedligeholdelsesstandard
- vedbliver med at fremstå æstetisk som oprindeligt antaget, forudsat normal vedligeholdelsesstandard
- fungerer tilfredsstillende under normale driftsforhold med hensyn til komfort (svingninger) og deformationer/nedbøjninger og sætninger
- kan optage alle forudsatte laster og deformationer med tilfredsstillende sikkerhed mod brud og mod væltning, løft, udknækning eller anden hændelse, der ændrer konstruktionens statiske system væsentligt
- har tilfredsstillende sikkerhed mod udmattelsesbrud
- har tilstrækkelig robusthed og en tilfredsstillende sikkerhed mod ulykkeslaste, således at konstruktionen ikke beskadiges af ulykkeshændelser i et omfang, der står i misforhold til hændelsens omfang.

2.1.7 Konstruktiv udformning

Broer og bygværker, som omfattes af projekteringsgrundlaget, skal udformes, således at de:

- kan bygges på sikker og forsvarlig måde, hvor bygbarhed og byggetakt er tænkt ind i projektet
- er tilpasset de stedlige funderingsforhold,
- opfylder kravene til robusthed (kun mindre følsomme overfor ændringer i statisk system, variation af materialeparametre, korrosion og anden nedbrydning samt fejl og mangler ved udførelsen),
- er opbygget på baggrund af et entydigt konstruktivt system med enkle spændingsforløb og enkle detaljer uden unødigt store spændingskoncentrationer, og med god overensstemmelse mellem beregningsmodel og konstruktionens aktuelle virkemåde,
- giver tilfredsstillende adgang for inspektion, vedligehold og reparationer, og
- muliggør inspektion og udskiftning af lejer, fuger o.lign., som har kortere levetid end konstruktionen som helhed, uden væsentlige driftsgener.

Bygherren kan fremsætte supplerende krav om udformningen, fx vedrørende:

- *tilpasning til miljø, landskab og stedlige æstetiske hensyn*
- *en logisk og konsekvent opbygning af konstruktionen*
- *trafikkale gener under udførelsen, eksempelvis minimering af sådanne.*

2.1.8 Dimensioneringsprincipper

Projekteringsgrundlaget er baseret på grænsetilstandsmetoden (brudgrænse- og anvendelsesgrænsetilstande).

Det sikkerhedsniveau, som er lagt til grund for projekteringsgrundlaget skal opretholdes uanset valg af tekniske løsninger og beregningsmetoder.

Projekteringsforudsætningerne skal være i overensstemmelse med de specificerede tolerancekrav ved udførelsen.

Ved anvendelse af nye konstruktionstyper, hvor erfaringen er begrænset, skal der tages de fornødne hensyn hertil ved projekteringen, fx i form af øgede krav til dokumentation og verifikation.

Vejledning

Hvor der kan være usikkerhed om virkemåde af en konstruktion eller en samlingsdetalje, bør der anvendes konservative beregningsmodeller.

2.1.9 Enheder

Enheder skal være i henhold til SI-systemet.

2.2 Projektgrundlag

I dette afsnit er oplistet det tekniske basismateriale, som almindeligvis danner grundlag for projekteringen, samt nødvendigt supplerende materiale afhængigt af, hvad broen fører over.

2.2.1 Basismateriale for projektering af broer

Generelt basismateriale:

- Oversigtskort
- Plan
- Længdeprofil af veje
- Tværprofil af veje
- Terrænmodel af brostedet
- Geoteknisk rapport
- Ledningsoplysninger
- Trafikoplysninger
- Yderligere oplysninger om lokale forhold, der kan influere på valg af brotype
- Adgangsveje til byggeplads
- Arbejdspladsarealer og recipienter.

For eksisterende broer desuden:

- Eksisterende tegningsmateriale for broen
- General- og særeftersynsrapporter samt dokumentationsmateriale vedrørende tidligere udførte reparationer og forstærkninger.

2.2.2 Broer over veje

For broer over veje derudover:

- Basismateriale for alle veje, der har berøring med brostedet
- Data for skæringspunkt
- Krav til mindste frihøjde og fritrumsprofil, jf. "Grundlag for udformning af trafikarealer"
- Oplysninger om forberedelse for en evt. fremtidig udvidelse.

2.2.3 Broer over jernbaner

For broer over jernbaner derudover:

- Banemyndighedens generelle og supplerende betingelser for udførelse af vej bærende broanlæg
- Banemyndighedens krav til fritrumsprofil i den permanente situation såvel som i anlægsperioden, se BN1-59, Belastnings- og beregningsforskrift for sporbærende broer og "Fritrumsprofiler"
- Oplysninger om køreledninger og evt. forberedelse for fremtidigt kurvetillæg og fremtidigt ekstraspør
- Banemyndighedens regler for arbejder ved spor i drift.

Så tidligt i forløbet som muligt skal Banemyndighedens kommentering og godkendelse af projektet indhentes og indarbejdes i projektet. I den forbindelse skal gøres opmærksom på, at større indgreb i banens drift som sporspærringer og strømafbrydelser normalt skal bestilles 18-24 måneder i forvejen, således at konsekvenserne af sådanne samt evt. hastighedsnedsættelser i dele af anlægsperioden kan indarbejdes i køreplanerne. Desuden er der normalt krav om, at udførelsestiden skal minimeres.

2.2.4 Broer over vandløb

For broer over vandløb derudover:

- Længde- og tværprofil af vandløb ved brostedet
- Vandløbsregulativ
- Vandføringsobservationer, alternativt vandføringsberegninger (højeste og laveste vandstand)
- Vandets sammensætning
- Oplysninger om isforhold
- Oplysninger om evt. bådtrafik og krav til fritrumsprofil
- Særlige miljøkrav.

2.2.5 Broer over vand

For broer over vand derudover:

- Oplysninger om højeste og laveste vandstand
- Oplysninger om strøm og vindforhold
- Krav til fritrumsprofil for gennemsejlingsfag og oplysninger om nuværende og fremtidig skibstrafik
- Oplysninger om isforhold
- Særlige miljøkrav.

Udover ovenstående skal tilladelse fra Kystinspektoret sædvanligvis indhentes.

2.3 Udformning, geometri og udstyr

2.3.1 Grundlag

Broer skal med hensyn til udformning, geometri og udstyr projekteres i overensstemmelse med nedenfor nævnte dokumenter. Indeholder disse dokumenter indbyrdes modstridende bestemmelser, gælder dokumenterne i prioriteret rækkefølge.

1. Grundlag for udformning af trafikarealer
2. Tracering i byer
3. Tracering i åbent land
4. Handicapegnede veje – en projekteringshåndbog, Manual 2000, Vejdirektoratet
5. Øvrige vejregler i den udstrækning, der henvises til disse i projekteringsforudsætningerne og projektgrundlaget.

2.3.2 Geometri

Brogeometrien skal nøje tilpasses vejgeometrien med hensyn til længdeprofil, overgangskurver og tværfald mv., som forudsættes fastlagt i projekteringsgrundlaget.

Vejens længdeprofil skal så vidt muligt udformes således, at der sikres et tilstrækkeligt længdefald på broen af hensyn til broens holdbarhed og afvandingsforhold. Det bør således tilstræbes, at minimere antallet af nedløbsbrønde på broen.

Ved korte broer, dvs. broer med en længde op til ca. 15 m, kan afvanding af konstruktionen undtagelsesvis sikres ved at udføre brodækket med tagfald i længderetningen, se afsnit 4.10 vedrørende afvanding af broer.

Stibroers længdeprofil fastlægges under hensyntagen til de maksimale grænser for stigninger, som det fremgår af retningslinjerne i "Tracering i byer".

For vej- og stibroer fastlægges tværprofil på grundlag af vejens tværprofil suppleret med retningslinjerne i "Grundlag for udformning af trafikarealer" samt anvisningerne i "Projektering af bitumenbaseret fugtisolering og brobelægning". Se endvidere afsnit 4.10.

Krav til frihøjde og fritrumsprofil på det offentlige vejnet er givet i "Grundlag for udformning af trafikarealer" og for jernbaner generelt i "Fritrumsprofiler" udgivet af DSB Infrastruktur.

For broer med en del af overbygningen placeret over kørebaneniveau skal afstanden på tværs fra inderside broautoværn til inderside af den opragende del mindst svare til broautoværnets arbejdsbredde, dog min. 0,50 m.

Brosøjler og autoværn skal placeres, således at krav til oversigtsforhold og stopsigt er overholdt. Der henvises til håndbøgerne "Tracering i åbent land" og "Tracering i byer".

Samme krav gælder for broer placeret tæt på vejkryds. Der henvises til "Planlægning af vejkryds i åbent land" samt håndbøgerne "Vejkryds", "Krydsninger mellem veje og stier" og "Stikryds" i vejregler for byernes trafikarealer.

Alle 'vandrette' flader skal udføres med et minimumsfald på 15 ‰, eventuelt vha. kunstige fald.

Fortove på vej- og stibroer skal udformes handicapegnede, medmindre der udtrykkeligt dispenseres herfra.

2.3.3 Udformning

Valg af brotype

Forslag til brotype og overordnet udformning, herunder fx antal fag, åben/lukket bro og/eller rammebro/pladebro, bør udarbejdes i en tidlig fase og viderebearbejdes og fastlægges endeligt i en projektforslagsfase.

Ved valg af brotype og overordnet udformning skal følgende aspekter inddrages i vurderingen:

- Æstetik
- Anlægsøkonomi og totaløkonomi
- Holdbarhed, drift og vedligehold
- Primær funktion efter anlæg og i fremtiden

- Trafiksikkerhed i den permanente situation
- Trafiksikkerhed og -gener under udførelsen.

Videre bør følgende aspekter også inddrages i valget:

- Anlægstid
- Udførelsesmetode
- Fremtidige udvidelsesmuligheder.

Æstetik

Som udgangspunkt skal broer inklusiv understøtninger tilpasses de krydsende strækningers forløb således, at hver bro får en vis grad af individuelt præg. Som udgangspunkt betyder det, at overbygningens konturlinjer er parallelle med den overførte strækningens stationeringslinje, og at understøtninger/understøtningslinjer er parallelle med den underførte strækning i krydsningens skæringspunkt.

Vejledning

Ovenstående retningslinjer for den overordnede geometri er anført for at sikre et minimum af æstetisk tilpasning af konstruktionen. Bygherren kan skriftligt give accept af veldefinerede afvigelser herfra.

Bygherren skal tidligt i forløbet afgøre, om der skal inddrages æstetisk rådgivning i forbindelse med udformningen af konstruktionen. Evt. æstetisk rådgivning bør inddrages i de tidlige faser og senest i forbindelse med udarbejdelse af projektforslaget.

Videre skal bygherren sikre, at eventuelle præferencer og krav til den overordnede udformning defineres og indarbejdes i de tidlige faser. Dette uanset om præferencerne udelukkende er æstetisk begrundede eller har anden årsag, fx tryghedsskabende udformning.

Anlægsøkonomi og totaløkonomi

Ved sammenligning af de økonomiske forhold for forskellige løsninger skal såvel anlægsomkostninger som fremtidige drifts- og reparationsomkostninger medtages. Drifts- og reparationsomkostninger skal medtages for hele broens levetid.

Holdbarhed, drift og vedligehold

Af hensyn til holdbarhed, drift og vedligeholdelse skal antallet af fuger, lejer og afløb på broen begrænses samtidig med, at de bedst mulige faldforhold etableres.

Desuden skal evt. lejer og fuger udføres således, at de er tilgængelige for eftersyn og kan udskiftes uden væsentlige gener for trafikken.

Primær funktion efter anlæg og i fremtiden

Broens primære funktion efter anlæg/ombygning bør fastlægges entydigt, fx med hensyn til arealdisponering (antal kørebaner, cykel- og gangarealer, opholdsarealer mv. og bredder heraf), broklasse (bæreevne) og frihøjder/fritrumsprofiler for underført passage.

Tilsvarende bør overvejes, om broen skal projekteres til eller forberedes for eventuelle forventninger til fremtidige ændringer i broens funktion ud over de tolerancer og tillæg, der allerede er inkluderet i vejreglernes og banenormernes krav.

Trafiksikkerhed i den permanente situation

Af hensyn til trafiksikkerheden skal vurderes, om lokale forhold tilsiger, at der skal indarbejdes specielle krav, fx med hensyn til oversigtsforhold i forbindelse med placering af søjler og autoværn, bredde af rabatter mm.

Trafiksikkerhed og -gener under udførelsen

Når der bygges ved vej eller bane i drift, skal trafiksikkerheden i hele anlægsperioden sikres. Videre skal de gener for trafikken, som arbejdet vil forårsage analyseres, planlægges og accepteres af myndigheden for strækningen. For arbejder ved større veje og baner er det typisk et krav, at trafikgenerne minimeres.

Som en del af dette arbejde afdækkes med vej- og/eller banemyndighed muligheder for acceptable indgreb i trafikken, eksempelvis hel eller delvis afspærring, omkørsel, omlægning, hastighedsnedsættelse, tidsrum (nat, weekend). I relation til trafikafviklingen under arbejdet er anlægstid og udførelsesmetode også væsentlige parametre.

Bygherren og/eller strækningsmyndigheden kan have specielle rutiner og processer, der skal følges i forbindelse med planlægning og gennemførelse af indgreb i trafikken.

For indgreb i vejtrafik skal normalt udarbejdes afmærkningsplaner for indgrebet, og disse skal forelægges vejmyndigheden til godkendelse forud for udbud af projektet, med mindre denne aktivitet inkluderes som en del af ydelsen i det udbudte projekt.

Bygherren skal sikre, at de krav til rutiner, processer mv., der vil være gældende for det aktuelle projekt specificeres som en del af projekteringsgrundlaget. Videre skal bygherren klart specificere, hvilken part i processen, der varetager fx udarbejdelse af afmærkningsplaner, jernbanesikkerhedsplaner mv.

Anlægstid

Når der bygges i tilknytning til eksisterende vej eller spor i drift, er anlægstiden en af de væsentlige parametre i relation til trafiksikkerhed og -gener i anlægsfasen. Anlægstiden afhænger bl.a. af valg af brotype og -udformning.

For broer ved spor i drift skal det godtgøres, at den valgte løsning/udførelsesmetode giver den kortest mulige periode med gener for togdriften.

Udførelsesmetode

Analyse af udførelsesmetoder i forbindelse med fastlæggelse af brotype mv. er specielt relevant i forbindelse med opførelse/udskiftning/reparation af broer ved/på stærkt trafikerede veje og over/ved spor i drift, eller ved arbejde i miljømæssige følsomme områder.

Følgende udførelsesmetoder kan typisk komme på tale:

- Udførelse af overbygning i hævet position ('sænkebro')
- Indskubning, indrulning
- Etablering ved sideværts flytning
- Brug af præfabrikerede elementer
- Kompositløsninger
- Fri frembygning, lancering.

Ovennævnte forudsætter sædvanligvis udarbejdelse af detaljerede trafikafviklingsplaner, som skal godkendes af de relevante myndigheder.

2.3.4 Fugtisolering og belægning

Bestemmelser vedr. dimensionering af fugtisolering og belægninger er angivet i afsnit 4.9.

2.3.5 Udstyr/aptering

Bestemmelser vedr. dimensionering af lejer og fuger er angivet i hhv. afsnit 4.7 og 4.8.

For autoværn og rækværk på vej- og stibærende broer henvises til håndbogen "Autoværn og tilhørende udstyr" og vejreglerne "Broautoværn og -rækværker - AAB" og "Autoværn – Vejledning".

For rækværk på sporbærende broer henvises til "BN1-59 Belastnings- og beregningsforskrift for sporbærende broer".

2.3.6 Inspektion og vedligehold

Broer skal udformes således, at der etableres adgang til alle lukkede rum og celler for inspektion og vedligehold af brokonstruktionen og dens udstyr. Bygherren kan skriftligt give accept af veldefinerede afvigelser herfra.

Bygherren skal sikre, at krav til adgangsforhold til alle dele af konstruktionen fremgår entydigt af projekteringsgrundlaget.

Alle bevægelige dele skal kunne inspiceres så vidt muligt uden væsentlige gener for trafikken.

2.3.7 Instrumentering {Ikke udarbejdet}

2.4 Udførelse

2.4.1 Generelt

Der forudsættes udarbejdet kontrolplaner for udførelsen af alle fremstillings- og byggearbejder i henhold til retningslinjerne i vejreglerne og øvrige standarder.

2.4.2 Tolerancer og geometrikontrol

Projekteringsforudsætningerne skal være i overensstemmelse med de tolerancekrav, som er specificeret for udførelsen. De specificerede tolerancer skal dække tilfældige afvigelser ved udførelsen og må ikke udnyttes systematisk.

Krav til fremstillings- og byggetolerancer er angivet i:

- Betonbro – Beton - AAB
- Stålbroyer, Stålarbejde, AAB

inkl. de dokumenter, der henvises til heri.

For specielle konstruktionstyper kan gælde strengere tolerancekrav.

2.5 Dokumentation

2.5.1 Generelt

Beregninger og rapporter skal være overskuelige og redigeret med indholdsfortegnelse, forudsætninger, antagelser og resultater. Der bør udarbejdes et kortfattet sammendrag af resultaterne.

Dokumentationen for det færdige bygværk skal være ajourført.

Den udførte kontrol af projekteringen skal fremgå af dokumentationen.

Den projekterende skal angive eventuelle dele af konstruktionen, hvor en nøje kontrol af udførelse er specielt vigtig, således at dette kan indarbejdes i kontrolplanerne for anlægsarbejdet.

Om ikke andet er aftalt, skal dokumentationen udarbejdes på dansk.

Projekteringsgrundlagets krav til dokumentation gælder uanset i hvilket regi projekteringen udføres, som selvstændigt rådgivningsarbejde eller i forbindelse med en totalentreprise.

Der skal afsættes tilstrækkelig tid til myndighedernes kontrol og godkendelse, jf. også krav til bygherren om, at sådanne forhold er tilgodeset i den overordnede projekttidsplan (afsnit 2.1.5).

2.5.2 Grundlag

Dokumentationen skal udføres i overensstemmelse med nedennævnte dokumenter. Indeholder disse dokumenter indbyrdes modstridende bestemmelser, gælder dokumenterne i prioriteret rækkefølge.

1. Vejledning til belastnings- og beregningsgrundlag for vej- og stibroer
2. Øvrige vejregler i den udstrækning der henvises til disse i projekterings- og udbudsgrundlaget
3. Belastnings- og beregningsforskrift for sporbærende broer og jordkonstruktioner, BN1-59-4
4. Eurocodes og Euronormer i den udstrækning disse stiller krav til dokumentation
5. Danske standarder for tegninger, projektdokumenter og overføring af projektdata
6. 'bips' tegningsstandarder (bips: byggeri - informationsteknologi - produktivitet – samarbejde).

2.5.3 Dokumentation af statiske beregninger

Projekteringsforudsætningerne skal indeholde:

- Broklasse, trafikmængde, miljøklasser
- Lastantagelser og begrundelse for disse
- Valg af konstruktionsmaterialer med angivelse af materialeparametre og oplysninger om bestandighed
- Geotekniske designforudsætninger
- Forudsætninger med hensyn til byggemetode og udførelseskontrol
- Øvrige forudsætninger for beregningerne
- Evt. afvigelser fra bestemmelserne i projekteringsgrundlaget

Dersom nye eller utraditionelle metoder eller materialer ønskes benyttet, skal disse dokumenteres og anvendelse godkendes af bygherren.

Af beregningsdokumentationen skal fremgå:

- Konstruktionens statiske system

- Beskrivelse og begrundelse/verifikation for valg af modeller for statiske og/eller dynamiske beregninger, stivheder mv.
- Beregningsforudsætninger og beregningsmetoder
- Dimensionerende lastvirkninger
- Tolerancer såfremt løsningerne stiller særlige krav
- Dimensionering i henhold til projekteringsgrundlaget.

For alle beregningsmetoder skal kilder angives eller formler udledes i en sådan udstrækning, at rigtigheden kan kontrolleres. For anvendte EDB-programmer skal der foreligge brugerbeskrivelse som redegør for beregningsmetoder, forudsætninger, begrænsninger, programdokumentation, indlæsning af data og resultatudskrifter.

Beregningsdokumentationen skal være overskueligt redigeret og gennemskuelig, således at beregningsgangen kan følges, og en effektiv kontrol kan gennemføres. Beregningerne skal alt efter konstruktionens kompleksitet understøttes af overbliksskabende plots af de væsentligste snitkraftbidrag. Håndskrift kan benyttes.

Den beregningsmæssige dokumentation skal leveres broejer/bygherre i digital form sammen med "som udført"-tegninger for broen, jf. også afsnittene 2.5.4 og 2.5.5.

Beskrivelser og tilbudsliste skal i indhold, redigering og omfang udarbejdes i overensstemmelse med udbudsforskrifterne for broer.

Arbejdsbeskrivelserne skal desuden indeholde alle oplysninger, som kræves i henhold til konstruktionsnormerne.

2.5.4 Tegninger

Udførelse

Alt tegningsarbejde skal som udgangspunkt udføres vha. anerkendte CAD-programmer, hvor data kan udveksles mellem de involverede parter, det vil som oftest sige bygværksejer, projekterende og udførende.

I særlige tilfælde og i begrænset omfang kan håndtegninger accepteres, idet de dog skal foreligge i digital form ved fremsendelse.

Tegninger skal fortrinsvist udarbejdes til A1-format og skal være egnet til nedfotografering til A3-format.

Bygherren skal tage stilling til om og i givet fald specificere, at der kræves udarbejdet en CAD-manual for projektet. Specifikationen bør da omfatte krav om godkendelse hos bygherren forud for brug, ligesom det skal anføres, at alt tegningsmateriale udarbejdes i henhold til den godkendte manual.

2.5.5 "Som udført"-tegninger

Efter afslutning af anlægsarbejderne skal tegningerne ajourføres for alle ændringer foretaget under opførelsen.

"Som udført"-tegninger skal afleveres i 'frosset' neutralt fil-format, fx som PDF- eller TIF-filer.

Bygherren skal specificere, hvilket format "som udført"-tegninger ønskes leveret i.

2.5.6 Tilsynsrapporter

Efter aflevering af det udførte arbejde udarbejdes som en del af slutdokumentationen en tilsynsrapport.

Tilsynsrapporten skal udarbejdes med det mål for øje, at den omfatter de væsentligste oplysninger, der er indsamlet under arbejdets udførelse, og som kan forventes at være af betydning for den fremtidige drift. Disse oplysninger kan fx være oplysninger om anvendte materialer, hændelser under udførelsen (som fx måtte medføre behov for særlig opmærksomhed i den efterfølgende drift) og observationer af forhold, som kan være nyttig information i den fortsatte forvaltning af bygværket (fx observationer i forbindelse med udgravninger omkring eksisterende bygværk).

Tilsynsrapporten skal også omfatte en summarisk angivelse af omfang og art af udført arbejde, udførelsesperiode, anlægsomkostning, oplysninger om projektets parter (projekterende, udførende og tilsyn) og hvis aktuelt en summarisk erfaringstilbageføring rettet mod fremtidige, lignende projekter.

For arbejder af begrænset omfang kan rapporteringen begrænses til et kortfattet tilsynsnotat, der kan indgå i bygværkets arkivdata og historik.

Tilsynsrapporten/-notatet skal leveres bygværksejer i "frosset" neutralt fil-format, fx som PDF- eller TIF-fil.

Bygherren kan have krav til form, omfang, indhold mv. til tilsynsrapporten, fx i form af paradigme og/eller instruks.

Vejledning

Vejdirektoratet har et paradigme for Tilsynsrapport.

Bygherren skal – om ønsket – udlevere paradigme for tilsynsrapporten og krav til denne samt specificere, hvilket format tilsynsrapporten ønskes leveret i.

2.5.7 Arkivering

Den projekterende skal på betryggende måde opbevare ajourført projektdokumentation, herunder tegninger, beregninger og lignende i mindst 5 år.

Bygværksejeren har ansvaret for, at den ajourførte dokumentation, tegninger og sagsdokumenter for det færdige bygværk opbevares, så længe bygværket eksisterer. Opbevaringen skal ske på betryggende vis, og dokumentationen skal være let tilgængelig til brug for eftersyn, vurdering af skader, reparationer og evt. ombygning.

Vejledning

Materiale, som vil være relevant at arkivere knyttet til bygværket i resten af dets levetid, er fx:

- Geotekniske rapporter
- Myndighedskorrespondence (tilladelser, aftaler, protokoller, betingelser, mv.)
- "Som udført"-tegningsmateriale
- Statiske beregninger
- Særlige betingelser og beskrivelser (SB, SAB)
- Entreprisekontrakt inkl. udfyldt tilbudsliste
- Afleveringsprotokol
- Garantiperiodeprotokoller

- Tilsynsrapport/-notat
- Drifts- og vedligeholdelsesaftale med anden myndighed.

Bygherren kan have en arkivinstruks eller lignende, der stiller specifikke krav til form, format, omfang, indhold mv. af materiale, der arkiveres hos bygherren.

Vejledning

Vejdirektoratet og Banedanmark har specifikke krav til leveringsform, omfang mv. af projektdokumentation til bygherrens egen arkivering.

Bygherren skal – om ønsket – udlevere arkivinstruks eller lignende med klar specifikation af leveringsform af materiale til egen arkivering, dersom dette ønskes. Denne information skal meddeles og leveres før detailprojektering igangsættes.

2.6 Kontrol og godkendelser

2.6.1 Formål og grundlag

Kontrol af projekteringen skal verificere, at kravene i belastnings- og beregningsregler, projektgrundlaget mv. er opfyldt.

2.6.2 Kontrol {Ikke udarbejdet}

2.6.3 Godkendelser {Ikke udarbejdet}

2.6.4 Kontrolniveauer {Ikke udarbejdet}

2.7 Kvalitetsstyring og miljøledelse

2.7.1 Generelt

Formålet med kvalitetsstyringen er at sikre, at den kvalitet, der er defineret ved projekteringsgrundlaget, opnås.

Den projekterende skal have etableret og anvende et kvalitetsstyringssystem. Det anvendte kvalitetsstyringssystem skal bygge på de internationale standarder i ISO 9000-serien.

Bygherren kan foretage kvalitetsaudits af den projekterendes kvalitetsstyringssystem og dets anvendelse på projektet.

3 DIMENSIONERINGSGRUNDLAG {IKKE UDARBEJDET}

4 MATERIALER OG DIMENSIONERINGSKRAV

4.1 Geotekniske konstruktioner

Dette afsnit beskriver grundlaget for dimensionering af geotekniske konstruktioner for vej- og stibroer.

Vejledning

Sporbærende geotekniske konstruktioner er behandlet i banenorm BN1-59 og BN1-188 Beregningsforskrift for jordkonstruktioner (under udarbejdelse).

Geotekniske konstruktioner defineres i denne sammenhæng som konstruktioner, der

1. påvirkes af last fra jord og vand, herunder last som hidrører fra ydre laster som påføres jorden, fx trafiklast,
2. bæres af jord,
3. virker ved en kombination af 1 og 2,
4. har en virkemåde, som i væsentlig grad beror på jords styrke- og deformationsegenskaber.

Følgende typer geotekniske konstruktioner er behandlet.

Direkte fundering

- Direkte på intakt jord
- Gruspudedefundering
- Fundering med borede fundamenter/brøndfundamenter.

Pælefundering

- Rammede præfabrikerede betonpæle
- Rammede stålpæle og spunsprofiler
- Borede pæle
- Minipæle (micropiles)
- Nedskruede pæle.

Forankringer

- Cementinjicerede jordankre
- Pæle (minipæle (træk), tværbelastede pæle, pælebukke)
- Ankerplader
- Ankervæg.

Støttekonstruktioner

- Støttemure (betonstøttemure, gabionvægge)
- Støttevægge (spuns-, københavner-, kombi-, sekantpæle- og slidsevægge)

Sætnings-/overgangsplader

Herudover omhandler afsnittet:

- Geotekniske forundersøgelser
- Grundvandssænkning

Dæmninger er ikke behandlet i dette afsnit.

Armerede jordkonstruktioner er behandlet i særskilt håndbog ”Projekteringsgrundlag for armerede jordkonstruktioner” (under udarbejdelse) og er derfor ikke medtaget i dette afsnit.

4.1.1 Grundlag

Geotekniske konstruktioner skal projekteres i overensstemmelse med følgende normer og standarder, som er direkte relateret til geotekniske konstruktioner. I tilfælde af indbyrdes modstrid gælder dokumenterne i prioriteret rækkefølge.

1. Vejledning til belastnings- og beregningsgrundlag for broer
2. Banenorm BN1-59
3. Eurocodes inkl. DK NA

DS/EN 1990/A1	Eurocode 0, Annex 2: Application for bridges
DS/EN 1990	Eurocode 0: Projekteringsgrundlag for bærende konstruktioner
DS/EN 1991-1- til -7	Eurocode 1: Last på bærende konstruktioner
DS/EN 1991-2	Eurocode 1: Del 2: Trafiklast på broer
DS/EN 1997-1 og -2	Eurocode 7: Geoteknik
DS/EN 1993-5	Eurocode 3: Stålkonstruktioner - Del 5: Pilotering
4. Diverse materiale-normer, herunder særligt

DS/EN 10248-1 og -2	Varmvalsede spunsvægge
DS/EN 10249-1 og -2	Koldformede spunsvægge af ulegerede stål
DS/EN 12794	Præfabrikerede betonelementer – Funderingspæle
DS/EN14081	Trækonstruktioner – Styrkesorteret konstruktionstræ med rektangulært tværsnit
5. Diverse udførelsesstandarder, herunder særligt

Udbudsforskrift	Betonbro – Fundering – AAB
Udbudsforskrift	AAB bundsikring af sand og grus
DS/EN 1536	Udførelse af særlige geotekniske konstruktioner. Borede pæle
DS/EN 1537	Udførelse af særlige geotekniske konstruktioner. Jordankre
DS 1537	Udførelse af særlige geotekniske konstruktioner – Jordankre – Prøvning
DS/EN 1538	Udførelse af særlige geotekniske arbejder. Slidsevægge
DS/EN 12063	Udførelse af særlige geotekniske konstruktioner. Spunsvægge
DS/EN 14199	Udførelse af specielle geotekniske arbejder. Minipæle
DS/EN 12699	Udførelse af specielle geotekniske arbejder. Fortrængningspæle
6. Diverse baggrundsdokumenter

DS415:1984	Norm for fundering (ikke-gældende)
DGF Bulletin 1	Vejledning i Ingeniørgeologisk prøvebeskrivelse, 1995
DGF-bulletin 21	Præfabrikerede funderingspæle af beton, 2008
DGF-bulletin 18	Funderingshåndbogen, 2005
Platt Grundläggning	Bergdahl et al, 1993

4.1.1.1 Forundersøgelse

Som grundlag for projektering af geotekniske konstruktioner skal der af bygherren udføres geotekniske forundersøgelser i henhold DS/EN 1997-1 og DS/EN 1997-2 inkl. tilhørende DK NA. Beskrivelser af prøver skal udarbejdes i henhold til DGF Bulletin 1 "Vejledning i Ingeniørgeologisk prøvebeskrivelse". Forundersøgelserne skal danne baggrund for fastlæggelse af alle relevante geotekniske parametre for alle jordlag af betydning for projekteringen og de tilhørende eftervisninger.

Udover at opfylde kravene i DS/EN 1997-1 og -2 skal forundersøgelserne være udført i sådant et omfang og til en sådan detaljeringsgrad, at de kan danne baggrund for valg af løsningstyper samt fastlæggelse af sandsynlige mængder samt mulige mængdevariationer. Desuden skal det af undersøgelserne fremgå, hvilke forholdsregler og interimsforanstaltninger, der kan forventes at skulle iværksættes i forbindelse med udførelsen af de af bygherren påtænkte geotekniske konstruktioner.

Som en del af de geotekniske forundersøgelser skal det vurderes, om de aktuelle jordbundsforhold giver anledning til skærpede krav til holdbarheden af de konstruktioner, som skal placeres i jorden. Som eksempel kan nævnes forøgede korrosionstillæg for spuns vægge eller skærpede krav til betonkvaliteten for betonfundamenter.

Fastlæggelse af geoteknik kategori og undersøgelsesomfang

I forbindelse med de geotekniske forundersøgelser er det vigtigt, at retningslinjerne for valg af geoteknik kategori samt for udførelse af de tilhørende undersøgelser nøje følges. Der henvises til DS/EN1997-1 afsnit 2.1 (10) til (21) samt DS/EN 1997-1 DK NA annek K.3 for fastlæggelse af geoteknik kategori.

Det anbefalede omfang af geotekniske undersøgelser fremgår af DS/EN1997-2. Omfanget af bygherrens forundersøgelser skal minimum svare til "Preliminary investigations" beskrevet i DS/EN1997-2 afsnit 2.3. Såfremt der er tale om en Situation-1-totalentreprise (beskrevet nedenfor), skal undersøgelsesomfanget dog svare til "Design investigations" beskrevet i DS/EN1997-2 afsnit 2.4.

For brofundamenter skal der minimum udføres 2 stk. boringer pr. fundament, alternativt 1 stk. boring og en CPT-test pr. fundament.

Vejledning

Omfanget af boringer pr. fundament kan begrænses til 1 stk., såfremt fundamentets udstrækning er begrænset til 10 m på tværs af broen, at fundamentet er henført til geoteknik kategori 2 og at der er begrundet formodning om, at jordbundforholdene i området er ensartede.

Omfanget af laboratorieforsøg afhænger især af konstruktionsløsningernes følsomhed overfor jordens styrke- og deformationsegenskaber.

For konstruktioner i geoteknik kategori 3 vil særlige supplerende undersøgelser sædvanligvis være nødvendige for at kunne fastlægge jordens egenskaber med tilstrækkelig nøjagtighed.

Vejledning

De supplerende undersøgelser omfatter i mange tilfælde konsolideringsforsøg, men også triaxialforsøg til fastlæggelse af anisotropi og lign. kan komme på tale. I kridtaflejringer kan specielle geofysiske undersøgelser blive aktuelle til lokalisering af kaviteter.

De geotekniske forundersøgelser skal afrapporteres i en geoteknisk undersøgelsesrapport, der angiver de værdier af geotekniske parametre, som kan anvendes ved projekteringen, og kommer med eventuelle anbefalinger omkring funderings- og beregningsmetoder.

Omfang af geotekniske undersøgelser

Det er bygherrens ansvar – uanset udbudsform – gennem forundersøgelser at tilvejebringe et entydigt projektgrundlag for funderingsarbejderne, således at prisfastsættelsen kan ske på et klart grundlag og risikoen for uforudsete jordbundsrelaterede problemer og efterkrav minimeres.

Ved traditionelle udbud af hovedprojekt etableres projektgrundlaget i et samarbejde mellem brorådgiveren og den geotekniske rådgiver, idet brotypen og placeringen af alle understøtninger er besluttet og kendt på forhånd.

I forbindelse med totalentrepriseudbud kan der i princippet være tale om to forskellige situationer hvad angår geotekniske forhold:

- 1. Konstruktionsløsning(-er) og understøtningsforhold er valgt på forhånd af bygherren*
- 2. Valg af konstruktionsløsning(-er) og understøtningsforhold er en del af konkurrencegrundlaget i forbindelse med udbuddet*

Vejledning

Situation 1 er i princippet identisk med situationen ved traditionelle udbud med veldefinerede geometriske forhold og relativt veldefinerede fundamentsbelastninger og kan håndteres på samme vis. Det vil sige, at den geotekniske rådgiver har udarbejdet en rapport, hvoraf konstruktionstype samt styrke- og deformationsparametre klart fremgår. I tilfælde af pælefundering bør den geotekniske rapport indeholde oplysninger om forventede pælelængder og de enkelte jordlag, som gør det muligt at indregne sidetryk (aktivt eller passivt) på pælene (tværbelastede pæle).

Situation 2 omfatter typisk større broer/projekter, for hvilke der altid bør udarbejdes et forprojekt, som analyserer mulige konstruktionsalternativer, herunder funderingsløsninger for forskellige broalternativer og evt. forskellige placeringer af entreprisegrænser. De geotekniske undersøgelser udføres på grundlag heraf og udføres så tilpas vidtfavnende/bredt og samtidigt tilstrækkeligt detaljeret til, at resultaterne herfra kan indgå i udbuddet som en del af kontraktgrundlaget, dvs. at styrke- og deformationsparametre er fastlagt for de anbefalede løsninger.

Forundersøgelserne skal i begge ovenstående situationer indeholde informationer om de hydrogeologiske forhold, herunder grundvandsspejlets beliggenhed (både i primære og sekundære grundvandsmagasiner). I den forbindelse skal klimaforandrings mulige indflydelse på den permanente konstruktion vurderes og rapporteres i den geotekniske undersøgelsesrapport.

Såfremt grundvandssænkning vurderes at være nødvendig for projektets gennemførelse, skal der i forbindelse med forundersøgelserne være foretaget en bestemmelse af alle nødvendige hydrauliske parametre til vurdering af behovet for, samt effekten og udbredelsen af en grundvandssænkning. I forbindelse med grundvandssænkning skal forundersøgelserne være så tilstrækkelige i både omfang og geografisk udbredelse, at indvirkningen på naboejendomme kan vurderes og i givet fald imødegås.

De geotekniske undersøgelses kontraktuelle status

Det er vigtigt, at det klart fremgår af udbudsmaterialet, hvilken status den vedlagte geotekniske rapport har, dvs. om den er en del af kontraktgrundlaget, eller om den kun er orienterende. Det bør så vidt muligt tilstræbes, at den geotekniske rapport har et sådant omfang og en sådan kvalitet, at den kan indgå som kontraktgrundlag i udbuddet.

Besværlige adgangsforhold bør ikke være en hindring for udførelse af tilstrækkelige geotekniske undersøgelser. Besværlige adgangsforhold på 'bar mark' kan være tegn på komplicerede funderingsforhold, og desto mere påkrævet er det, at få klarlagt de geotekniske parametre.

4.1.1.2 Supplerende geotekniske undersøgelser og detailundersøgelser

Ved totalentrepriser, hvor konstruktionsløsning(-er) og understøtningsforhold er valgt på forhånd af bygherren (situation 1) skal entreprenøren udføre supplerende geotekniske undersøgelser i det omfang bygherrens forundersøgelser ikke er tilstrækkelige til en detailprojektering iht. DS/EN 1997-1 af de specifikke konstruktionsløsninger. Omfanget af geotekniske undersøgelser skal være svarende til "Design investigations" beskrevet i DS/EN1997-2 afsnit 2.4

Entreprenøren skal også udarbejde en geoteknisk undersøgelsesrapport i det tilfælde, hvor bygherrens undersøgelser konkluderes tilstrækkelige. I denne rapport skal der argumenteres for, at undersøgelsen er tilstrækkelig i forhold til normkrav. Desuden skal forudsætningerne for projekteringen og etableringen af konstruktionerne anføres.

Vejledning

Disse supplerende undersøgelser bør beskrives og prissættes i forbindelse med tilbudsgivningen.

Ved totalentrepriser i situation 2, hvor konstruktionsløsning(-er) og understøtningsforhold ikke er valgt på forhånd af bygherren, skal totalentreprenøren udføre og afrapportere en geoteknisk detailundersøgelse svarende til "Design investigations" beskrevet i DS/EN1997-2 afsnit 2.4. Denne skal ligge til grund for detailprojekteringen af de geotekniske konstruktioner i projektet (samlet i en eller flere geotekniske projekteringsrapporter). I forbindelse med tilbudsgivningen skal totalentreprenøren evaluere bygherrens forundersøgelser og på den baggrund beskrive og prissætte de geotekniske undersøgelser, som han vurderer nødvendige for at kunne udføre detailprojekteringen.

Vejledning

Krav til omfang af laboratorieforsøg afhænger især af konstruktionsløsningernes følsomhed overfor deformationer.

For brofundamenter skal der minimum udføres 2 stk. boringer pr. fundament, alternativt 1 stk. boring og en CPT-test pr. fundament.

Vejledning

Omfanget af boringer pr. fundament kan begrænses til 1 stk., såfremt fundamentets udstrækning er begrænset til 10 m på tværs af broen, at fundamentet er henført til geoteknisk kategori 2 og at der er begrundet formodning om, at jordbundforholdene i området er ensartede.

4.1.2 Materialer

I dette afsnit er kun omtalt materialekrav, som er forbundet med særlige konstruktionselementer, der indgår i geotekniske konstruktioner. For beton, slap armering, spændt armering og konstruktionsstål inkl. samlinger henvises til Eurocodes (generelle og brospecifikke), udførelsesstandarder, produktstandarder samt AAB for betonbroer og AAB for stålbroer.

4.1.2.1 Direkte fundering

Aflejringer (intakte) som anvendes til direkte fundering skal opfylde kravene, som er opstillet i forbindelse med projekteringen (styrker, stivheder og eventuelt permeabilitet).

Sand-/grusmaterialer til gruspudefundering skal opfylde kravene angivet i AAB for fundering.

Sand- og grusmaterialerne indbygges ved optimalt vandindhold som angivet i AAB for bundsikring af sand og grus.

4.1.2.2 Pælefundering

Betonpæle

Præfabrikerede betonpæle skal produceres og leveres iht. AAB for fundering, se dog DS/EN 1992-2 DK NA vedrørende fastlæggelse af miljøklasse.

Stålpæle og spunsprofiler

Spunsvægge skal produceres og leveres iht. DS/EN 10248-1 og -2 eller DS/EN 10249-1 og -2 for hhv. varmvalsede og koldformede spunsprofiler.

Inspektionsdokument type 3.1 i henhold til DS/EN 10204 skal medfølge leverancer af spunsvægsjern til både permanente og midlertidige konstruktioner.

Minipæle

Krav til materialer til minipæle (micropiles) fremgår af DS/EN 14199.

Borede pæle

Krav til materiale i borede pæle fremgår af DS/EN 1536.

Dækklag skal være i henhold til DS/EN 1536.

Vejledning

Det bør overvejes at anvende minimumsdækklag for støbning direkte mod jord, jf. 4.4.1.3 (4) i DS/EN 1992-1-1 inkl. DK NA, i tilfælde hvor dette er større end angivet i DS/EN 1536.

Eventuelt boremudder til stabilisering af borehullet skal jf. AAB for fundering være miljøneutral, og det skal dokumenteres, at eventuelle tilsætningsstoffer er godkendt af miljømyndighederne inden anvendelse.

4.1.2.3 Forankringer

Cementinjicerede jordankre

Krav til materialer til cementinjicerede jordankre fremgår af DS/EN 1537. Injicerede jordankre skal trækprøves i henhold til DS 1537.

Permanente forspændte jordankre skal være med dobbelt korrosionsbeskyttelse iht. DS/EN 1537 samt af anerkendt, certificeret type.

Forankring til/med pæle eller til ankervæg

Udføres forankringen vha. pæle eller som ankervæg ('dead man'), henvises der til afsnittene omkring hhv. pæle og støttevægge.

4.1.2.4 Støttekonstruktioner

Støttemure i beton

Ingen særlige krav.

Spunsvægge og københavnergælle

For spunsvægge og københavner vægge med lodprofiler og udfyldning i stål, se stål- og spunsprofiler ovenfor.

Træ til udfyldning skal produceres og leveres i henhold til DS/EN14081 og skal mindst opfylde kravene til klassificeret konstruktionstræ.

Slidsevægge

Materialer i slidsevægge skal overholde krav i DS/EN1538.

Dæklag skal være i henhold til DS/EN 1538.

Sekantpælevægge

Se krav til borede pæle ovenfor.

4.1.2.5 Sætnings-/overgangsplader

Ingen særlige krav.

4.1.3 Dimensionering og udformning

Alment

Geotekniske konstruktioner skal undersøges i såvel brudgrænsetilstanden som i anvendelsesgrænsetilstanden og ulykkesgrænsetilstanden. Det gælder både for permanente geotekniske konstruktioner under og efter udførelsen og midlertidige geotekniske konstruktioner.

Eftervisning af sikkerhed mod brud foretages i den regningsmæssige brudgrænsetilstand ved anvendelse af de ugunstigste regningsmæssige værdier (øvre eller nedre) af styrker og modstandsevner. Ved anvendelse af deformationsafhængige beregningsmetoder i brudgrænsetilstanden skal realistiske forsigtigt ansatte deformationsparametre benyttes. Dog skal der udføres en supplerende sensitivitetanalyse for om nødvendigt at justere parametrene, såfremt følsomheden på tværsnitskræfter og reaktioner er stor.

I anvendelsesgrænsetilstanden skal foretages beregninger, der tilstræber en bestemmelse af de faktisk optrædende flytninger (udbøjninger, sætninger) og revnevidder etc., med ugunstige, realistiske påvirkninger på basis af karakteristiske værdier af jordens og konstruktionsmaterialernes deformationsegenskaber. Grænseværdier for flytningerne ansættes ud fra praktiske erfaringer, kendte funktionskrav og/eller specifikke konstruktive krav.

Relevante ulykkesgrænsetilstande skal undersøges med laster forbundet med den pågældende ulykke og med karakteristiske værdier af jordens og konstruktionsmaterialernes styrke og deformationsegenskaber. Eksempler på ulykkesgrænsetilstande er påkørsel/påsejling, ekstrem islast samt ekstremt højt beliggende grundvandsspejl for støttekonstruktioner hhv. fundamenter.

Fælles for grænsetilstandene gælder, at der i beregningerne skal være fuld tøjningskompatibilitet, hvilket betyder, at både jord og konstruktionselementer skal kunne undergå de fornødne deformationer for, at en ligevægtstilstand opnås.

Både kort- og langtidstilstanden skal undersøges, hvor langtidstilstanden tager udgangspunkt i de dimensionsgivende lasters påvirkningstid.

Anvendelse af langtidsparmetre, der ikke svarer til drænedede forhold, forudsætter nøje kendskab til jordens tidsmæssige styrkeudvikling og lagfølge, hvilket kræver et betydeligt undersøgelsesomfang, herunder både felt- og laboratorieforsøg.

Støttekonstruktioner langs motorveje og ramper med højde større end 4 m over terræn skal henføres til konsekvensklasse CC3. Dette gælder også interimsstøttekonstruktioner langs motorveje og ramper, som bærer tunge arbejdskøretøjer og/eller kraner.

Bygherren kan specificere andre grænser for fastlæggelse af konsekvensklasser.

Støttekonstruktioner skal dimensioneres således, at der kan udgraves en rende foran støttevæggen (på hele væggenes udstrækning) med dybde 1,2 m og bredde 2,0 m for fremtidig etablering og udskiftning af ledninger.

Vejledning

Udgravningssituationen vil i mange tilfælde være dimensionsgivende.

Bygherren kan specificere andre grænser for udgravningssituationen.

Vedrørende variable laster på jordoverflader henvises til DS/EN 1991-2 inkl. DK NA, Vejledning til belastnings- og beregningsgrundlag for broer samt BN1-59, Belastningsforskrift for sporbærende broer og jordkonstruktioner.

Vejledning

I BN1-59 er anført laster for støttekonstruktioner langs spor. Samme laster kan anvendes for støttekonstruktioner langs veje.

Bygherren kan specificere andre laster.

Nye materialer eller konstruktionstyper

Såfremt det påtænkes at anvende nye materialer eller konstruktionstyper forudsætter dette, at der foreligger anerkendte forsøgsresultater, som dokumenterer funktion, styrke, holdbarhed og vedligeholdelsesvenlighed i hele konstruktionens levetid.

Vejledning

Ved nye materialer eller konstruktionstyper forstås materialer og konstruktionsprincipper, som ikke før har været anvendt af fx Vejdirektoratet eller Banedanmark i en tilsvarende konstruktion.

4.1.3.1 Direkte fundering

Bæreevnebestemmelse

Direkte funderinger, som ikke er stærkt excentrisk belastede, dvs. hvor excentriciteten er mindre end 0,3 gange fundamentsbredden, kan dimensioneres iht. DS/EN 1997-1 DK NA, Anneks D.

Stærkt excentrisk belastede fundamenter skal undersøges for tilfældet med brud ind under fundamentet.

Ved fundamenter, hvor lasten ikke virker vinkelret på fundamentsfladen, skal glidningsbrud eftervises. Det samme gælder glidning pga. torsion.

Funderes der på sand (friktionsjord) over et svagere lerlag, skal det sikres, at der ikke sker gennemlokning af sandlaget.

I tilfælde, hvor fundamenter placeres tæt på skrånninger, eksempelvis højt placerede direkte funderede endevederlagsfundamenter i skrånninger, eller fundamentets underside ikke er

horisontalt, skal der tages hensyn til dette, eksempelvis som anvist i DS415:1984, som anvist i Platt Grundlægning (Bergdahl et. al 1993) eller ved numeriske beregninger.

Vejledning

For direkte funderede fundamenter placeret højt i skråninger bør det overvejes at eftervise bærevnen for et ulykkelasstiltfælde, der svarer til erosion/bortgravning af skrånningen foran fundamentet.

Sikkerhed mod opfrysning

Direkte fundering af konstruktioner skal sikres mod opfrysning. Sikkerheden mod opfrysning kan regnes for at være til stede, såfremt en af følgende betingelser er opfyldt:

1. Konstruktionerne er ført til frostsikker dybde jf. DS/EN 1997-1 DK NA
2. Grundvandet står lavere end 'frostsikker dybde' under den frostpåvirkede konstruktionsoverflade og jorden under den frostpåvirkede konstruktionsoverflade er frostsikker til 'frostsikker dybde'.

Tilfælde 2 forudsætter at der etableres effektive dræn, som løbende skal kunne efterses, renses og vedligeholdes.

Vejledning

Der henvises endvidere til DS/EN ISO 13793, Bygningers termiske ydeevne – Konstruktion af fundamenter til forebyggelse af frostforskydning.

Sikkerhed mod svind og kvældning

Såfremt der funderes direkte på ret fedt til meget fedt ler skal det sikres, at dette gøres i svindsikker dybde. Denne er jf. Funderingshåndbogen, afsnit 6.3 1,2-1,5 m i tilfælde, hvor der ikke findes nævneværdig bevoksning i nærheden. Såfremt der er betragtelig bevoksning i nærheden, skal den svindsikre dybde fastlægges specifikt.

For fundering på fedt og meget fedt ler skal det ligeledes vurderes, om der er risiko for kvældning.

Generelt skal det sikres, at vandindholdsvariationer i fede lerarter (ret fedt til meget fedt ler) ikke leder til uacceptable deformationer af konstruktionen.

Sikkerhed mod kaviteter

Ved fundering på kridt skal der udføres specifikke geotekniske undersøgelser til lokalisering af eventuelle kaviteter.

Fundering på gruspude

Vejledning

Ved projektering af en gruspudefundering bør det sikres, at pladsforholdene for udførelsen af gruspuden er tilstrækkelige til, at indbygningen overholder kravene i AAB for fundering.

Ved fastlæggelse af udskiftningsbredden skal der, ud over fundamentsbelastningens trykspredning ned gennem gruspuden, tages højde for eventuel vandret konsolidering i sætningsgivende lag ved siden af gruspuden.

Borede fundamenter og brøndfundamenter

Borede fundamenter og brøndfundamenter er direkte funderede fundamenter, og der er derfor samme krav til intakte aflejringer og udgravningskontrol som ved direkte fundamenter.

4.1.3.2 Pælefundering

Aksialt belastede pæle

Aksialt belastede pæle skal dimensioneres mod brud i jord og materiale for den enkelte pæl såvel som mod brud i jorden som følge af gruppevirkning.

Aksialt belastede pæle kan i brudgrænsetilstande dimensioneres iht. DK NA til DS/EN 1997-1, Anneks L.

Eftersom det pågældende anneks er informativt, er det tilladt at benytte alternative metoder til bestemmelsen af bæreevnen. Dog gælder for dem alle, at det skal eftervises, at tilstrækkelig sikkerhed er til stede. Dette betyder, at der for metoderne skal benyttes modelfaktorer, såfremt det ikke er dokumenteret, at metoden giver resultater på den sikre side.

Vejledning

Eksempler på alternative metoder:

- Dimensionering på baggrund af belastningsforsøg (statisk eller dynamisk)
- Dimensionering vha. empiriske metoder baseret på baggrund af korrelation mellem belastningsforsøg og feltforsøg som eksempelvis CPT eller SPT
- Dimensionering vha. numeriske metoder.

Da beregning af spidsbæreevne af pæle i friktionsjord er behæftet med stor usikkerhed, skal bæreevnen som udgangspunkt dokumenteres i marken.

Vejledning

For rammede pæle kan dette gøres ved at benytte en veldokumenteret rammeformel, eksempelvis "Den Danske Rammeformel", som fremgår af DK NA til DS/EN 1997-1, Anneks L (10) eller belastningsforsøg (statisk eller dynamisk). I forbindelse med projekteringen bør risiko for hård ramning vurderes og håndteres.

Såfremt bæreevnen ikke kan dokumenteres i marken som beskrevet ovenfor, skal metoden til bestemmelse af spidsbæreevnen dokumenteres at være på den sikre side. Bæreevnen kan eksempelvis være baseret på empiri, hvorfor der kritisk skal tages stilling til, i hvilket omfang det aktuelle pæleprojekt svarer til det empiriske grundlag, herunder pæletype, installationsmetode, geometri (eksempelvis effekt af flere pæle) og naturligvis jordbunds- og grundvandsforhold. Hertil kommer, at der skal anvendes en modelfaktor, som beskrevet ovenfor.

Vejledning

Dette gælder eksempelvis for skruepæle, som normalt ikke prøvebelastes.

Forsøg i marken skal udføres, således at (spændings-)forholdene omkring den prøvebelastede pæl i så stor udstrækning som muligt afspejler situationer, som pælen dimensioneres for. Eksempelvis skal der tages højde for planlagte ændringer i konstruktions levetid som ved regulering af terrænet el.lign.

I anvendelsesgrænsetilstanden skal det sikres, at der ikke sker uacceptabelt store deformationer/sætninger. I undersøgelsen skal der tages højde for negativ overflademodstand, hvor konsolidering af sætningsgivende lag kan lede til nedafrettet last på pælene.

Vejledning

Den negative overflademodstand på betonpæle kan reduceres ved asfaltering. Når der støbes i glat forskalling, og der påføres mindst 1 mm asfaltbitumen med penetration 80-100 på den del af pælen, som står i og over de

sætningsgivende lag, kan den negative overflademodstand for betonflader sædvanligvis regnes reduceret til mindre end 10 kPa. Der bør dog ikke uden nærmere undersøgelser regnes med mindre end 25 % af den ovenfor angivne fulde værdi af den negative overflademodstand pga. risikoen for beskadigelse af asfaltlaget under nedramningen. Rammemodstanden kan påregnes reduceret ved asfalteringen i de tilfælde, hvor overflademodstand i stærkt sætningsgivende lag bidrager til rammemodstanden.

Hvor der kan ske en betydende volumenuddvidelse af jorden eller deformationer i jordmassen ved siden af pælene, skal de hermed forbundne påvirkninger på pælene indregnes, såfremt de virker til ugunst.

Ved åbne pæle som eksempelvis H- og spunsprofiler skal både brud langs overfladen og brud omkring det omskrevne profil undersøges.

Ved rørpæle rammet med åben bund skal det eftervises, at kraften, som optages af proppen, kan optages ved friktion langs indersiden af røret, såfremt der regnes med propdannelse. I den sammenhæng skal det desuden eftervises, at en propdannelse ikke vil lede til u hensigtsmæssig konsolidering af materialet inde i røret med uacceptabel sætning til følge.

Vejledning

Ved den geostatistiske beregning for en rørpæl kan bæreevnen med andre ord bestemmes som den mindste værdi af:

1. Bæreevnen ud fra den ydre overflademodstand + den indre overflademodstand + spidsmodstand på selve stålarealet
2. Bæreevnen ud fra den ydre overflademodstand + den fulde spidsmodstand inkl. prop.

Ligeledes skal det ved skruefundamenter eftervises, at den beregnede sidemodstand (dvs. friktionen i det lodrette snit rundt om bladene) kan optages som tryk på overliggende blade og/eller som friktion mod pælens stamme.

Minipæle (micro piles), som udelukkende udsættes for tryk, kan dimensioneres og testes som borede pæle. Minipæle, som udsættes for træk, accepteres ikke.

Aksialt belastede pæle, som installeres i blødbundsaflejringer, skal undersøges for udknækning i henhold til DS/EN 1997-1, afsnit 7.8. For skråpæle skal tværkræfter på pælene fra bevægelser i den omgivne jord vurderes.

Såfremt styrken af jorden ved pælespidsen er større end i underliggende jordlag, skal der undersøges for gennemlokning.

Tværbelastede pæle

Ved dimensionering af tværbelastede pæle skal den pågældende beregningsmetode afspejle de korrekte stivhedsforhold for pælene, dvs. om man kan antage, at der er tale om korte stive pæle eller om der er tale om lange fleksible pæle, som er indspændt i jorden, dvs. hvor deformationen af disse har indflydelse på bæreevne og tværsnitskræfter.

Ligesom for aksialt påvirkede pæle skal gruppevirkning af tværbelastede pæle undersøges, hvor der er flere pæle placeret i nærheden af hinanden.

Såfremt der ikke indlægges egentlig forskydningsarmering i betonpæle (spiralarmring betragtes i den forbindelse ikke som forskydningsarmering), kan optagelsen af forskydningskræfterne tillades eftervist som ikke-forskydningsarmeret tværsnit, såfremt forudsætningerne herfor er til stede, og

normalkraftens gunstige virkning indregnes forsigtigt. Længdearmeringen skal forankres tilstrækkeligt i fundamentet til optagelse af de beregnede indspændingsmomenter.

Eftervisning af tværbelastede rørpæle skal udføres under hensyntagen til styrke- og deformationsegenskaber af materialet inde i pælene (intakt jord, fyldjord eller beton).

Pæleværker og integrerede pæle

I forbindelse med pæleværker skal følsomheden af understøtningernes kapacitet og deformationsegenskaber undersøges mht. reaktions- og kraftfordeling. Der skal tages udgangspunkt i en realistisk fordeling af parametre på jordlagene, som optager lasten fra pælene.

For pæle, som indgår i integrerede dele af en konstruktion, skal det eftervises, at pælene har den fornødne bæreevne til at kunne optage og overføre de påkrævede laster og indspændingsmomenter, eksempelvis ved tilstrækkelig forankring af længdearmeringen i et brodæk.

Vejledning

For pæle som indgår i 'integrerede broer', dvs. broer hvor lodpæle er indstøbt/forbundet direkte til brodækket, og som derfor skal kunne optage temperaturdeformationer o.lign., kan tilstrækkelig bevægelsesmulighed etableres ved at placere pælene i hule rør på den øverste strækning mod brodækket.

4.1.3.3 Forankringer

Generelt

Forankringer skal dimensioneres, således at både selve forankringen og jorden, der forankres i, har den fornødne styrke, og fysisk har den fornødne deformationskapacitet til at kunne undergå de deformationer, som er forudsat ved eftervisningen af den konstruktion, som skal forankres.

Vejledning

Som eksempel kan nævnes dimensionering af en støttevæg, hvor aflastning af jorden bag væggen er forudsat.

Ved forspænding af ankre skal forspændingsniveauet vælges under hensynstagen til konsolideringsforhold i jorden, som konstruktionen spændes op imod, da forspændingen kan aftage pga. konsolidering. Desuden skal der ved dimensioneringen tages hensyn til udmattelse som følge af gentagne kraftændringer i ankrene. Dette gælder for både selve ankrene og jorden, som der forankres i.

Ankre (såvel som evt. samlinger mellem stræk og spuns i tilknytning til ankerfastgørelser) anses for at være nøgleelementer, hvorfor der i iht. DS/EN 1990 DK NA, Anneks E i konsekvensklasse CC3 skal regnes med bortfald af et sådan.

Vejledning

Det bemærkes, at robusthedskravet omkring bortfald af anker kan have betydning for øvrige konstruktionsdele, eksempelvis stræk på støttevægge og konstruktioner sikret mod opdrift af jordankre.

Cementinjicerede jordankre

Iht. DK NA til DS/EN 1997-1 skal samtlige jordankre trækprøves. Omfang af forsøgstyper, procedure for prøvetrækningen og tolkning af resultater fremgår af samme nationale anneks.

Som en del af dimensioneringen skal den nødvendige frie længde bestemmes, herunder skal det sikres, at forankringszonen ligger udenfor de kritiske brudzoner.

Anvendes permanente forspændte jordankre, skal ankerløsningen dimensioneres således, at det også efter aflåsningen er muligt at trækprøve og genopspænde ankrene. Eksempelvis skal stangankre efterlades med tilstrækkelig udragende længde (fra møtrik til ankertop) til, at en donkraft kan få fat i gevindet på ankerstangen.

Der henvises i øvrigt til DS/EN 1997-1 kapitel 8 og DS 1537 for yderligere krav til hhv. dimensionering og test af cementinjicerede jordankre.

Forankring af støttevægge vha. trækpæle eller til pæle, ankerplader og ankervægge

Forankres støttevægge direkte ved brug af pæle, skal disse dimensioneres som alle andre pæle (se afsnit ovenfor). Ligesom for de cementinjicerede jordankre skal det dog sikres, at pæledelen, som befinder sig uden for brudfiguren for støttevæggen, har tilstrækkelig kapacitet til at optage hele trækraften.

Forankres der til enkeltpæle eller pælebukke, skal disse dimensioneres i henhold til ovenstående delafsnit vedrørende pæle.

Forankres der til ankerplader eller ankervægge, skal disse dimensioneres i henhold til nedenstående afsnit omkring støttevægge.

Opdriftssikring, fastlæggelse af jordvolumen

For opdriftsankre bestemmes jordvolumenet med udgangspunkt i en keglestub med hældning 1:2 (vandret:lodret), der for traditionelle friktionsankre har dybdepunkt midt i forankringszonen, idet der grundet den frie længde kun kan overføres kræfter til jorden langs forankringslængden. For trykrørsankre kan der tages udgangspunkt i bunden af forankringszonen (enden af ankeret). For pæle vil det stabiliserende jordvolumen være afhængigt af fordelingen af disponibel friktionsmodstand langs hele pælelængden.

4.1.3.4 Støttekonstruktioner

Alment

Støttekonstruktioner skal generelt dimensioneres iht. DS/EN1997-1, afsnit 9, hvor der skelnes mellem tre hovedtyper af støttekonstruktioner:

- Støttemure
- Støttevægge
- Kombinerede støttekonstruktioner.

Beskrivelser af ovennævnte hovedtyper fremgår af afsnit 9.1.2 i DS/EN 1997-1.

Generelt er definitionen af en støttemur, at egenvægten af konstruktionen (typisk beton eller sten) og eventuelle stabiliserede jordmasser spiller en væsentlig rolle ved tilbageholdelsen af jordmaterialet bag muren. Eksempler er støttemure af beton med konstant eller varierende tykkelse og vinkelstøttemure med eller uden ribber.

Støttevægge beskrives som relativt tynde vægge af stål, beton eller træ, støttet af forankring, trykstænger og/eller passivt jordtryk. Bøjningskapaciteten spiller ved denne type støttekonstruktion en væsentlig rolle, mens egenvægt spiller en næsten ubetydelig rolle. Eksempler er frie, forankrede eller afstivede indfatninger af spunsprofiler, sekantpæle eller slidsede betonpaneler.

Ved dimensionering af støttekonstruktioner henledes opmærksomheden især på, at kravet til tøjningskompatibilitet i særlig grad har indflydelse på dimensioneringen af afstivede og forankrede støttekonstruktioner.

Speciel opmærksomhed skal også henledes på støttekonstruktioner, der understøtter eller er integreret i brokonstruktioner, herunder broer med tunnellignende opbygning. Sådanne konstruktioner stiller særlige krav til beregningsmetoden og -modellerne eftersom ikke kun bæreevner, men også deformationer af disse støttevægge har stor indflydelse på den øvrige del af broen eller tunnelen og omvendt.

Det skal i forbindelse med dimensioneringen sikres, at jordtryksfordelingen i hvert enkelt tilfælde afspejler den kritiske brudmåde for konstruktionen. Derudover skal det sikres, at støttekonstruktionen henholdsvis ankre og afstivninger kan optage kræfterne under hele brudforløbet i de kritiske lasttilfælde. Det bemærkes, at trykfordelingen fra partielle laster (som eksempelvis aksellast fra køretøjer) på en støttekonstruktion er afhængig af flytningen af konstruktionen, hvilket skal afspejles i beregningerne.

Støttekonstruktioner i høj konsekvensklasse, CC3, skal dimensioneres således, at et evt. brud bliver varslet.

Ved fastlæggelsen af vandtrykket bag en jordtrykspåvirket konstruktion skal der tages hensyn til drænforholdene ved væggen. Hvis dræningen ikke kan påregnes at være aktiv i hele brudfigurens udstrækning på væggens bagside, skal der regnes med, at vandspejlet kan stå helt i toppen af væggen. Alternativt til at regne med vandspejl i terræn kan vandspejlet fastlægges på baggrund af en uddybende hydrogeologisk vurdering baseret på realistiske konservative antagelser. Vurderingen skal inkludere en belysning af sensitiviteten af valg af parametre såsom lagtykkelser, permeabiliteter, tilstrømningsforhold etc.

På væggens forside skal der tages hensyn til mulig reduktion af væggens stabiliserende passive modhold i jord som følge af eventuelle opadrettede gradienter af grundvandsstrømning, nedbør mv.

Væggen skal under alle omstændigheder kontrolleres for fuldt vandtryk (på både for- og bagside) i ulykkesgrænsetilstanden, ligesom situationer med frostpåvirkning af støttekonstruktioner DS/EN 1997-1, afsnit 9.3.3 1(P) også skal tages i betragtning.

Det skal for støttekonstruktioner eftervises, at der kan opnås lodret ligevægt for de beregnede jordtryksfordelinger.

Støttekonstruktioner, som belastes af spor, skal ud over krav i nærværende håndbog opfylde kravene i BN1-59.

Støttemure

Fritstående støttemure tillades i brudgrænsetilstanden dimensioneret for aktivt og passivt jordtryk på hhv. bagside og forside af vægge. Støttemure, som direkte eller indirekte understøtter en konstruktion (eksempelvis en brooverbygning) eller er en integreret del af overbygningen, skal dimensioneres for et 'mellemjordtryk', såfremt brudbæreevnen for en eller flere dele af den øvrige konstruktion begrænses af en kritisk flytning af støttemuren, således at der ikke kan udvikles fuldt aktivt hhv. passivt jordtryk.

Vejledning

Det bemærkes i øvrigt, at laster fra en overbygning kan resulterer i jordtryk højere end hviletryk, hvilket kan være dimensionsgivende for en støttemur eller en del af den (eksempelvis fra temperatur- samt bremse og/eller accelerationslaster).

I anvendelsesgrænsetilstanden skal alle støttemure som minimum regnes med hviletryk på bagsiden, suppleret med komprimeringstryk i relevant omfang.

Vejledning

Komprimeringstryk kan bestemmes i henhold til anvisningerne i DS415:1984.

Betonkonstruktionen skal dimensioneres iht. DS/EN 1992-1-1 og -2 inkl. danske nationale annekser. I den forbindelse skal det sikres, at langsgående betonstøttemure forsynes med tilstrækkelig revnefordelende armering både med hensyn til det grove og fine revnesystem.

Vejledning

Ved fastlæggelse af revneviddekravet bør det vurderes, om der ønskes en vandtæt konstruktion eller ej. Revnefordelende armering kan kombineres med indlæggelse af regelmæssigt placerede fuger, som tætnes med fugebånd, evt. i form af et dobbelt tætningssystem med fugebånd i flere dybder i tilfælde, hvor der optræder permanent vandtryk på støttemuren.

Støttevægge

Støttevægge skal dimensioneres med hensyntagen til kapaciteter og deformationsegenskaber af selve væggen samt eventuelle afstivninger og/eller forankringer.

Spunsvægge og københavner vægge af stålprofiler skal dimensioneres iht. DS/EN 1993-5 med tilhørende DK NA. Korrosion af permanente ikke-korrosionsbeskyttede spuns- og københavner vægge skal projekteres under hensyntagen til jord- og grundvandsforhold, vejsaltning mv. med korrosionstillæg iht. DS/EN 1993-5 DK NA. Det bemærkes, at permanente vægge af disse typer skal vandtættes ved svejsning.

Bygherren kan specificere skærpede krav til korrosionstillæg og/eller krav til korrosionsbeskyttelse.

Ved dimensioneringen af støttevægge, skal det sikres, at den lodrette ligevægt er til stede.

Vejledning

Såfremt den vertikale kraft ikke kan optages af det tangentielle jordtryk (hidrørende fra en evt. friktion mellem væg og jord) og spidsbæreevnen, kan væggen forlænges, hvor overflademodstanden på den forlængede del kan regnes som for en pæl.

Spidsbæreevnen skal regnes som et fundament baseret på overlejringstrykket fra forsiden af væggen, dog med den øvre grænse på bæreevnen som for en pæl.

Forudsættes der fuld eller delvis propdannelse ved eftervisningen af spidsbæreevnen for vægge af profiler (eksempelvis spuns), skal det ligesom for pæle eftervises, at denne prop kan holdes på plads inden i profilet vha. friktion mellem jord og profil.

Vejledning

I den forbindelse skal opmærksomheden henledes på, at noget af friktionskapaciteten kan være brugt til opadrettet tangentielt jordtryk på forsiden, ligesom optagelsen af kraften fra proppen reelt kan betyde et opadrettet tangentielt jordtryk på bagsiden, som er væsentligt højere end det i vægberegningen typisk forudsatte nedadrettede tangentielle jordtryk.

Støttevægge af stål, som udover jordtryk og vandtryk bærer et brodæk (integreret bro), skal undersøges for udmattelse som følge af temperaturbevægelser mm. Derudover skal sammenstøbningsdetaljen dimensioneres for de kræfter, som opstår i anvendelsesgrænsetilstanden. Dimensioneringen skal baseres på realistiske indspændingsforhold/-grader og realistiske statiske modeller, således at det sikres, at evt. revner i betonen begrænses, og der ikke sker afskalninger, som medfører en kritisk reduktion af sikkerheden og holdbarheden.

Vejledning

Opmærksomheden henledes på, at spunsvægge i forbindelse med indstøbningen i brodækket svækkes i toppen pga. udskæringer til gennemgående armering. I særlige tilfælde bør samlingen mellem brodæk og spuns også undersøges for udmattelse fra trafiklast.

For spunsvægge, som bærer et brodæk, kan den lodrette last fra brodækket sædvanligvis ikke regnes fordelt i væggens bredde, selvom låsene er svejste. Dette skyldes, at en sådan spredning af den lodrette last vil indebære, at der skal optages et vandret træk i bunden, som spunsvæggen imidlertid ikke er i stand til pga. den 'harmonika'-lignende udformning af spunsvæggen i et vandret snit.

Den armerede beton i sekantpælevægge og slidsevægge skal dimensioneres iht. DS/EN 1992 inkl. danske nationale annekser. Væggene skal som minimum overholde krav til tæthedsklasse 1 jf. DS/EN 1992-3, afsnit 7.3.1.

4.1.3.5 Sætnings-/overgangsplader

Alment

Sætningsplader skal etableres for at begrænse sætninger af belægning og jordfyld bag broender, således at revner i belægningen over broenden og generende ujævnhed for trafikken begrænses.

Vejledning

For længere broer har sætningsplader endvidere den gunstige effekt at kunne fordele revnerne i belægningen bag broender samtidig med, at disse revner flyttes fra broenden med forankringszonen for spændkabler til enden af sætningspladen.

Kriterier for etablering af sætningsplader

Sætningsplader skal etableres under køresporene i følgende tilfælde:

- Broer med høj trafikintensitet, dvs. årsdøgntrafik på mere end 5000 (begge retninger)
- Broer, hvor fylden bag broenden kan forventes at give anledning til sætninger
- Broer med større højde end 3 m af tilstødende dæmninger og bagfyld, regnet fra funderingsniveau
- Broer, hvor endeunderstøtninger pælefunderes
- Broer, hvor den tilstødende vejopbygning kan forventes at give anledning til sætninger
- Broer med længde større end 10 m.

Sætningsplader kan undlades for broer med mere end 1,0 m jorddække.

Dimensionering af sætningsplader

Sætningsplader skal dimensioneres for samme trafiklaster som brodækket. Fordelingen af kræfterne i sætningspladen skal beregnes på baggrund af konservative antagelser omkring underlagets eftergivelse.

Både brud- og anvendelsesgrænsetilstanden skal undersøges i forbindelse med dimensioneringen af sætningsplader. Herunder skal det sikres, at pladen har tilstrækkelig stivhed.

Vejledning

Der kan benyttes en spændvidde på 0,8 x pladens længde ved dimensioneringen af pladen. Alternativt kan beregningen ske vha. ballasttal svarende til en beregningsmodel med plade på elastiske underlag. Dimensioneringen bør indeholde en vurdering af effekten af eventuelle sætninger af jorden pga. cykliske påvirkninger fra trafiklast kombineret med broens temperaturvariationer, da der efter mange cykliske bevægelser vil opstå sætninger af fylden under pladen, hvorved der opstår 'luft' under sætningspladen med mest 'luft' tættest på broenden.

Pladens udstrækning/længde bør fastlægges som en funktion af, i hvor grad den underliggende fyld kan forventes at give anledning til sætninger og af højden af fylden, idet der bør skelnes mellem det tilfælde, hvor endevederlaget er dybtliggende, og tilfældet, hvor det er placeret højere oppe i vejdæmningen. Pladen bør ikke udføres med en længde mindre end 3 m.

4.1.4 Konstruktive bestemmelser

4.1.4.1 Direkte fundering

Såfremt det ved dimensioneringen af et fundament er forudsat, at vandspejlet er placeret under terræn, skal der etableres dræn til sikring af, at vandspejlet holdes under det i beregningerne forudsatte niveau i hele brudfigurens udstrækning. Drænet skal udformes, så det løbende kan efterses og renses uden besvær (opgravning).

Aftrappes gennemgående fundamenter, må dette ikke ske i spring på mere end 0,6 m og ikke med en resulterende hældning stejlere end 1:1.

Borede fundamenter skal altid udføres ved brug af foringsrør.

Vejledning

Direkte funderede fundamenter placeret højt i skråninger bør beskyttes effektivt mod erosion af skrånningen foran fundamentet.

4.1.4.2 Pælefundering

Ved valg og dimensionering af jernbetonpæle skal der tages højde for, at pælene, som følge af rammehindringer, skal kunne kappes inden de når den projekterede dybde.

Borede pæle skal altid udføres ved brug af foringsrør.

4.1.4.3 Forankringer

Ved anvendelse af forspændte permanente cementinjicerede jordankre skal løsningen projekteres således, at man kan komme til ankrene uden at svække det overordnede strukturelle system for den konstruktion, som forankres.

Endvidere skal der udarbejdes et vedligeholdelsesprogram som tager udgangspunkt i den konkrete situation, dvs. under hensynstagen til bl.a. aktuelle jordbundsforhold, korrosionsforhold, laster, konsekvensklasse og opspændingsniveau.

Eftersom jordankres bæreevne er afhængig af overlejringstrykket i forankringszonen, og forspændingsniveauet er afhængigt af de spændinger i jorden, som kan etableres ved opspænding mod den forankrede konstruktion, skal det vurderes, i hvor høj grad lokale udgravninger har indflydelse på bæreevnen, og hvilke begrænsninger, der skal sættes på disse udgravninger i nærheden af de pågældende jordankre. Resultatet af denne vurdering skal inkluderes i detailprojekteringen og tinglyses, såfremt forankringerne placeres på fremmed grund.

Samlinger mellem forankringer og konstruktionen, som forankres, skal udføres vandtætte.

4.1.4.4 Støttekonstruktioner

Projektering af støttekonstruktioner skal ske under hensynstagen til, at der i forbindelse med udførelsen kan træffes uforudsete jordbunds- eller grundvandsforhold.

Vejledning

De projekterede løsninger bør tilstræbes at have en passende grad af indbygget robusthed således, at mulige simple modifikationer kan udføres, såfremt der eksempelvis træffes rammehindringer på enkelte jern i en sammenhængende spunsvæg.

For permanente spunsvægge, der ikke udføres med påstøbning af beton på forsiden, skal låsene lukkes på forsiden af væggen ved svejsning fra toppen og ned til 0,5 m under fremtidigt terræn til sikring mod korrosionsskabende vandgennemsvivninger.

For spunsvægge, som bærer og indstøbes i brodæk, skal det sikres, at udskæringer i spunsvæggens top for gennemgående armering begrænses i omfang, således at ståltværsnittet ikke svækkes unødigt.

På oversiden af spunsvægge, som etableres langs med veje og har skrånende top (i vejens længderetning), skal der etableres beton- eller stålhammer.

4.1.4.5 Sætnings-/overgangsplader

Følgende retningslinjer skal følges i forbindelse med etablering af sætningsplader:

- Sætningsplader skal kun anlægges under køresporene, hvor trafiklasten virker og tværfaldet sikrer, at vejsaltet ledes effektivt væk
- Sætningsplader skal placeres så højt som muligt
- Sætningsplader skal forankres til brodækket med rustfrit-syrefast armering
- Konsollens understøtningsbredde skal mindst være 150 mm
- Sætningsplader skal have et min. længdefald på 50 ‰ væk fra broenden
- Sætningsplader skal udføres med krydsarmering i både bund og top.

Vejledning

Udformningen af fugtisoleringsdetaljer bør følge retningslinjerne og standardtegningerne i "Projektering bitumenbaseret fugtisolering og brobelægning".

4.1.5 Udbuds- og projektmateriale

Den projekterende skal med udgangspunkt i ovenstående krav samt krav anført i DS/EN1997-1, afsnit 2.8 til udarbejdelse af projekteringsrapporter udarbejde et projektmateriale, der indeholder

alle nødvendige informationer for levering og etablering af geotekniske konstruktioner til det konkrete projekt, herunder tegninger samt beskrivelse af forudsatte metoder og udførelsestakt.

Den projekterende skal i projekt materialet beskrive, at entreprenøren udover levering og etablering af konstruktionerne skal udarbejde og fremsende procedurer for transport, opbevaring og etablering samt udarbejder og fremsender den krævede dokumentation af arbejdet og kvalitetssikringen.

4.2 Betonkonstruktioner

4.2.1 Grundlag

Afgrænsning

Afsnittet vedrørende betonkonstruktioner omhandler primært bærende betonkonstruktioner. Ikke-bærende betonkonstruktioner er kun behandlet perifert, hvor det er fundet relevant. Afsnittet dækker ikke let konstruktionsbeton.

Normgrundlag og standarder

Vejledning

Nedennævnte referenceliste omfatter hoveddokumenter knyttet til betonkonstruktioner. Disse dokumenter samt referencer anført i disse udgør det samlede grundlag for dimensionering og udformning af betonkonstruktioner.

1. Vejledning til belastnings- og beregningsgrundlag for broer
2. Banenorm BN1-59 Belastnings- og beregningsforskrift for sporbærende broer og jordkonstruktioner
3. Eurocodes inkl. DK NA

DS/EN1990	Eurocode 0: Projekteringsgrundlag for bærende konstruktioner
DS/EN 1990/A1	Tillæg, Annex A2 Applications for bridges til Eurocode 0: Projekteringsgrundlag for bærende konstruktioner
DS/EN 1991-1- til -7	Eurocode 1: Last på bærende konstruktioner
DS/EN 1991-2	Eurocode 1: Del 2: Trafiklast på broer
DS/EN 1992-1-1	Eurocode 2: Betonkonstruktioner – Del 1-1 Generelle regler samt regler for bygningskonstruktioner
DS/EN 1992-2	Eurocode 2: Betonkonstruktioner – Del 2 Betonbroer
DS/EN 1992-3	Eurocode 2: Betonkonstruktioner – Del 3 Betonkonstruktioner til opbevaring af væsker og pulvere
4. Diverse standarder og arbejdsbeskrivelser, herunder særligt

DS 2426	Beton – Materialer. Regler for anvendelse af DS/EN 206-1 i Danmark
EN 206	Beton – Specifikation, egenskaber, produktion og overensstemmelse
DS 2427	Udførelse af betonkonstruktioner - Regler for anvendelse af EN 13670 i Danmark
DS/EN 13670	Udførelse af betonkonstruktioner
DS/EN 1504-3	Produkter og systemer til beskyttelse og reparation af betonkonstruktioner. Definitioner, krav, kvalitetskontrol og overensstemmelsesvurdering - Del 3: Konstruktiv og æstetisk reparation
DS/EN 13369	Almindelige regler for præfabrikerede betonprodukter (de informative Annekser A og C er ikke gældende)
DS/EN 15050	Præfabrikerede betonelementer – Elementer til brokonstruktioner (de informative Annekser B-H er ikke gældende)
DS/EN 15258	Elementer til støttekonstruktioner
Udbudsforskrift	Betonbro – Stillads og form – AAB
Udbudsforskrift	Betonbro – Slap armering – AAB

Udbudsforskrift	Betonbro – Spændt armering – AAB
Udbudsforskrift	Betonbro – Beton – AAB
Udbudsforskrift	Betonbro – Betonelementer – AAB
Udbudsforskrift	Betonbro – Betonreparation – AAB

5. Diverse baggrundsdokumenter
 C.R Hendy and D.A. Smith: Designers' Guide to EN 1992-2: Part 2 Concrete Bridges, Thomas Telford.

4.2.2 Levetid og holdbarhed

Levetid

Krav til levetid for broer er anført i DS/EN 1990/A1, Annex 2 DK NA og er 120 år for vej- og sporbærende broer hhv. 100 år for stibroer, se endvidere "Vejledning til belastnings- og beregningsgrundlag for broer" og BN1-59.

Bygherren kan for det konkrete projekt specificere en kortere levetid, hvorved krav til dæklagstykkelse ud fra et holdbarhedsmæssigt synspunkt kan lempes. For permanente betonkonstruktioner bør levetiden dog ikke sættes lavere end 50 år. For midlertidige betonkonstruktioner bør levetiden dog ikke sættes mindre end 10 år.

Vejledning

Ved krav om 50 års levetid kan dæklaget $c_{min,dur}$ reduceres med 10 mm, for 10 års levetid med 20 mm. For midlertidige konstruktioner kan revneviddekravene lempes med 0,10 mm.

Miljøklasser for brokonstruktionsdele

Miljøklasser for brokonstruktioner fremgår af DS/EN 1992-2 DK NA (henføring af brokonstruktioner og -konstruktionsdele til miljøklasser) samt "Generalnoten GN-P". Miljøklasse P og M tillades ikke anvendt for brokonstruktioner. Der henvises til DS 2426 og DS/EN 1992-1-1 (definition af miljøklasser og gruppering af eksponeringsklasser i miljøklasser) og DS/EN206 (definition af eksponeringsklasser).

Dæklag for særligt eksponerede konstruktionstyper: Uisolerede broer, bropiller på havvand, undervandstøbninger

Krav til dæklag for brokonstruktioner fremgår af DS/EN 1992-2 DK NA. Betonelementer til brokonstruktioner skal opfylde de samme krav til dæklagstykkelse som in-situ støbte.

For uisolerede brodæk skal dæklaget i oversiden forøges til $c_{min,dur} = 70$ mm for de dele af brodækket, som udnyttes som kørebaneareal.

For bropiller på havvand skal dæklaget på alle konstruktionsdele, som er neddykkede eller beliggende i splashzonen, forøges til $c_{min,dur} = 70$ mm. Dette forudsætter, at tværsnittet er trykpåvirket i anvendelsesgrænsetilstanden (hyppige lastkombinationer). Er det ikke tilfældet, skal der foretages yderligere beskyttelse udover ovennævnte dæklagsforøgelse.

Ovenstående krav gælder desuden øvrige konstruktionsdele af broen, som kan blive direkte påvirket af skumsprøjt fra havet.

Undervandsstøbninger for permanente konstruktioner på land skal udføres med dæklag $c_{min,dur}$ svarende til "Ekstra aggressiv" miljøklasse.

Ovenstående værdier forudsætter, at der anvendes en betonkvalitet svarende til "Ekstra aggressiv" miljøklasse.

Ved anvendelse af rustfri armering i det yderste lag (bøjler, tværarmering) tillades dæklaget $c_{min,dur}$ for denne armering reduceret svarende til dimensionen af den yderste armering, dog maks. 10 mm i forhold til kravet for sort stål.

Såfremt en konstruktionsdel er henført til "Aggressiv" miljøklasse, kan dæklaget $c_{min,dur}$ reduceres med 5 mm ved at anvende en betonkvalitet svarende til "Ekstra aggressiv" miljøklasse.

Katodisk beskyttelse

For betonkonstruktioner placeret i ekstra aggressiv miljø, hvor reparationer er kostbare at udføre, såsom dybereliggende dele af piller og fundamenter i havvand, skal det vurderes, om armeringen skal forberedes for katodisk beskyttelse. Vurderingen skal omfatte fastlæggelse af behov for katodisk beskyttelse og sikring af, at beskyttelsen kan etableres og opretholdes på hensigtsmæssig måde.

Selv om konstruktionen og armeringen er forberedt for katodisk beskyttelse, er det ikke tilladt at reducere de nedenfor anførte revneviddekrav.

Forberedelse for katodisk beskyttelse indebærer, at al armering og øvrige indstøbningsdele i stål, der vil blive omfattet af den katodiske beskyttelse, skal forbindes elektrisk.

Såfremt svejsning anvendes til etablering af den elektriske kontakt, skal der for udmattelsespåvirkede konstruktioner tages specielle hensyn ved placering og udførelse af svejsningerne.

Som grundlag for projekteringen henvises til DS/EN ISO 12696:2012: Cathodic Protection of Steel in Concrete (over vand) og DNV-RP-B401 Cathodic protection design, Det Norske Veritas, October 2010 (under vand).

Revneviddekrav

Max. tilladelige revnevidder fremgår af DS/EN 1992-2 DK NA. Vedrørende beregning af revnevidder henvises til DS/EN 1992-1-1 inkl. DK NA.

Ved anvendelse af rustfri armering tillades revneviddekravet lempet med 0,10 mm, såfremt der ikke foreligger æstetiske eller andre krav, som kan sætte en skarpere grænse. Revnevidderne må dog ikke overstige 0,40 mm.

Vandtæthed

For konstruktioner, hvor der stilles krav til vandtætheden, skal klassifikationen/tæthedsklasserne i DS/EN 1992-3 anvendes.

Bygherren skal for det konkrete projekt specificere den krævede tæthedsklasse.

Vejledning

Såfremt konstruktionen er påvirket af ensidigt vandtryk, anbefales konstruktionen henført til tætningsklasse 2.

Drift og vedligehold (konstruktionsudformning, min. vedligehold og inspicerbarhed)

Betonkonstruktioner, som indgår i broer, skal så vidt muligt udformes, således at udstøbningen kan udføres uden risiko for alvorlige støbeskader på udsatte konstruktionsdele. Derudover skal vand ledes effektivt væk fra alle overflader ved indarbejdelse af tilstrækkeligt fald og placering af

drypnæser mv., se afsnit 4.10, Afvanding af broer. Støbeskel skal placeres, udformes og beskyttes, således at risikoen for nedbrydning minimeres.

4.2.3 Materialer

Stillads og form

Generelt

Der henvises til "Projekteringsgrundlag for støbestilladser" (under udarbejdelse), AAB for stillads og form med tilhørende referencer og SAB-P for stillads og form samt "Tilsynshåndbog for støbestilladser".

Støbestilladser behandles ikke i det følgende.

Flageform

For flageform skal placering og udformning af pladesamlinger på synlige flader beskrives detaljeret i udbudsmaterialet eller aftales og godkendes på baggrund af entreprenørens oplæg. Samlinger i vandfast krydsfiner skal spartles.

Vejledning

Krumme flader i vandfast krydsfiner kan opbygges af tyndere plader fastgjort på understøttende spredt brædeforskalling.

Prøvestøbning til afprøvning af formkoncept

For komplicerede udformninger fx anvendelse af flageforskalling for krumme flader, recesser og spidse kantbjælker o.lign. skal der udføres prøvestøbning til afprøvning af formkonceptet.

Formdug

For forebyggelse af luftblærer i oversiden af kantbjælker med overform anbefales anvendt formdug. Formdugen bør monteres kort tid før støbning for at undgå skader på dugen pga. regn. Det skal sikres, at formdugen er rettet op inden støbning.

Forankring af sideform, formklamps

For vægge og væglignende konstruktioner med synlige overflader såsom vanger og kantbjælker, som kan blive udsat for vandtryk, skal til forankring af sideforme anvendes blivende indstøbte armeringsstænger med demonterbare konusser, som udstøbes efter afforskalling. Såfremt væggen er påvirket af permanent vandtryk, skal der svejses vandstop på midten af stængerne.

Ved anvendelse af glasfiberstænger til forankring af sideforme, som efterfølgende afskæres i flugt med synlig eksponeret overflade, skal det sikres, at der anvendes et produkt, som har samme bestandighed som betonen selv.

Udsparingsrør

Det skal dokumenteres, at de anvendte udsparingsrør har tilstrækkelig regningsmæssig sikkerhed overfor foldning/sammenklapning pga. støbetryk og andre påvirkninger i forbindelse med støbningen både for røret selv og samlinger inkl. samlinger med endestykker.

Det skal endvidere dokumenteres, at udsparingsrørens forankringer til formen kan optage de regningsmæssige opdriftskræfter og andre påvirkninger i forbindelse med udstøbningen uden at give anledning til nogen form for bevægelser.

Udsparingsrør skal udføres med dræn i den lave ende. For broer med ringe fald placeres dræn i begge ender af røret.

Trækrør

Dobbeltvæggede kabelrør (glat indvendigt og korrugeret udvendigt) skal pga. rørenes begrænsede stivhed fastholdes ekstra omhyggeligt til sikring mod lodrette og vandrette bevægelser under støbningen hidrørende fra opdrift og vibrering mm. Dette skal ske ved at anvende ekstra tætsiddende fastholdelsepunkter i kombination med anordning af supplerende fastgørelsesjern omkring rørene.

Vejledning

Mange ledningsejere ønsker at anvende glatte rør fremfor korrugerede, da der konstateres alt for mange tilfælde, hvor korrugerede trækrør må kasseres efter støbning, dels pga. afvigende geometri og dels pga. indvendig beskadigelse af røret i forbindelse med trækning af kabel. Hvor placeringstolerancen og/eller kablets vigtighed er særlig kritisk, bør det derfor overvejes at anvende glatte rør fremfor korrugerede dobbeltvæggede rør.

Trækrør i kantbjælker skal placeres i midterområdet af kantbjælken, dvs. i god afstand fra kantbjælkens ydersider. Hvor plads og funktion tillader det, bør der anvendes en dimension af trækrøret større end $\varnothing 50$. Hvor pladsen er trang, bør det overvejes at placere trækrøret udvendigt.

Trækrør skal indbygges med fald mod broender. Hvor indbygning af tilstrækkeligt fald ikke er muligt, skal der placeres drænrør i rørenes dybdepunkter. Uden for broender skal rørene have mindst 50 % fald, der sikrer, at vand ikke kan løbe ind i rørene.

Slap armering

Generelt

Der henvises til AAB for slap armering med tilhørende referencer.

Armeringskoblinger

Som armeringskoblere skal anvendes produkter, som er certificerede og godkendt af anerkendt akkrediteret institut. Styrkeegenskaber skal mindst være som de armeringsjern, der kobles.

Rustfri armering

I henhold til AAB for slap armering skal der anvendes de anførte rustfrie armeringskvaliteter, såfremt der foreskrives rustfri armering.

Vejledning

Hvor der foreligger lempede omstændigheder med hensyn til eksponering og krav til levetid, kan det overvejes, at benytte kvaliteter, som ikke er syrefaste.

Udmattelsesstyrke af armering

Udmattelsesstyrken for armeringen skal fastlægges i henhold til DS/EN 1992-1-1, medmindre højere styrker kan dokumenteres vha. forsøg.

Vejledning

Det bør bemærkes, at der skal anvendes en reduktionsfaktor for bukkede jern, hvilket kan give anledning til en betydelig reduktion af udmattelsesstyrken. Desuden tillades der for svejste stænger og net hhv. mekaniske samlinger (koblinger) kun anvendt ganske beskedne udmattelsesstyrker. Envidere bør det bemærkes, at der i DS/EN 1992-1-1 DK NA foreskrives en forøgelse af partialkoefficienten for udmattelsesstyrken på 1,10.

Reduktionen for bukkede jern kan slå alvorligt igennem for forskydningsbøjler. Imidlertid synes forsøg at vise, at udmattelsesbruddet primært sker på forskydningsbøjlerne lige strækning i kroppen og ikke i tilknytning til ombukningerne i hjørnerne.

Svejsning af armering

Såfremt der anvendes armering, som er hæftesvejst ('armeringskurve'), skal det dokumenteres, at styrke- og duktilitetskravene stadigvæk er opfyldt. Der henvises til DS/EN 1992-1-1 DK NA og DS/INF 165, Armeringsstål til betonkonstruktioner.

Afstandsholdere

Afstandsholdere skal være udført i beton og opfylde de krav til udseende på synlig overflade, miljøklasse, v/c-forhold, frostbestandighed, tæthed mod kloridindtrængning og trykstyrke, der modsvarer den beton, som de anvendes i.

Afstandsholdere skal have samme dimension som det nominelt foreskrevne dæklag.

Afstandsholdere skal have en overflade og udformning, der sikrer god sammenhæng med konstruktionsbetonen og tæthed mod kloridindtrængning.

Bindetråd i afstandsholdere skal være i rustfast kvalitet med diameter mindst 1,5 mm.

Afstandsholdere skal fordeles således, at de ikke placeres på én linje, som potentielt svækker ét snit. Understøtningen af armeringsnettet skal ske punktvis. Afstandslisters og afstandsslangers ('ål') tillades ikke anvendt, ej heller selvom de opdeles i mindre stykker.

Spændt armering

Generelt

Der henvises til AAB for spændt armering med tilhørende referencer.

Beton

Generelt

Der henvises til AAB for beton, AAB for betonelementer og AAB for betonreparation med tilhørende referencer.

Højstyrkebeton (HSC)

Den højeste karakteristiske betontrykstyrke, som kan foreskrives iht. DS/EN 1992-2 DK NA, er 50 MPa (C50/60), hvor DS/EN 1992-1-1 opererer med styrker op til C90/105. I DS/EN 1992-2 er den anbefalede maksimumsværdi 70 MPa svarende til C70/85.

Bygherren kan for det konkrete projekt tillade anvendelse af højere karakteristiske betontrykstyrker.

Vejledning

Anvendelse af en højere styrke kan typisk komme på tale for slanke trykpåvirkede betonkonstruktioner eller forspændte betonelementer. Der bør ikke vælges højere styrke end C70/85. Anvendelse af ultra-høj kvalitetsbeton (UHPC) bør kun anvendes til helt særlige formål og kun efter særlig aftale med Bygherren.

SFRC (stålfiber-armeret beton)

Stålfiber-armeret beton kan anvendes som 'profileringsbeton' for fortovs- og stiarealer, men også kørebanearealer, hvor der er behov for en revnefordelende og –begrænsende virkning.

Vejledning

Som fiberarmering til profileringsbeton foretrækkes generelt makro-plastfibre (konstruktionsfibre) fremfor stålfibre af hensyn til beskyttelse af under- eller overliggende fugtmembraner.

Til stålfiber-armerede profileringsbetoner bør anvendes varmforzinkede stålfibre, medmindre der stilles krav til udseendet. I så fald bør der anvendes rustfrie stålfibre.

Hvor stålfiber-armeret beton danner underlag for kunststofbelægning, skal overfladen efterbehandles (glittes, slibes, etc.) til sikring af, at opragende fibre ikke skader ovenliggende membran.

Stålfibre skal være fremstillet iht. DS/EN 14889-1.

Vejledning

Anvendelse af stålfibre som en del af den bærende armering i betonkonstruktioner er stadigvæk på forsøgsstadiet. Der henvises til "Design guideline for structural applications of steel fibre reinforced concrete" udarbejdet af SFRC konsortiet og den tilgrundliggende tyske guideline "DAfStb-Richtlinie Stahlfaserbeton".

Betoner tilsat plast-fibre

Plastfiber-armeret beton, forstået som beton armeret med makro-plastfibre (konstruktionsfibre), anvendes i dag primært som 'profileringsbeton' for fortovs- og stiarealer og til trafikhellere, hvorved anvendelsen af kantsten og fortovsfliser kan begrænses.

Vejledning

For fortovs- og stiarealer placeres den fiberarmerede profileringsbeton direkte på den konstruktive beton uden egentlig konstruktiv sammenhæng til underlaget.

Fiberarmerede trafikhellere udføres ofte mest hensigtsmæssigt som større relativt tynde betonelementer, der placeres i/på bærelaget.

For fiberarmeret beton til profileringslag og trafikhellere er der gode erfaringer med tilsætning af makro-plastfibre, som er mindst 50 mm lange og med et bredde/længdeforhold på mindst 1:60, i en mængde på 6-10 kg/m³.

Hvor fiberbeton med makro-plastfibre danner underlag for kunststofbelægning, skal overfladen efterbehandles (slibes, gasbrænder, etc.) til sikring af, at opragende fibre ikke skader ovenliggende membran.

Vejledning

For sporbærende broer tillades beskyttelsesbetonen for type I fugtisolering armeret med makro-plastfibre som alternativ til R5/150 i b.r., forudsat at der med fiberarmeringen kan opnås mindst de samme egenskaber med hensyn til revnefordeling og optagelsen af påvirkningerne fra toglaster, ballastrensemaskiner mv.

Plastfibre skal være fremstillet iht. DS/EN 14889-2.

Ved udstøbning af eksponerede konstruktionselementer (traditionelt armerede) på både eksisterende og nye broer mod allerede udstøbt beton bør betonen tilsættes små PP-mikrofibre (ikke-konstruktive) for at begrænse risikoen for dannelsen af tidlige svindrevner.

Vejledning

Som eksempel på eksponerede konstruktionselementer, der støbes mod allerede støbt beton, kan nævnes kantbjælker, afretningslag og betonskørt for støjskærme mm. For denne type af konstruktioner er der gode erfaringer med tilsætning af PP-mikrofibre 12 mm lange, diameter 18 µm, 0,9 kg/m³.

PP-mikrofibre kan også anvendes som en ekstra forebyggende foranstaltning mod risiko for eksplosive afskalninger af beton ved brand.

Støbeskel (krav til ruhed, retardere, sandblæsning mv.)

For at opnå ru støbeskel tillades anvendt retarder som alternativ til sandblæsning, højtryksspuling eller lignende.

Vejledning

Anvendelsen af retardere kræver stor omhyggelighed for at opnå et tilfredsstillende resultat, hvorfor der bør udarbejdes en procedurebeskrivelse. Arbejdsprocedurerne bør afprøves i praksis, inden arbejdet udføres.

Anvendelse af blivende metalnet i støbeskel til sikring af ru støbeskel tillades kun efter særlig aftale med Bygherren. Det skal sikres, at metalnettet anvendes på en sådan måde, at der opnås et ru støbeskel i hele tværsnittets højde.

4.2.4 Dimensionering

Grundlag

Der henvises til "Vejledning til belastnings- og beregningsgrundlag for broer" og BN1-59 samt DS/EN 1992-2 inkl. DK NA vedr. krav til beregningsmodeller og kapacitetseftersvisning.

Beregning af snitkræfter/lastvirkning

Krav til beregningsmodeller

Ved snitkraft- og spændingsberegninger skal der tages hensyn til de snitkraftomlejringer, som er forbundet med tab af forspænding og tvangsdeformationer som følge af:

- Betonens svind og krybning
- Spændarmeringens relaksation
- Friktions- og låsetab ved opspænding af kablerne.

For statisk ubestemte forspændte konstruktioner skal der ved dimensioneringen tages hensyn til 'systemforspændingen', som er de snitkræfter, som opstår alene pga. den statiske ubestemthed ('parasitmomenter' med tilhørende snitkræfter).

Ved beregning af kassedragere skal der tages hensyn til effekter fra 'warping' og 'distortion'.

Kapacitetseftersvisning

Brudgrænsetilstanden

Det skal efterses, at den overordnede stabilitet af konstruktionen som helhed er til stede.

Ved beregninger af søjler og vægges kapacitet skal der tages hensyn til evt. 2. ordensvirkning og delmaterialernes ikke-lineære egenskaber.

Ved beregning af spændbetontværsnits bøjningskapacitet skal der tages hensyn til spændarmeringens forhåndstøjning, korrigeret for diverse tab som følge af friktion, låsetab, svind, krybning og relaksation mv. Hvor brudbæreevnen er følsom overfor størrelsen af denne forhåndstøjning, skal der anvendes konservative værdier.

Ved kontrol af forskydningskapaciteten i pladekonstruktioner tillades snitkraftspidser udjævnet indenfor en mindre strækning. Ved pladekanter skal dette dog gøres med forsigtighed for at undgå en lynlåseeffekt.

Anvendelsesgrænsetilstanden

Brokonstruktioner skal dimensioneres, således at revner fordeles og revnevidderne begrænses. Ved dimensioneringen skal der tages hensyn kræfter fra svind og krybning.

Ved påstøbning af ny beton på gammel beton skal der armeres for svindet af den påstøbte beton, udover hvad der i øvrigt iværksættes af tiltag for at begrænse revnedannelsen ved at begrænse temperaturforskellene under udstøbningen.

Særlige forhold for højstyrkebeton

Vejledning

Anvendelse af højstyrkebeton indebærer, at brudformen får en mere skør karakter, hvorfor det kan være påkrævet at forøge partialkoefficienten for betonen med en faktor 1,10, se DS/EN 1990 DK NA.

Spaltearmering for før- og efterspændte betonkonstruktioner

Ved dimensionering af spaltearmeringen i forankringszoner skal der anvendes beregningsmetoder, som ikke afviger væsentligt fra elasticitetsteorien. Der må ikke regnes med højere spænding i spaltearmeringen end 250 MPa af revnehensyn. Ved denne dimensionering skal der anvendes den maksimalt optrædende opspændingskraft. Snit mellem krop og flanger tæt på forankringszoner skal dimensioneres for spaltekrafter. Forspændingskræfternes fordeling i tværsnittet giver anledning til træk langs rande og ved hjørner, som der ligeledes skal armeres for.

Vejledning

Såfremt ovenstående spændingskrav for spaltearmeringen anvendes, kan en eftervisning mod brud i forankringszonerne undlades. Ved en brudeftervisning skal der anvendes en partialkoefficient på 1,20 på den maksimalt optrædende forspændingskraft og de sædvanlige værdier af partialkoefficienter for armering og beton samt K_{FI} .

Der henvises til speciallitteraturen vedrørende den detaljerede dimensionering af spaltearmeringen.

Udover ovenstående skal leverandørens anvisninger for placering af frettering og lokal spaltearmering og afstandskrav for placering af forankringer følges.

Udmattelse

Vejbroer skal kun kontrolleres for udmattelse, såfremt konstruktionen er opbygget af spinkle elementer eller med særligt følsomme samlinger, hvor der må formodes at optræde koncentrerede kræfter fra trafiklasten. Som eksempler på sidstnævnte kan nævnes elementsamlinger og koblingssnit for slap armering og/eller forspændingskabler. For vejbroer udformet som traditionelle plade- og bjælkebroer støbt på stedet kan udmattelseeftervisningen udelades.

Sporbærende broer skal altid kontrolleres for udmattelse.

Bestemmelse af overhøjder

Nedbøjningerne fra de permanente laster må i langtidstilstanden ikke overstige den overhøjde, som konstruktionen udføres med. Dertil skal lægges et tolerancetillæg.

Vejledning

Indbygning af overhøjder til imødegåelse af langtidnedbøjninger betyder, at broerne i de første år vil stå med en mindre pilhøjde, som kan influere en smule på belægningstykkelserne. For forspændte broer må det forventes, at perioden vil være længerevarende. Bestemmelsen af overhøjder vil altid være forbundet med en vis usikkerhed, som bør vurderes i forbindelse med projekteringen.

Elementbroer

Elementer som indgår i en brooverbygning skal gives en overhøjde således, at overbygningen i langtidstilstanden mindst har en blivende opbøjning for permanent last på 1/2000 af spændvidden.

Støtte- og fløjvægge

Ende- og fløjvægge kan projekteres uden eller med lodrette fuger.

Såfremt det vælges at projektere væggen uden fuger, og der kan opstå gennemgående revner fx pga. tvangskræfter fra hindret svindtøjning og/eller temperaturtøjning, skal der indlægges armering til styring af revnevidderne. Denne revnebegrænsende minimumsarmering skal dimensioneres jf. formel (7.100 NA) i det danske annekst til EN 1992-1-1. Denne minimumsarmering er sædvanligvis kun påkrævet i vandret retning.

Hvis væggen er påvirket af ensidigt vandtryk, skal der ilægges yderligere armering til nødvendig begrænsning af revnevidderne, se afsnit 4.2.2 vedrørende krav til vandtæthed. Revneviddekravet til dimensioneringen bør som minimum svare til tætningsklasse 1 jf. EN 1992-3. For at bringe en konstruktionsdel fra tætningsklasse 1 til tætningsklasse 2, skal ilægning af revnebegrænsende armering suppleres med membran.

Vælges at projektere væggen med fuger kan mængden af længdearmering i visse områder af væggen formodentligt begrænses alt efter omfanget af geometrisk fastholdelse fx fra fundamenter. Der skal foreligge en beregningsmæssig dokumentation for reduktionen.

Alt efter om væggen er vandtrykpåvirket eller ej, skal støbeskel og fuger udføres efter følgende overordnede retningslinjer.

1. Uden fuger
 - a. Uden vandtryk af betydning
 - i. Gennemgående revnefordelende armering suppleret med påklæbte bitumenplader over støbeskel på bagsiden mod jord
 - b. Med vandtryk
 - i. Gennemgående revnebegrænsende armering suppleret med indstøbte centralt beliggende fugebånd i støbeskel
2. Med fuger
 - a. Uden vandtryk af betydning
 - i. Fortandede fuger, suppleret med påklæbte bitumenplader over støbeskel på bagsiden mod jord
 - b. Med vandtryk
 - i. Fortandede fuger med indstøbte fugebånd (dobbeltsikring med ydre + centralt beliggende fugebånd).

Vejledning

Indstøbning af fugebånd kræver stor omhyggelighed. Der bør foreligge en procedurebeskrivelse og om nødvendigt foretages en prøvestøbning.

4.2.5 Konstruktive bestemmelser

Udsparinger

Udsparinger skal placeres og udformes således, at de ikke medfører ugunstige spændingsforhold og deformationer i konstruktionen. Der skal armeringsmæssigt kompenseres for den armering, som ikke kan føres igennem samt suppleres med armering i nødvendigt omfang til sikring af, at evt. revnedannelser holder sig inden for revneviddekravene.

Støbning mod eksisterende beton (støbeskel)

Ved støbning mod eksisterende beton skal der placeres ekstra revnebegrænsende armering, såfremt deformationerne fra støbetemperaturforskelle og svind er geometrisk forhindret af den eksisterende beton.

Vejledning

For støbeskel i plader anbefales, at der som minimum ilægges 5 Ø16/200, armeringskvalitet B500 eller B550, i top og bund parallelt med støbeskellet tættest på den udstøbte pladedel. Hvis pladens tykkelse overstiger 400 mm skal lodret armering i form af vandretliggende U-bøjler, 5 Ø16/200 desuden placeres med 'nakken' ind mod den tidligere støbte del.

Følgende retningslinjer kan anvendes for placering af supplerende armering gennem støbeskel i brodæk:

- Gennem støbeskellet placeres langsgående armering svarende til en minimumarmeringsprocent på 0,65 % (B500 eller B550). Kravet gælder alle konstruktionsdele hver for sig i overbygningen.
- Halvdelen af denne armering forsynes med en længde på begge sider af støbeskellet, som svarer til tværsnitshøjden, dog min. 1 m hhv. max. 4 m på hver side, dertil skal lægges forankringslængden i begge ender. Den resterende halvdel af armeringen forsynes med en længde svarende til halvdelen af tværsnitshøjden på begge sider af støbeskellet, dertil skal lægges forankringslængden i begge ender.
- For de dele af tværsnittet i støbeskellet, som er påvirket til en trykspænding på $\geq 4,0$ MPa fra permanente laster, tillades den gennemgående bløde armering reduceret til 0. Ved en trykspænding mellem 0 og 4,0 MPa kan der interpoleres.

Der skal iagttages speciel omhu ved omstøbning af kabelforankringer i form af anordning af tilstrækkelig revnefordelende og revnebegrænsende armering, rugørelse af støbeskel og udstøbning og afdækning af betonen således, at termohærderevner og svindrevner forebygges bedst muligt.

Bøjning

For høje bjælketværsnit påvirket til bøjning skal der anordnes revnefordelende armering i kroppene.

Armeringskoblinger og kobling af spændkabler

Ved anvendelse af armeringskoblere i sekundære støbeskel, hvor kraftoverførslen ikke er afgørende for den overordnede statiske virkemåde, tillades alle stød udført med armeringskoblere. Ved anvendelse af armeringskoblere i primære støbeskel tillades kun 50% af stød udført med armeringskoblere.

Kobling af kabler i ét snit skal opfylde reglerne i afsnit 8.10.4 i DS/EN 1992-2 inkl. DK NA. Kablerne skal så vidt muligt spredes i højden. Derudover skal placeres supplerende langsgående blød armering til begrænsning af revnevidderne langs randene og tværarmering i begge retninger til begrænsning af evt. spalterevner samt termo- og svindrevner, som opstår som ved udstøbning mod

'ældre' beton. Bag endeforankringer skal placeres revnebegrænsende blød armering til optagelse af det træk, som opstår, når konstruktionen forsøger at aktivere den bagvedliggende beton.

Særlige armeringsdetaljer (forskydning, forankringszoner for spændarmering, plader og fundamenter mm.)

Fundamenter for søjler og vægge skal - uanset funderingsmetode - som minimum forsynes med en minimumsarmering, der skal placeres langs overflader og rande således, at kræfter fra uens lastoverføring, herunder vridning mm., kan optages.

Plader skal altid forsynes med velforankrede lukkebøjler langs frie kanter.

Forskydningsbøjler skal altid orienteres vinkelret på hovedbærerretningen og omslutte og forbinde træk- og trykzonen iht. DS/EN 1992-1-1.

Opspænding af spændt armering

For opspænding af den spændte armering gælder følgende retningslinjer:

- Opspændingsniveau: Max. 80 % af den karakteristiske brudspænding
- Krav til trykstyrke ved foreløbig opspænding: Min. 18 MPa, dog max. 24 MPa
- Krav til trykstyrke ved endelig opspænding: Fastlægges i hvert enkelt tilfælde ud fra kantafstandskrav og spaltearmering, dog min. 90 % af den karakteristiske styrke
- Fastlæggelse af den karakteristiske styrke skal ske både på basis af trykprøvning af betonkerner og ved dokumentation af tilstrækkelig styrke ud fra betonens modenhed i forankringszonerne.

Vejledning

På grund af det begrænsede antal betonkerner, som er til rådighed, vil der normalt ikke foreligge et tilstrækkelig statistisk grundlag til at bestemme den karakteristiske trykstyrke efter almindelige principper. I stedet accepteres resultatet, såfremt alle fundne trykstyrker ligger over den krævede min. trykstyrke.

Søjler, vægge mm.

Søjler og vægge skal forsynes med spaltearmering i forbindelse med optagelsen af koncentrerede kræfter fra lejerne. Trykarmering, som medtages i beregningerne, skal fastholdes mod udknækning iht. DS/EN 1992-1-1 og DS/EN 1992-2 inkl. DK NA. Frie rande skal lukkes med U-bøjler.

Desuden skal det sikres, at der anordnes en tilstrækkelig armering til optagelse af evt. påkørselskræfter.

Kantbjælker

For kantbjælker skal armeringen udformes og placeres som følger:

- Kantbjælker, nye broer: Langsgående kraftigere jern i hjørner + langsgående revnefordelende armering langs omkredsen. Bøjler dimensioneret for de største kræfter fra vilkårlig type af autoværnscepter.
- Udskiftning af kantbjælker: Som for nye broer, men med øget mængde af revnefordelende armering, da der støbes mod eksisterende beton, som fungerer som geometrisk fastholdelse. Revnevidder for både det grove og det fine revnemønster skal kontrolleres.

Vejledning

På grund af de CE-mærkede broautoværns forskellige opbygning, herunder forskellig scepterafstand, bør bøjlearmeringen dimensioneres således, at den kan modstå kræfterne fra en påkørsel uanset autoværnstype, se DS/EN 1991-2 inkl. DK NA.

4.2.6 Broer med vægtreducerede udsparinger

Grundlag

Medmindre der udføres en detaljeret beregning, hvor der tages hensyn til den aktuelle udformning af de vægtbesparende udsparinger, kan nedenstående regler anvendes for brodæk med cirkulære udsparingsrør.

Vejledning

Udsparinger kan bestå af blikrør eller polystyren, som også produceres med cirkulært tværsnit.

Anvendelsen og typen af udsparingsrør skal godkendes af Bygherren.

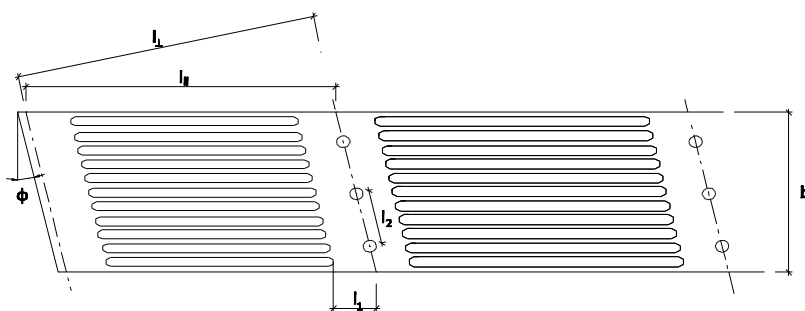
Nedenstående regler er inspireret af tidligere svenske krav (Bro 2004, hvorfra figur 1 og 2 er taget) og nuværende norske regler.

Udformning

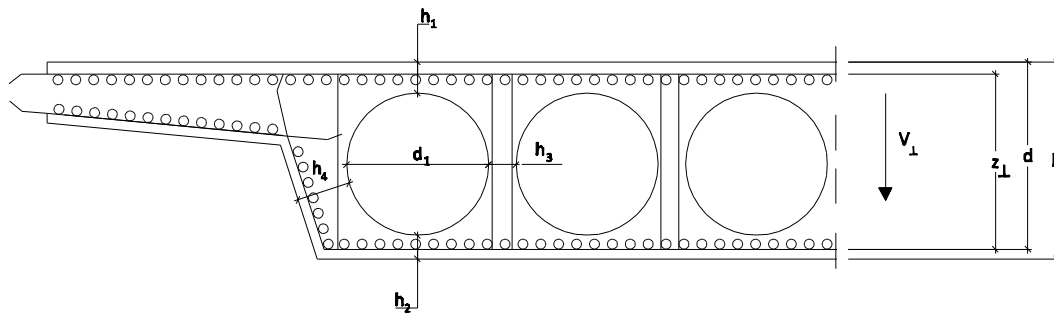
For pladetværsnit med udsparingsrør skal følgende krav til udformning være opfyldt, for at de efterfølgende beregningsregler kan anvendes:

- Skæringsvinkel: $\phi \leq 45^\circ$
- Hulrumsdiameter: $d_1 \leq 0,9$ m
- Betontykkelse over udsparingsrør: $h_1 \geq 0,20$ m
- Betontykkelse under udsparingsrør: $h_2 \geq 0,15$ m
- Kroptykkelse mellem udsparingsrør: $h_3 \geq 0,25 (d_1 + 0,5)$ m
- Mindste tykkelse mellem yderste udsparingsrør og den fri yderside, målt vinkelret på ydersiden: $h_4 \geq 0,50$ m
- Udsparingsrørene må ikke placeres tættere på nærmeste understøtningslinjer end l_1
- Afstand fra understøtningslinje til udsparingsrørets ende: $l_1 \geq l_{II}/8$, dog mindst $0,7 l_2 \sin \phi$
- Udsparingsrørene skal placeres i pladens hovedbæreretning
- Tværsnit med udsparingsrør med diameter større end 0,9 m – eller med anden udsparingsform end cirkulært – skal behandles som kassetværsnit.

Pladen skal have to modstående frie kanter, således at bæreretningen hovedsagelig er på langs af udsparingsrørene.



Figur 1 Plan.



Figur 2 Tværsnit.

Dimensionering

Pladetværsnit med udsparringsrør, der opfylder ovenstående krav til udformning, kan beregnes i henhold til følgende regler:

- Hovedmomenter og forskydningskræfter skal beregnes ved hjælp FE-model som for en massiv plade, dvs. som en isotrop plade.
- Den langsgående forskydningsarmering (A_{svll}) i kroppenes længderetning beregnes på sædvanlig vis.
- Forskydningskræfter på tværs, dvs. vinkelret på udsparringsrørens længderetning, skal vurderes. I tværetningen fungerer tværsnittet ved Vierendeel-virkning, hvilket bevirker, at der opstår bøjningstrækspændinger i et vandret snit i kroppene mellem udsparringsrørene. For ikke-skæve brodæk er der primært tale om forskydningskræfter på tværs fra trafiklasten, mens der for skæve broer ligeledes er tale om bidrag fra permanent last. For forspændte plader modvirkes dette dog af forspændingens virkning, såfremt forspændingen er placeret hensigtsmæssigt. Disse skal analyseres vha. FE-modellen.
- Den tværgående forskydningskraft medfører en vandret forskydningskraft mellem top og bund i kroppene svarende til bøjningsmomentet i kroppene. Denne forskydningskraft kan beregnes som $F = V_{\perp} (d_1 + h_3)/z_{\perp}$, hvor V_{\perp} er den tværgående lodrette forskydningskraft og F er vandrette forskydning i kroppen, og z_{\perp} er den indre momentarm for tværmomentet.
- Det tilhørende moment i kroppen beregnes som $M_F = 0,4 d_1 F = 0,4 d_1 V_{\perp} (d_1 + h_3)/z_{\perp}$.
- Den tilhørende lodrette bøjningstrækspænding i kroppen beregnes som $\sigma_F = 6 M_F/h_3^2$. Såfremt denne spænding er mindre end den regningsmæssige trækstyrke f_{ctd} , kan den supplerende bøjlearmering undværes. Hvis den regningsmæssige trækstyrke overskrides, skal der armeres for det fulde moment. Armeringsarealet i hver side af kroppen beregnes som $A_{sv\perp} \approx M_F/(0,8 h_3 f_{yd}) \approx 0,6 V_{\perp} (d_1^2/h_3 + d_1)/(h f_{yd})$.
- Den nødvendige bøjlearmering på langs og på tværs skal adderes.
- Bøjler skal udformes således, at den omslutter hovedarmeringen i pladens under- og overside.

Revnevidde- og dæklagskrav for de indvendige flader er de samme som for aggressiv miljøklasse.

Konstruktionsudformning

For forspændte pladetværsnit med udsparringsrør skal der placeres tilstrækkelig tværarmering i overgangszonerne foran udsparringsrørene for at optage det træk, som opstår ved, at det langsgående tryk skal ledes ind i kroppene mellem udsparringsrørene.

Udsparringer skal kunne afvandes.

Materialerne, som anvendes til udspæringer, skal være trykfaste, stabile og tilstrækkeligt forankrede under støbningen. Materialerne må ikke på nogen måde kunne skade brodækket i hele dets levetid.

4.2.7 Betonlejer/betoncharnierer

Grundlag

Vejledning

Et betonleje – eller mere korrekt et betoncharnier – er en integreret samling i beton mellem konstruktionsdele i beton, der er således udformet, at vinkeldrejninger kan optages under samtidig påvirkning af store koncentrerede kræfter. Betonlejer indbygget korrekt anses i princippet for vedligeholdelsesfrie. Betonlejer kan ikke sidestilles med mekaniske lejer. På svensk anvendes betegnelsen 'betongled', på engelsk 'concrete hinge' og på tysk 'Betongelenke'.

Der har hidtil ikke eksisteret dimensioneringsregler for betonlejer i Danmark, hvorfor der ingen tradition er for eftervisning af disse lejetyper. En udbredt praksis for (forspændte) betonbroer i Danmark har hidtidigt været at udføre en form for semi-betonlejer med indsnøret halssnit, hvor armeringen føres igennem betonlejet i flere lag/rækker i begge retninger svarende til, at der kan føres betydelige snitkræfter gennem lejet i form af tilhørende tværmomenter om den stærke akse og forskydningskræfter. Anvendelsen sker normalt uden særlig dokumentation. Der tages således ikke hensyn til, at de lodrette jern både udsættes for træk/tryk og bøjning som følge af vinkeldrejningen. Baggrunden er formodentlig, at vinkeldrejningerne er beskedne dels pga., at lejet normalt bliver anvendt for almindelige broer med moderate længder og som følge heraf beherskede længdebevægelser og vinkeldrejninger.

Praksis har været at forsyne de gennemgående jern med spiralarmring af hensyn til forankringen og for at sikre mod afskalninger pga. udknækning.

Det bør nævnes, at der så vidt vides aldrig har været udført forsøg med ovennævnte type betonleje.

I de sjældnere tilfælde, hvor der er udført en egentlig eftervisning i Danmark, er den udført på baggrund af reglerne opstillet af Leonhardt på baggrund af Mönning-Netzel's arbejde. Disse regler angiver formler for bestemmelse af min. areal hhv. max. areal af betonlejet ud fra de givne laster og vinkeldrejninger. Desuden anføres regler for anordning af gennemgående armering (dorne), såfremt forskydningskraften har en vis størrelse samt supplerende armering, krydsende 'panserstænger' ('krydsende dorne', se figur 6), til optagelse af større tværmomenter vinkelret på lejet. Sidstnævnte er primært begrundet i behovet for at kunne optage det ekstra tryk, som opstår pga. tværmomentet, men kan bejliligt også optage det træk, som opstår når tværmomentet skifter fortegn. Herved begrænses forøgelsen af betontrykket, der skal gennem selve betonen.

De svenske regler for betonlejer foreskriver, at den gennemgående armering skal kunne optage alle kræfterne, altså også trykket. Reglerne kan være en konsekvens af, at det mere er reglen end undtagelsen, at der optræder både betydelige forskydningskræfter og betydelige tværmomenter i lejet.

Nedenfor er opstillet regler, som er inspireret af den svenske model kombineret med geometrikrav fra Leonhardts arbejde.

Anvendelsen af betonlejer synes at være mest på sin plads, hvor de vandrette bevægelser og tilhørende vinkeldrejninger er beherskede.

Beregning og dimensionering

I anvendelsesgrænsetilstanden (langtidstilstanden, karakteristisk kombination) må vinkeldrejningen, defineret som vinkelændringen mellem lejets over- og underdel som følge af

bevægelser og deformationer af både over- og underbygning, ikke overstige 10 ‰ regnet fra udstøbningsstidspunktet.

Armeringen i betonlejet skal i brudgrænsetilstanden dimensioneres for den fulde værdi af den lodrette og vandrette kraft, som lejet skal optage, inklusiv den fulde værdi af de kræfter, der hidrører fra optagelsen af momentet i lejets længderetning.

Betonlejer, der anvendes for sporbærende broer, skal endvidere eftervises for udmattelse.

Spaltearmering skal anordnes både på tværs og på langs af lejet ved kanterne. Spaltearmeringen dimensioneres på samme vis som spaltearmering for spændarmering, se afsnit 4.2.4.

Konstruktionsudformning og materialer

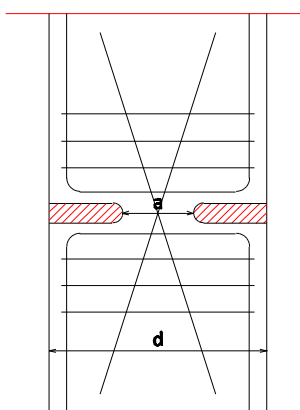
Bredden af halsen i betonlejet skal fastlægges således, at de beregnede bevægelser kan finde sted. Bredden må dog ikke vælges mindre end 150 mm og max. $0,3 d$, hvor d er den mindste bredde af de tilstødende konstruktionselementer i tværretningen vinkelret på betonlejet. Indsnævringens dybde langs de korte sider af søjlen eller væggen skal være min. $\{0,7a, 50 \text{ mm}\}$ i begge sider, hvor a er halssnittets bredde.

Såfremt halsen udføres uden afrunding, skal det forudsættes, at der sker en afskalning svarende til, at den effektive bredde af halsen reduceres med $2 \times \frac{1}{2} t = t$, hvor t er halsens højde.

Der skal anvendes krydsende gennemgående armeringsstænger placeret centralt i lejet. Der skal benyttes armeringsjern med en diameter på min. 20 mm.

Spalten skal mindst have en højde, der kan optage en vinkeldrejning på $\pm 15 \text{ ‰}$, dog max. $\{0,2 a, 20 \text{ mm}\}$.

Almindelige betonlejer skal placeres mindst 0,2 m over terræn og mindst 0,3 m over højeste vandstand. Lejet skal placeres min. 1,0 m over splash-zonen og må ikke kunne udsættes for ispåvirkninger.



Figur 3 Armeringsarrangement i betonleje.

Betonlejer for vej- og stibroer skal placeres over vandoverfladen, men tillades placeret under terræn, såfremt armeringsdiametere forøges med et korrosionstillæg på 10 mm. Alternativt kan anvendes rustfri syrefast armering.

Betonlejer for sporbærende broer skal placeres over terræn og vandoverfladen. Dog tillades de anvendt for brodæk i terræn, såfremt de er beskyttet mod jordsiden, og der her er placeret veldrænende materialer samt, at lejerne er synlige og inspicerbare fra forsiden.

Betonlejer under terræn skal tættes med en alkalibestandig silikonefuge, som beskyttes mod indtrængende jord og sand med geotekstil. Som bagstopning kan anvendes ikke-vandsugende cellegummi. Alle materialer skal være dokumenteret langtidsbestandige overfor de optrædende påvirkninger og deformationer.

Dimensionering af betonlejer efter Leonhardts regler

Som alternativ til de ovenfor beskrevne dimensioneringsregler for betonlejer kan Leonhardts regler anvendes som beskrevet i det følgende.

Vejledning

Nedenfor er gengivet Leonhardts regelsæt med udgangspunkt i Steffen Marx and Gregor Schacht's artikel "Concrete hinges – Historical development and contemporary use", udarbejdet i forbindelse med fib-kongres i 2010.

Modifikationen i forhold til Leonhardt's regelsæt, som er præsenteret i artiklen, er dog yderst beskeden.

Det skal bemærkes, at der i nedenstående regler er holdt fast i Leonhardt's oprindeligt koncept med eftervisning i anvendelsesgrænsetilstanden, hvor ovennævnte artikel tager udgangspunkt i regningsmæssige laster.

I det følgende henvises til nedenstående figurer 4 til 7. I figur 4 redegøres for terminologien for de geometriske parametre, som er knyttet til lejet, og de snitkræfter, som påvirker lejet.

I figur 5 er vist den mekaniske model, dvs. spændingsfordeling for det revnede tværsnit i lejet. Desuden er vist den tilhørende deformationsfordeling til højre i figuren, hvoraf det fremgår, at deformationen antages at svare til en deformationslængde på $s=a$.

I det følgende uddybes og specificeres de væsentligste parametre nærmere:

$N_{d, \max}$: Max. lodret last (normalkraft) svarende til karakteristisk lastkombination i anvendelsesgrænsetilstanden (SLS). Den samtidigt optrædende (associerede) vinkeldrejning α_d skal anvendes i de kritiske kombinationer.

$N_d = N_{Gd} + N_{Qd}$: Lodret last (normalkraft) svarende til hyppig lastkombination i anvendelsesgrænsetilstanden (SLS)

Den til N_d tilhørende vinkeldrejning α_d defineres som:

$$\alpha_d = \frac{1}{2} \alpha_{Gd} + \alpha_{Qd}$$

hvor:

α_{Gd} : Blivende vinkeldrejning fra permanente laster inkl. forspænding, krybning, svind, differenssætninger mv.

α_{Qd} : Hyppigt optrædende vinkeldrejninger fra temperaturpåvirkning og trafiklast.

E_{c0m} : Middelværdien af betonens begyndelseselasticitetsmodul svarende til 28 døgns-styrken

f_{cd} : Den regningsmæssige betontrykstyrke.

Vedrørende pkt. 7 i figur 7 skal følgende bemærkes:

- $Q_{y,d}$ er den til N_d associerede forskydningskraft
- $M_{y,d}$ er det til N_d associerede tværmoment.

Dimensioneringsproceduren er vist på figur 7:

1. Under pkt. 1 er angivet de geometriske krav til betonlejet
2. Under pkt. 2 bestemmes min. arealet af betonlejet
3. Under pkt. 3 bestemmes max. arealet af betonlejet (øvre grænse, som skal sikre, at der er tilstrækkelig bevægelsesmulighed i lejet)
4. Under pkt. 4 bestemmes den max. tilladelige rotation i betonlejet. Ligningen er en omskrivning af udtrykket fra pkt. 3
5. Under pkt. 5 er anført arbejdskurven for moment-rotation i betonlejet, vel at mærke om betonlejets akse (den svage akse)
6. Under pkt. 6 er formler for dimensionering af spaltearmering angivet
7. Under pkt. 7 er angivet grænse for, hvor stor en forskydningskraft, der kan anføres samt, hvor der skal armeres for forskydning, se dog skærpelse af dette krav nedenfor. Endvidere er angivet grænse for, hvornår der skal anordnes armering til optagelse af tværmomentet. Endelig er anført at lejer, som er trækpåvirket, skal forspændes.

I forhold til de anførte regler for dimensionering af den gennemgående armering i betonlejet skal følgende præciseres i forbindelse med anvendelsen i Danmark:

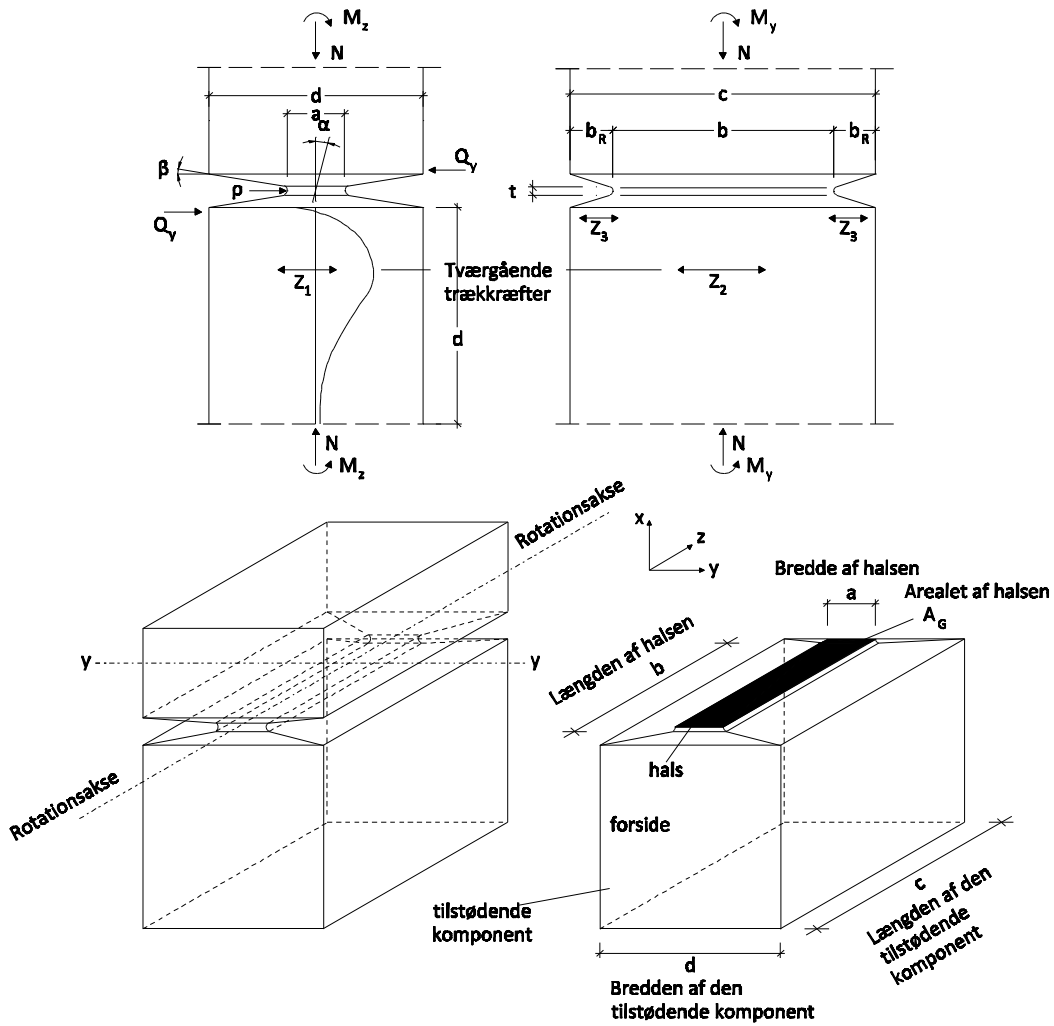
1. Der skal altid placeres gennemgående glat armering (rundstål med stor flydetøjning/brudforlængelse) i betonlejet, som skal dimensioneres iht. den under pkt. 7 viste formel for $Q_{y,d} < \frac{1}{4} N_d$.
2. Der skal armeres for bøjning på tværs, såfremt tværmomentet overstiger $1/6 b N_d$, som svarer til, at der lige netop er tryk over hele tværsnittet. Armeringen (rundstål med stor flydetøjning/brudforlængelse) skal dimensioneres således, at den kan optage hele den forøgede trykkraft, som opstår i tryksiden pga. momentet. Dette svarer til at holde betonen neutral overfor momentforøgelsen, der overstiger $1/6 b N_d$, dvs. ingen spændingsforøgelse. Armeringen i træksiden dimensioneres på samme vis, dvs. armeringen dimensioneres for hele trækket. Ved beregningen skal forholdet mellem betonens og armeringens elasticitetsforhold vælges svarende til de aktuelle lastkombinationer med bidrag fra langtids- hhv. korttidslast.
3. Betonlejet skal udover de ovenfor og i figur 7 anførte laster også eftervises for brudgrænsetilstanden (ULS) og ulykkesgrænsetilstanden (ALS) samt desuden for udmattelse (FLS), såfremt der er tale om en sporbærende bro.
4. Udmattelseeftervisningen skal udføres i henhold til DS/EN 1992-1-1 og DS/EN 1992-2 inkl. DK NA. Alle spændingsbidrag fra varierende laster skal medtages, og både spændingsvariationer fra bøjning og normalkraft i armering og beton skal medtages.

Vejledning

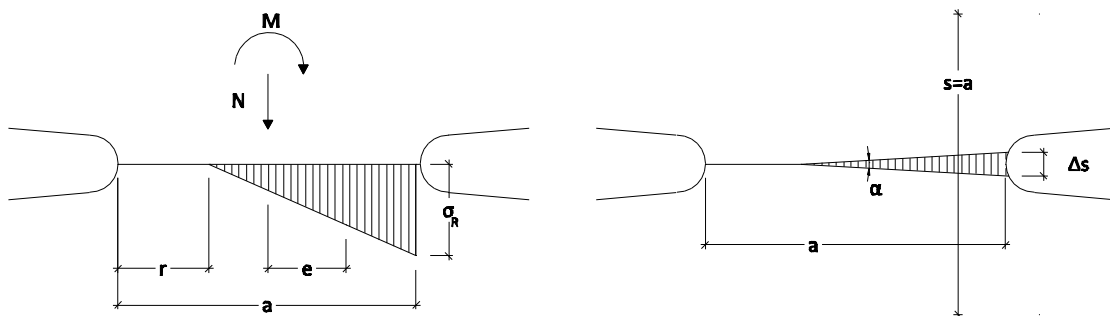
I forbindelse med eftervisning af armeringen for tværmomentet jf. pkt. 2 ovenfor, skal det kontrolleres, at betonspændingen i trykzonen ikke overstiger $\sigma_c = 2N_d/(a \cdot b)$ i de karakteristiske kombinationer i anvendelsesgrænsetilstanden (SLS). Dermed sikres det, at betonen forbliver neutral overfor momentforøgelsen, der overstiger $1/6 b N_d$.

Vedrørende dimensionering af spaltearmeringen vist på figur 6 og uddybet under pkt. 6 i figur 7 skal følgende bemærkes:

1. Den skiftevis placering af tværarmeringen for $Z_{3,d}$ i hver side afspejler, at spændingsspidserne vist på figur 5 kan optræde i begge sider.
2. Udover hvad der er vist på figur 6 bør hjørnerne sikres med lodrette U-bøjler på samme vis, som det normalt udføres i forankringszoner for spændarmering.

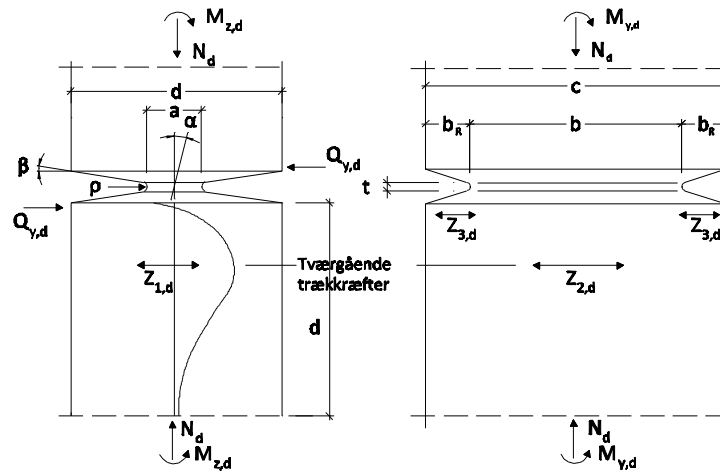


Figur 4 Terminologi for betonlejer i henhold til Leonhardts regler jf. Steffen Marx and Gregor Schacht's artikel.

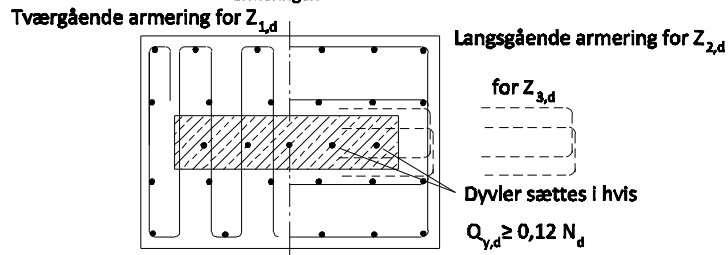
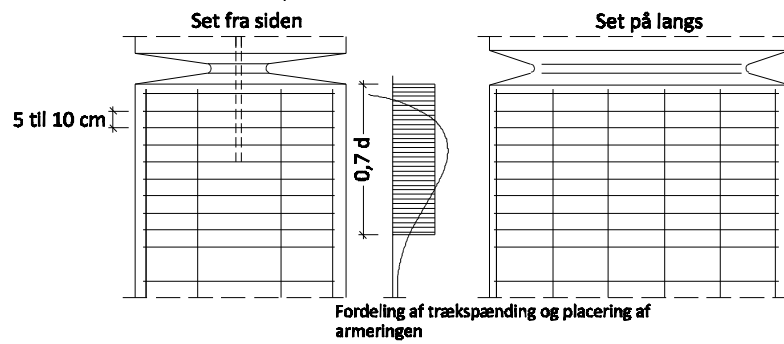


Figur 5 Mekanisk model for betonleje under rotation jf. Steffen Marx and Gregor Schacht's artikel.

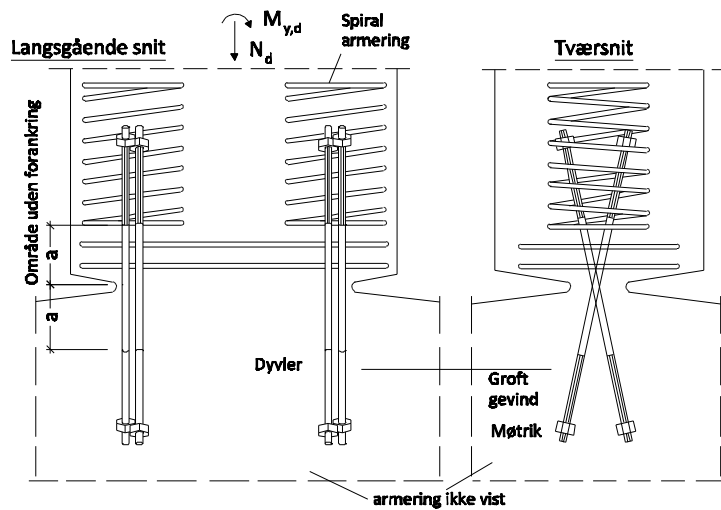
Geometri og snitkræfter



Placering af tværarmring



"Armering" af betonleje



Figur 6 Figurer knyttet til beregningsformler for betonlejer i henhold til Leonhardts regler jf. Steffen Marx and Gregor Schacht's artikel.

1. Konstruktive regler	$a \leq 0,3 \cdot d$ $t \leq 0,2 \cdot a \leq 2\text{cm}$ $\tan \beta \leq 0,1$ $b_R \geq 0,7 \cdot a \geq 5\text{cm}$
2. Minimumsareal af lejefladen (halsen)	$A_{G,\min} = a \cdot b = \frac{N_{d,\max}}{\sqrt{3} \cdot f_{cd} \left[1 + \lambda \cdot \left(1 - \alpha_d \cdot \frac{E_{c0m}}{12800 \cdot \sqrt{3} \cdot f_{cd}} \right) \right]}$ <p>[MN; m²; MN/m²; ‰]</p> <p>hvor $\lambda = 1,2 - 4 \frac{a}{d} \leq 0,8$ og $\alpha_d \cdot \frac{E_{c0m}}{12800 \cdot \sqrt{3} \cdot f_{cd}} \leq 1$</p>
3. Maksimumsareal af lejefladen (halsen)	$A_{G,\max} = a \cdot b = 12800 \cdot \frac{N_d}{\alpha_d \cdot E_{c0md}}$ <p>[MN; m²; MN/m²; ‰]</p>
4. Maksimumsrotation	$\alpha_{Rd} = 12800 \cdot \frac{N_d}{a \cdot b \cdot E_{c0md}} \geq \alpha_d = 0,5 \cdot \alpha_G + \alpha_Q$ <p>[MN; m²; MN/m²; ‰]</p>
5. Arbejdskurven for moment-rotation	$m = \frac{M_y}{N_d \cdot a} = \begin{cases} m_I = \frac{\Psi \cdot \alpha_d}{54} & \text{for } 0 \leq m \leq 1/6 \text{ og } 0 \leq \Psi \cdot \alpha_d \leq 9\text{‰} \\ m_{II} = \frac{1}{2} - \sqrt{\frac{1}{\Psi \cdot \alpha_d}} & \text{for } 1/6 \leq m \leq 1/3 \text{ og } 9\text{‰} \leq \Psi \cdot \alpha_d \leq 36\text{‰} \end{cases}$ <p>hvor $\Psi = \frac{9 \cdot E_{c0md} \cdot A_G}{20000 \cdot N_d}$</p>
6. Armering for spaltekræfter	$Z_{1,d} = 0,3 \cdot N_{d,\max} \quad Z_{2,d} = 0,3 \cdot \left(1 - \frac{b}{c} \right) \cdot N_{d,\max} \quad Z_{3,d} = 0,03 \cdot \frac{a}{b} \cdot N_{d,\max} \quad \text{hvor } \sigma_{sd} = 250 \text{ N/mm}^2$
7. Armering for forskydning, tværbøjning og træk	<p>$Q_{y,d} > 1/4 \cdot N_d$ Ikke tilladt</p> <p>$Q_{y,d} \leq 1/8 \cdot N_d$ Armeres som for $Q_{y,d} \leq 1/4 \cdot N_d$</p> <p>$Q_{y,d} \leq 1/4 \cdot N_d$ Dyvler i form af armeringsstænger i midten af lejet (halsen) med forankringslængde $> 30 \varnothing$: $A_s [\text{cm}^2] \geq \frac{1}{8} Q_{y,d} [\text{kN}]$</p> <p>$M_{y,d} \leq 1/6 \cdot b \cdot N_d$ Ingen specielle foranstaltninger</p> <p>$M_{y,d} \geq 1/6 \cdot b \cdot N_d$ Armeres med glatte stænger ved enderne af lejet. Forankring etableres ved hjælp af møtrikker for enden af stængerne. Spiralarmering placeres omkring stængerne for at forebygge revnedannelse pga. lokale trækspændinger.</p> <p>Trækkræfter Axial forspænding: $P \approx 1,2 \cdot N_{d,\text{træk}}$</p>

Figur 7 Beregningsformler for betonlejer i henhold til Leonhardts regler jf. Steffen Marx and Gregor Schacht's artikel.

4.2.8 Elementbroer

Grundlag

Præfabrikerede betonelementer til broer skal fremstilles i henhold til:

Udbudsforskrift Betonbro – Betonelementer – AAB (inkl. referencer)

DS/EN 15050 Elementer til brokonstruktioner

DS/EN 15258 Elementer til støttekonstruktioner

Segment-opbyggede broer (kassetværsnit), hvor elementerne består af segmenter, som omfatter hele tværsnittet og spændes sammen på langs, er ikke omfattet af reglerne anført i det følgende.

Elementtyper

Præfabrikerede betonelementer, der anvendes til broer, kan opdeles i følgende grupper:

1. Bjælkeelementer til brodæk og tunneltag
 - a. Ind-/omstøbte OT-elementer, OT-bjælkeelementer med in-situ støbt dækplade
Kontinuitetsarmering over mellemunderstøtninger og i rammehjørner indstøbes på pladsen
 - b. Firkantelementer m/u udsparinger (cirkulære eller firkantede), m/u sammenspænding på tværs og m/u integreret in-situ støbt armeret overbeton
De langsgående fuger mellem elementerne udføres som fortandede fuger eller armerede fuger med låsearmering eller kombinationer heraf
 - c. T- eller I-formede elementer med in-situ støbt dæk (sjældent anvendt i Danmark)
2. Søjle- og vægelementer til mellemunderstøtninger, endevægge og fløjvægge
 - a. Søjler med indstøbte søjlesko eller udragende armering
 - b. Vægelementer m/u ribber og m/u fundament
Fundament eller dele heraf støbes på stedet
 - c. Facadeelementer, som indgår i armeret jordkonstruktioner (ej behandlet)
3. Tunnelementer i tunneler inklusiv vægelementer til fløjvægge
 - a. Firkanttunnelementer m/u bund
 - b. Elliptisk eller cirkulært formede tunnelementer m/u bund

Elementer, som indgår i brodæk, er som oftest forspændte, mens øvrige elementer sædvanligvis er slapt armerede.

Grundlæggende krav til elementopbygning

Nedenfor er anført krav til elementløsninger begrundet i krav til holdbarhed og vedligehold (udskiftning af fugtisolering, betonreparationer).

Vejledning

Sammenhæng mellem præfabrikerede betonelementer skabes enten vha. udstøbte fuger (fortandede eller armerede låsefuger) eller vha. in-situ støbt beton (omstøbning eller plade, der forbinder elementerne), som integreres i konstruktionen således, at der etableres en effektiv kompositvirkning mellem betonelementer og in-situ beton.

For de mindre OT-elementer, som omstøbes, sikres den langsgående forskydningsoverførsel i toppen vha. udragende jern og ru støbeskel og i bunden vha. fortandinger og tværarmering. For visse udenlandske OT-bjælketyper overføres den langsgående forskydning i toppen udelukkende vha. fortandinger af kroppen, hvorved de udragende jern kan undlades. I oversiden af den in-situ støbte beton placeres altid armering både på langs og på tværs.

For de større OT-elementer med in-situ støbt plade overføres den langsgående forskydning mellem krop og plade vha. bøjlearmeringen i kroppen, der føres videre op i pladen således, at den omslutter træk- og trykresultanten, som forudsat ved anvendelse af trykdiagonalmetoden. Derudover skal der anordnes supplerende bøjlearmering til overførsel af den langsgående forskydningskraft jf. DS/EN 1992-1-1 og DS/EN 1992-2 inkl. DK NA.

For broelementdæk uden integreret in-situ beton er fugerne holdbarheds- og vedligeholdelsesmæssigt de mest sårbare dele, som kan give anledning til utætheder, såfremt fugen ødelægges pga. gentagne varierende belastninger, dårlig udstøbning, dårlig fugtisolering over fugen mv. Endvidere indebærer visse udformninger af fuger med låsejern, at hovedjern (forskydnings-/vridningsbøjler og nakkejern) blotlægges i fugen, hvorved de i tilfælde af gennemsvninger udsættes for en større risiko for korrosion end den øvrige hovedarmering. Det samme gælder evt. udragende hovedarmering for sammenstøbning i rammehjørner.

Placering af fugtisolering direkte på oversiden af betonelementer medfører, at elementerne vil blive svækket i tilfælde af, at der skal udføres betonreparationer på oversiden. Til sammenligning vil en pladsstøbt integreret overbeton medføre en ekstra beskyttelse af betonelementerne.

Dækelementer

Nedenfor er anført krav til elementbroers opbygning, afhængigt af trafikbelastning og -intensitet.

1. Vejbroer, brogruppe I (normal trafik) og II (svag trafik):
 - a. Brodækket skal udføres med in-situ støbt, armeret og integreret profileringsbeton med bitumenbaseret fugtisolering og brobelægning, når dækket placeres direkte under trafikarealet.
 - b. Brodækket kan udføres uden in-situ støbt, armeret og integreret profileringsbeton, såfremt
 - i. Vejopbygningen føres over brodækket i en tykkelse som mindst svarer til vejassen minus bundsikringslaget, og der anvendes type I isolering (type IVa membran direkte påklæbet overside af elementer og fuger + armeret beskyttelsesbeton) samt
 - ii. at det eftervises, at fugerne mellem elementerne har den fornødne styrke i alle grænsetilstande samt har tilstrækkelig udmattelseslevetid.
2. Vejbroer, brogruppe III (stibroer) og IV (broer i boligområder og markvejsbroer):
 - a. Brodækket kan udføres med bitumenmembran direkte påklæbet oversiden af elementer og elementfuger, såfremt det eftervises, at fugerne mellem elementerne har den fornødne styrke i alle grænsetilstande samt har tilstrækkelig udmattelseslevetid.
 - b. Anvendelse af kunststofbelægning kræver, at der anvendes en in-situ støbt, armeret og integreret profileringsbeton.
3. Sporbærende broer med ballast:
 - a. Brodækket kan udføres med type I isolering med type IVa membran direkte påklæbet elementoverside og fuger + armeret beskyttelsesbeton, såfremt det eftervises, at de armerede fugesamlinger mellem elementerne har den fornødne styrke i alle grænsetilstande samt har tilstrækkelig udmattelseslevetid.
 - b. Tunnелеlementer kan udføres med type IVa membran direkte påklæbet elementoversiden, beskyttet af en 15 mm stålplade lagt i jordfugtig beton i hele brodækkets bredde og uden armerede fugesamlinger, såfremt elementerne sammenspændes på tværs (middeltrykspænding på tværs af fuger $\sigma \geq 1,5$ MPa i langtidstilstanden) og såfremt, at alle grænsetilstande inkl. udmattelse kan eftervises ved at se bort fra tværfordelingen gennem fugerne.

Vejledning

For detailberegning af fuger, se afsnit nedenfor vedr. dimensionering.

Generelt bør der tilstræbes anvendt præfabrikerede kantelementer i tilknytning til anvendelsen af dækelementer således, at stillads kan undgås.

Vægelementer

Vægge opbygget med vægelementer skal opfylde de samme tæthedskrav som in-situ støbte vægge. Dvs. at fugerne mellem elementerne skal sikres mod gennemsvinger vha. en fugtmembran.

Elementerne skal sikres mod differensbevægelser ud af vægplanet vha. udstøbte fortandede fuger med låsejern. Påboltede beslag eller lignende, der anvendes i forbindelse med monteringen af elementerne, kan ikke påregnes at bidrage til optagelse af de kræfter, som er forbundet med evt. differens- og fugebevægelser.

Tunnelementer

Tunnelementer skal monteres med forbandt (topelementer forsat i forhold til bundelementer) for at forebygge differensbevægelser.

For topelementer gælder for oversiden de samme krav vedr. fugeløsninger og fugtisolering som for dækelementer. For de lodrette/skrå sider gælder de samme krav vedr. tæthed og sikring mod differensbevægelser som for vægge.

Materialer

Der henvises generelt til AAB for betonelementer.

Armering

Vejledning

Afstandsklodser i plast tillades ikke anvendt.

Spændt armering

Kabler, der anvendes til sammenspænding af elementer på tværs, skal kunne udskiftes.

Vejledning

Der anvendes kabler, som er indkapslet i en plastkappe og beskyttet med fedt. Forankringszoner beskyttes omhyggeligt mod fugt og indsvivende vand.

Beton

Vedrørende anvendelse af højere betontrykstyrke, se afsnit 4.2.3 under "Beton".

Udstøbning af elementsamlinger skal udføres med en svindfri beton, der er særligt egnet til dette formål. Der skal udarbejdes en metodebeskrivelse for udstøbningen, om nødvendigt skal der udføres prøvestøbning.

Dimensionering

Præfabrikerede elementer skal opfylde de samme krav til funktion, sikkerhed og holdbarhed som betonkonstruktioner støbt på stedet.

Præfabrikerede elementer skal endvidere dimensioneres for de kritiske lasttilfælde, der kan optræde i forbindelse med alle midlertidige situationer såsom produktion, opbevaring, transport, montage og konstruktion. Sikkerhedsniveauet skal være som for den permanente konstruktion.

Ved dimensionering af brodæk, bestående af forspændte betonelementer, der er omstøbt af slapt armeret beton eller forbundet med en slapt armeret dækplade, som ikke er tværforspændt, tillades stivheden på tværs for den slapt armerede beton reduceret svarende til, at tværsnittet er revnet i brudgrænsetilstanden.

Vejledning

Hvis ikke andet dokumenteres, kan der regnes med en stivhed på min. 40 % af det urevnede tværsnits stivhed.

For relativt vridningsslappe bjælkeelementer (T, I og OT), der ikke omstøbes, skal vridningsstivheden tages i regning i tilfælde, hvor den har en ugunstig virkning i anvendelses- og udmattelsesgrænsetilstanden.

Ved beregning i anvendelsesgrænsetilstanden (spændinger og nedbøjninger) skal der tages hensyn til differenssvind og -krybning samt temperaturpåvirkning.

Beregning af snitkræfter skal ske vha. 3-D FE-modeller, som afspejler den reelle virkemåde af konstruktionen og fugesamlingerne.

Elementsamlinger: Sammenvirkning med in-situ støbt beton, elementsamlinger på tværs, sammenspænding på tværs

Elementsamlinger/-fuger skal kunne overføre de beregnede snitkræfter i alle grænsetilstande, dvs. anvendelsesgrænsetilstanden (SLS), brudgrænsetilstanden (ULS), udmattelsesgrænsetilstanden (FLS) og ulykkestilstanden (ALS) samt kritiske lasttilfælde i forbindelse med udførelsen. For elementsamlinger/-fuger gælder de samme krav til spændinger, revnevidder, deformationer, vandtæthed, holdbarhed og udmattelseslevetid mv. som in-situ støbte betonkonstruktioner.

For tværforspændte dæk skal det sikres, at der er tryk gennem fugerne i anvendelsesgrænsetilstanden (hyppige lastkombinationer).

Vejledning

Fugerne eftervises vha. en detaljeret model, som beskriver og håndterer alle snitkraftkomponenter i fugen (træk, tryk, lodret forskydning, langsgående forskydning fra normalkræfter, momenter, vridningsmomenter og forskydning). Globale og associerede lokale komponenter - og omvendt - kombineres. Der tages hensyn til revnede tværsnit.

Hensyntagen til byggetakt og varierende statisk system

Ved dimensioneringen skal der tages hensyn til de skiftende statiske systemer, som optræder før og efter indbygning af de præfabrikerede elementer, herunder skal der tages hensyn til belastningshistorien, differenssvind og krybning. Den simple metode beskrevet i DS/EN 1992-2, KK.7 i Anneks KK kan anvendes, se endvidere illustrative eksempler i Designers' Guide to EN 1992-2: Part 2, Concrete Bridges.

Konstruktive forhold

Forskydningsbøjler

Forskydningsbøjler mellem OT-elementer og in-situ støbt dæk skal omslutte trykzonen i pladen og trækzonen i bjælken.

Elementsamlinger, fuger: Sammenstøbninger, sammensvejsninger, boltesamlinger, lukning af fuger inden støbning

Elementsamlinger skal udformes således, at virkemåden er veldefineret og svarer til beregningsforudsætningerne, se ovenstående.

Låsesamlinger tillades ikke etableret via blotlagt hovedarmering, fx forskydningsarmeringen, som i givet fald potentielt svækkes holdbarhedsmæssigt pga. støbeskellet.

Facade- og kantelementer (påkørsel)

Facade- og kantelementer skal dimensioneres og afstives for påkørsel fra trafik på den underførte vej. Påkørselskræfterne skal kunne fordeles videre i konstruktionen uden, at krop og flanger beskadiges i et omfang, der reducerer bæreevnen af elementerne.

Særlige toleranceforhold for elementer (fugtisolering, faldforhold)

Såfremt brodækket udføres uden armeret overbeton og med fugtisoleringen direkte klæbet på oversiden af elementer og fuger, skal der etableres robuste faldforhold (fald ≥ 20 ‰), og det skal sikres, at variationen i overhøjden af elementerne begrænses ved at opretholde en ensartet støbesekvens på elementfabrikken.

Slanke elementer

Slanke elementer såsom høje smalle kantelementer og høje smalle OT-elementer kræver større omhu med hensyn til placering af liner og udstøbning (vibrering) til forebyggelse af uacceptable sideudbøjninger. Alternativt bør bredden forøges og/eller højden begrænses.

4.2.9 Broer med ekstern forspænding

Grundlag

Vejledning

Der foreligger ikke danske retningslinjer for anvendelse af ekstern forspænding, hverken vedrørende beregning eller kabel-layout, installation, opspænding og holdbarhedsmæssige aspekter mm. Ved evt. anvendelse i Danmark skal der derfor opstilles både designgrundlag og retningslinjer for indbygning og vedligehold, som skal godkendes af Bygherren.

Ekstern forspænding anvendes typisk for broer opbygget med kassetværsnit. Der henvises til specielt Tyskland, men også til England og Frankrig for relevante erfaringer med in-situ støbte betonbroer med ekstern forspænding. Baggrunden for anvendelsen af ekstern forspænding er uheldige erfaringer med korrosion af spændarmeringen for indstøbte kabler. Ekstern forspænding giver mulighed for inspektion og udskiftning af kabler.

Materialer

Der bør anvendes kabler, som er udviklet til brug for eksternt forspændte tværsnit.

Dimensionering

For at tilstræbe større robusthed af konstruktionen (varslet brud, forøget duktilitet) bør der anvendes en opbygning med fiksering af kabler i sadler således, at kablerne kan bringes til flydning, og revneåbninger vil ske i flere snit i brudsituationen.

Konstruktive forhold

Sadler bør placeres tæt på kroppene for at sikre adgang og gennemgang i kassetværsnittet og for at sikre, at afvandingsledninger kan føres frit igennem.

Sadler skal udformes således, at de er tilpasset kabelgeometrien (kablets krumningsradius over sadlen). For at undgå, at kablet kommer til at ride på sadlens kanter, skal ind- og udgang udformes trompet-formet.

Der skal udvises stor omhyggelighed ved dimensionering og udformning af forankringsblokke og forankringsknaster pga. de store kræfter og excentriciteter, som optræder.

4.3 Stålkonstruktioner {Ikke udarbejdet}

4.4 Kompositkonstruktioner beton – stål {Ikke udarbejdet}

4.5 Trækonstruktioner {Ikke udarbejdet}

4.6 Konstruktionselementer i andre materialer {Ikke udarbejdet}

4.7 Lejer

Dette afsnit beskriver grundlaget for dimensionering, fremstilling, levering og indbygning af lejer til vej- og stibroer samt sporbærende broer. I afsnittet er "Structural bearings" oversat til lejer,

Vejledning

Betonlejer (betoncharnierer) henregnes ikke til gruppen af lejer.

Lejer skal vælges og dimensioneres, så de til enhver tid er i stand til at optage de laster og lejebevægelser, som kan opstå i lejernes forventede levetid.

Lejer skal vælges og dimensioneres, så de mindst har en forventet levetid på 50 år.

Bygherren kan foreskrive andet krav til forventet levetid.

Bygherren kan foreskrive, at valg af lejetype skal ske på baggrund af en økonomisk vurdering, hvor totaludgiften (indkøb, installation, drift og vedligeholdelse, reparation, udskiftning og trafikantgener) i broens forventede levetid sammenholdes for relevante lejetyper.

Vejledning

For vej- og stibroer bør det af hensyn til vedligeholdelses tilstræbes, at det konstruktive system opbygges, så indbygning af lejer kan undgås. Dette kan ske ved sammenbygning af over- og underbygning evt. ved anvendelse af betonlejer. Det skal sikres, at de kræfter, som herved introduceres i over- og underbygning, kan optages.

For sporbærende broer bør der tilstræbes veldefinerede understøtnings- og bevægelsesforhold, hvilket sædvanligvis indebærer anvendelse af lejer ved 3-fags broer eller lignende brotyper. Rammebroer kan erfaringsmæssigt udføres uden anvendelse af lejer.

Ved valg af lejetype bør desuden følgende krav, udover de grundlæggende krav vedrørende optagelse af laster og bevægelser, respekteres:

- Adgang for inspektion, justering og udskiftning af lejer
- Æstetiske forhold (højde af lejer og lejeplinte).

Bygherren kan foreskrive anvendelse af specifik lejetype, men ikke fabrikat.

Vejledning

Krav til anvendelse af specifikke lejetyper kan fx være af hensyn til vedligehold. Fx anvendes rulle- og vippelejer i stål sjældent pga. dårlige erfaringer mht. korrosion.

I forbindelse med totalentrepriser kan bygherren anmode de bydende entreprenører om, som en del af tilbuddet, at anføre hvilken lejetype og hvilke lejedimensioner, der er forudsat anvendt i det konkrete projekt.

4.7.1 Grundlag

Lejer for broer skal projekteres i overensstemmelse med nedennævnte dokumenter. I tilfælde af indbyrdes modstrid gælder dokumenterne i prioriteret rækkefølge.

1. Vejledning til belastnings- og beregningsgrundlag
2. BN1-59 Belastnings- og beregningsforskrift for sporbærende broer og jordkonstruktioner
3. DS/EN 1993-2 Stålkonstruktioner - Del 2 Stålbroer inklusive DK NA (Anneks A, Technical specifications for bearings)
4. Betonbroer – lejer – AAB med tilhørende SAB-P
5. AAB for overfladebehandling af stålbroer
6. DS/EN 1337-1 Bærelselejer - Del 1: Generelle konstruktionsregler
7. DS/EN 1337-2 Bærelselejer - Del 2: Glidelejer
8. DS/EN 1337-3 Bærelselejer - Del 3: Elastomere lejer
9. DS/EN 1337-4 Bærelselejer - Del 4: Rullelejer
10. DS/EN 1337-5 Bærelselejer - Del 5: Tallerkenlejer
11. DS/EN 1337-6 Bærelselejer - Del 6: Vippelejer
12. DS/EN 1337-7 Bærelselejer - Del 7: Kugle og vippelejer af PTFE
13. DS/EN 1337-8 Bærelselejer - Del 8: Sidestyrt og fastholdelse
14. DS/EN 1337-9 Bærelselejer - Del 9: Beskyttelse
15. DS/EN 1337-10 Bærelselejer - Del 10: Inspektion og vedligehold
16. DS/EN 1337-11 Bærelselejer - Del 11: Transport, lagring og installation.

Vejledning

Ovennævnte lejenormer er udarbejdet over en længere årrække, hvilket indebærer, at der kan være overlap og modstrid mellem lejenormerne og projekteringsgrundlaget beskrevet i Anneks A til DS/EN 1993-2 inkl. DK NA. I sådanne tilfælde er sidstnævnte Anneks A med tilhørende DK NA gældende.

Ovennævnte Anneks A omhandler ikke lejer, som skal kunne optage trækkræfter, se afsnit A.1.

4.7.2 Materialer

Lejer skal med hensyn til materialer opfylde kravene i lejenormen i DS/EN1337-serien for den pågældende lejetype, med de skærpelser som de specificerede funktionskrav i afsnit 4.7.3 måtte afstedkomme.

Der henvises til kravene specificeret i DS/EN 1337 for den specifikke lejetype vedrørende materialer, kontrol og certificering mm.

Det tillades at anvende forbedret teflon (PDFE) til glidelejer i fugekonstruktioner i stedet for almindelig teflon.

4.7.3 Dimensionering og udformning

Optagelse af lejebevægelser

Lejebevægelser skal fastlægges på basis af Anneks A til DS/EN 1993-2 inkl. DK NA.

Ved beregning af lejebevægelser (translationer og rotationer) som følge af svind og krybning, temperaturpåvirkninger og trafiklast mv. skal broens understøtningsforhold og rumlige geometri nøje iagttages.

I tillæg skal medregnes evt. bevægelser pga. de faste understøtningers vandrette bevægelse som følge af jordens eftergivelse og søjlers elastiske udbøjning, se endvidere afsnit A.4.2.6 i ovennævnte Anneks A.

Hvis lejerne installeres undervejs i byggeprocessen, skal der tages højde for de midlertidige belastninger og flytninger den udsættes for, jf. reglerne i A.4.2.7 og A.4.2.3.1 i ovennævnte Anneks A.

Vejledning

For lejer, som indbygges på endevederlag og søjler, hvor der er store fugebevægelser i kombination med større længdefald, kan det komme på tale at indbygge lejerne således, at lejebevægelsen ikke er vandret, hvilket indebærer, at lejeunderlaget ikke kan placeres vandret. Der skal tages hensyn hertil ved beregning af reaktionerne og ved eftervisning af deres optagelse, herunder indflydelsen på den globale stabilitet af tyngdekraftens komponent i bevægelsesretningen.

Hensynet til evt. ledninger, fugekonstruktioner, rækværk o.lign. kan sætte en øvre grænse for max. tilladelige bevægelser i den tværgående retning. Som følge heraf kan der blive tale om at installere enten lejer med sidestyr eller separate sidestyrlejer.

For sporbærende broer henvises til DS/EN 1991-2 inkl. DK NA vedrørende krav til max. bevægelser for den samvirkende konstruktion (skinner, ballast, overbygning, lejer, underbygning, fundering).

Ved indstøbte lejer skal det sikres, at lejernes maksimale bevægelse ikke allerede er indtruffet ved støbningen.

Optagelse af laster

Lejeplacering og udformning af tilgrænsende over- og underbygning skal være således, at der opnås en hensigtsmæssig kraftindføring.

Ved dimensioneringen skal de i danske nationale annekser anførte partialkoefficienter på last- hhv. materialesiden anvendes, se DS/EN 1990/A1, Annex A2 inkl. DK NA samt "Vejledning til belastnings- og beregningsgrundlag for vej- og stibroer" hhv. BN1-59.

Lejer skal henføres til samme konsekvensklasse som broens primære konstruktionsdele.

Belastninger på lejer skal angives i et lejeskema som vist i Anneks A til DS/EN 1993-2 inkl. DK NA. Dette gælder lejer såvel som tilstødende konstruktioner.

Vejledning

For sporbærende broer henvises til DS/EN 1991-2, sektion 6 inkl. DK NA vedrørende beregning af lejekræfter for den samvirkende konstruktion (skinner, ballast, overbygning, lejer, underbygning, fundering).

For betonkonstruktioner skal de tilgrænsende områder kontrolleres for spaltekræfter, herunder skal det kontrolleres, at der ikke er risiko for afspaltning af kanter og hjørner ved samtidigt virkende lodrette og vandrette kræfter i lejerne.

Desuden skal laster, som kan optræde i forbindelse med lejeudskiftninger, herunder kræfter fra donkrafte, kunne optages. Se endvidere A.4.2.3.2 i ovennævnte Anneks A.

Forudsætninger vedr. laster og lastkombinationer samt placering af donkrafte i forbindelse med lejeudskiftninger bør indarbejdes i projektet.

Ved brug af forbedret teflon (PDFE) i lejerne bliver lejets areal betydeligt mindre end ved brug af almindelig teflon. Det skal der tages hensyn til i de tilstødende konstruktioners arrangement.

For lejer til vej- og stibroer kan det accepteres, at der opstår løft i lejer i brudgrænsetilstanden, hvis de statiske modeller modificeres svarende hertil. Det skal eftervises, at der ikke opstår løft i den karakteristiske lastkombination i anvendelsesgrænsetilstanden, se endvidere DS/EN1990/A1, Annex A2 inkl. DK NA samt "Vejledning til belastnings- og beregningsgrundlag for vej- og stibroer".

For sporbærende broer tillades det ikke, at der opstår løft i lejerne, se endvidere BN1-59. Hvis der vælges en konfiguration med lejer, som skal kunne optage træk, kræves der anvendt en lejetype, hvor der foreligger en typegodkendelse udarbejdet af et akkrediteret uafhængigt prøvningsinstitut.

Vejledning

Anvendelse af lejer, som kan optage træk, er ikke omfattet af Anneks A til DS/EN 1993-2, og der er ikke udarbejdet en særlig norm for sådanne lejer.

Holdbarhed

Lejer skal udformes, så de kan opfylde ovenstående funktionskrav i den for lejerne forudsatte levetid, dvs. inden nedbrydning eller slid har nået et omfang, så funktionsevnen eller sikkerheden er nedsat.

Materialevalg, overfladebehandling af delkomponenter, som kan korrodere, og beskyttelse af glideflader mod støv og urenheder, skal ske under hensyntagen til aggressiviteten af det miljø, som broen er placeret i, fx over eller tæt på havet.

Ståledele i lejer skal overfladebehandles til C5-M jf. DS/EN ISO 12944-5.

Det skal ligeledes sikres:

- at vand ikke kan løbe langs undersiden af brodækket frem til lejet, fx vha. drypnæser
- at der ikke ophobes vand omkring lejer, fx vha. fald og afløb
- at vand fra afløb i brodækket ikke kan føres med vinden ind på lejerne.

Drift og vedligehold

Lejer skal udformes og indbygges, så de i størst mulig udstrækning er vedligeholdelsesfrie.

Det skal sikres, at der etableres adgangsforhold, som gør det muligt at udføre den forudsatte inspektion og vedligeholdelse på hensigtsmæssig vis. Vedrørende inspektion og vedligehold henvises til DS/EN 1337-10.

Vejledning

Det bør bemærkes, at DS/EN 1337-10 er et ældre dokument, som ikke er opdateret mht. referencer mm.

De tilstødende områder omkring lejerne skal udformes og dimensioneres, så der er plads til de forudsatte donkrafte ved lejeudskiftninger, og så kræfterne i den midlertidige situation kan optages, der hvor donkrafte kan forventes placeret, fx ved anordning af supplerende armering.

Ovenstående forhold skal indarbejdes i projekt materialet.

4.7.4 Konstruktive bestemmelser

Generelt skal det ved projekteringen sikres, at de tilstødende konstruktioner omkring lejerne udformes på en måde, at den ønskede levetid af lejerne kan opnås, at den forudsatte inspektion og vedligeholdelse kan udføres, samt at lejerne kan udskiftes.

Glidlejer skal kunne forindstilles.

Konstruktive bestemmelser fremgår endvidere af afsnit 4.7.3.

Vejledning

Supplerende krav til konstruktiv udformning kan indarbejdes i SAB for lejer.

Bygherren kan have særlige krav vedrørende konstruktiv udformning.

4.7.5 Udbuds- og projekt materiale

Projekt materiale for levering og indbygning af lejer skal udarbejdes som angivet i Anneks A til DS/EN 1993-2 inkl. DK NA.

Den projekterende skal med udgangspunkt i ovenstående funktionskrav samt vejledningen i Anneks A til DS/EN 1993-2 udarbejde et projekt materiale, der indeholder alle nødvendige informationer for levering og indbygning af lejer til det konkrete broprojekt.

For totalentrepriser kan bygherren, som en del af projekteringen, vælge at lade entreprenøren fastlægge det overordnede bevægelsessystem og udarbejde tilhørende lejeskema med laster og bevægelser, der danner grundlag for dimensioneringen af lejerne.

Den projekterende skal i udbuds- og projekt materialet beskrive, at entreprenøren, udover levering og indbygning af lejerne:

- dokumenterer, at lejerne opfylder de stillede krav, herunder levere gyldige certifikater og teknisk typegodkendelser for lejer fra akkrediteret institutter.
- i nødvendigt omfang udarbejder detailberegninger og -tegninger for det konkrete broprojekt
- udarbejder lejeskema
- leverer nødvendige beskrivelser til procedurer for transport, opbevaring og indbygning
- leverer vedligeholdelsesvejledning
- kvalitetssikrer sine ydelser.

Hvis lejerne ikke er af standardtype, og dermed ikke i fuldt omfang er omfattet af DS/EN 1337-serien, skal den projekterende specificere, hvilke krav, godkendelser og detailberegninger og – tegninger, der er nødvendige for det konkrete projekt.

Entreprenørens dokumentation for lejer skal planlægges udarbejdet i god tid inden indbygning, så krav til placering, forindstilling, justering og tolerancer kan overholdes, og koordinering med andre

aktiviteter såsom placering i form, afformning, forspænding, nedsænkning af overbygning kan ske på behørig vis, samt at bygherren har mulighed for indsigelse i forbindelse med gennemgang og godkendelse af lejer.

Vejledning

Supplerende krav til entreprenørens dokumentation og tidsfrister for bygherrens gennemgang kan indarbejdes i SAB for lejer.

4.8 Mekaniske fugekonstruktioner

Dette afsnit tager udgangspunkt i DS/EN 1993-2:2006 Anneks B og beskriver grundlaget for dimensionering og specificering af mekaniske fugekonstruktioner til vej- og stibroer. Der beskrives i det efterfølgende alene supplerende krav eller ændringer til DS/EN 1993-2:2006. Der beskrives ligeledes krav/ønsker, som ikke umiddelbart har med selve fugekonstruktionen at gøre, men også forhold, som har indflydelse på omkringliggende konstruktioner/forhold. Se også afsnit 4.7, Lejer og afsnit 4.10, Afvanding.

Vejledning

Fuger med elastisk fugemasse i kontinuert belægning eller med stenfyldt fugemasse projekteres i henhold til "Projektering af bitumenbaseret fugtisolering og brobelægning", se afsnit 4.9.

Vejledning

I henhold til projekteringsreglerne for bitumenbaseret fugtisolering og brobelægning kan fugekonstruktioner med stenfyldt fugemasse optage fugevandring på maksimalt 50 mm (± 25 mm). Stenfyldte fuger kan kun anvendes ved brobelængder på op til 60 m. Ved længere broer bliver fugerne ikke masseret tilstrækkeligt udenfor kørespor og bliver utætte.

Fuger med elastisk fugemasse er tilladt for længdebevægelser mindre end ± 5 mm.

Mekaniske fugekonstruktioner indbygges, hvis broens bevægelser ellers vil medføre uacceptable revnedannelser eller nedbrydning af den tilstødende vejbelægning, eller at der introduceres uacceptabelt store kræfter i vederlag eller brodæk.

Dette afsnit er begrænset til fugetyperne:

- Ekspansionsfuger med stenfyldt fugemasse (Flexible plug expansion joints)
- Ekspansionsfuger med ikke bærende profilbånd (Nosing expansion joints)
- Ekspansionsfuger med bærende profilbånd/måtte (Mat expansion joints)
- Ekspansionsfuger med udkragede flige/fingerfuge (Cantilever expansion joints).

Vejledning

Følgende fugekonstruktioner anses ikke relevante for mindre og mellemstore vej- og stibroer:

- Ekspansionsfuger med kontinuert asfaltbelægning (Buried expansion joints)
- Ekspansionsfuger med understøttede plader/rullefuger, understøttet på traverser (Supported expansion joints)
- Modulopbyggede ekspansionsfuger/udtræksfuger, understøttet på traverser (Modular expansion joints).

Kravene i dette afsnit kan ikke umiddelbart anvendes for fugekonstruktioner til sporbærende broer, da der stilles særlige krav hertil for placering, bevægelser og pga. ballastopbygningen, hvilket ikke er behandlet i DS/EN 1993-2:2006. En række af de mere generelle krav vil dog være relevante også for fuger på sporbærende broer.

Fugekonstruktioner skal vælges og dimensioneres, så de til enhver tid udgør en trafiksikker overgang mellem bro og endevederlag eller mellem adskilte brosektioner ved alle forekommende bevægelser i fugekonstruktionen.

Fugekonstruktioner skal være vandtætte eller udformet på en sådan måde, at vand bortledes og ikke kan føre til nedbrydning af de underliggende konstruktioner.

Mekaniske fugekonstruktioner skal have en forventet levetid på mindst 50 år for ikke udskiftelige dele og mindst 25 år for udskiftelige dele, jf. ETAG No 32-serien.

Vejledning

Ved ikke udskiftelige dele forstås fx ståldele som er indstøbt i en betonbro eller svejst på en stålbro. Udskiftelige dele kan være boltede ståldele eller indeklemte eller limede kunststofprofiler.

Bygherren kan foreskrive andet krav til forventet levetid.

Bygherren kan foreskrive, at valg af fugekonstruktion skal ske på baggrund af en økonomisk vurdering, hvor totaludgiften (fremstilling, levering, indbygning, drift og vedligeholdelse, reparation, udskiftning og trafikantgener) over en periode på 40 år sammenholdes for relevante fugekonstruktioner.

Bygherren kan foreskrive, at der skal anvendes bestemte typer af fugekonstruktioner, men ikke specifikke fabrikater.

Vejledning

Krav til anvendelse af bestemte fugetyper kan fx være af hensyn til vedligehold eller støjhensyn. Fx bør fugekonstruktioner med slæbeplader ikke anvendes.

I totalentrepriseudbud kan bygherren vælge at kræve, at de bydende entreprenører, som en del af tilbuddet, anfører hvilke type fugekonstruktioner og fabrikater, der er forudsat anvendt. Hvis fugekonstruktioner er en del af konkurrencegrundlaget, skal bygherren specificere evalueringskriterier således, at de bydende entreprenører kan optimere fugekonstruktionerne.

4.8.1 Grundlag

Fugekonstruktioner skal projekteres i overensstemmelse med følgende dokumenter. I tilfælde af indbyrdes modstrid gælder dokumenterne i prioriteret rækkefølge.

1. Vejledning til belastnings- og beregningsgrundlag for broer
2. DS/EN 1993-2 Stålkonstruktioner - Del 2 Stålbroer inklusive DK NA (Anneks B, Technical specifications for expansion joints of roads)
3. DS/EN 1990/A1, Projekteringsgrundlag for bærende konstruktioner, Annex A2, Applications for bridges inklusive DK NA
4. AAB for mekaniske fugekonstruktioner, med tilhørende SAB-P (under udarbejdelse).

4.8.2 Materialer

Materialevalg skal ske således, at de specificerede funktionskrav anført i afsnit 4.8.3 kan opfyldes for den konkrete fugekonstruktion.

4.8.3 Dimensionering og udformning

Fugekonstruktioner skal projekteres således, at funktionskrav i dette afsnit er opfyldt.

Optagelse af fugebevægelser

Fugebevægelser fastlægges på basis af Anneks B til DS/EN 1993-2 inkl. DK NA.

I tillæg til ovennævnte skal medregnes evt. vandrette fugebevægelser pga. endevederlagets eller den faste understøtnings vandrette bevægelse som følge af jordens eftergivlighed og underbygningens elastiske udbøjning.

Ved fastlæggelse af fugebevægelser skal der tages hensyn det ekstra vandrette bidrag fra lejernes bevægelse og broens vinkeldrejning. Desuden skal der for skæve skæringer tages hensyn til fugens evne til at optage bevægelse på tværs af brodækket. Endelig skal der tages hensyn til evt. lodrette bevægelser som følge af udkræning og hældende brooverflade i kombination med vandret leje samt i forbindelse med løft af brooverbygning ved lejeudskiftning.

Af hensyn til optagelse af tværbevægelser i fugekonstruktionen kan det være nødvendigt at montere et sidestyrsløse for at begrænse disse.

Optagelse af lodrette og vandrette trafiklaster

Trafiklaster inkl. stødtillæg fastlægges i henhold til DS/EN 1991-2 inkl. DK NA, idet alle grænsetilstande inkl. udmattelsesgrænsetilstanden (FLS) skal eftervises. Dette krav gælder ligeledes fugekonstruktionens fastgørelser til de tilgrænsende konstruktionsdele, hvad enten der er tale om indstøbninger, svejse- eller boltefastgørelser.

Ved dimensioneringen skal de i de danske nationale annekser anførte partialkoefficienter på last- hhv. materialesiden anvendes.

Fugekonstruktioner kan henføres til konsekvensklasse CC2.

Vejledning

Hvis det giver mindst samme totalsikkerhed, så kan beregninger med de anbefalede partialkoefficienter i de generelle Eurocodes accepteres.

Hvor fugeåbningens størrelse influerer på spændingerne i fugekonstruktionen, skal der dels undersøges et lasttilfælde med max. trafiklast kombineret med minimal åbning og dels max. åbning kombineret med reduceret trafik, jf. ETAG No 32, Part 1.

Vandtæthed

Fugekonstruktionen og dens indbygning inkl. tilslutning til fugtisolering og belægning skal udformes, så fugekonstruktionen som helhed er vandtæt under brug, forudsat at vedligehold udføres i foreskrevet omfang.

Fugekonstruktionen skal udformes således, at fugen afvandes.

Hvor det er muligt, skal fugekonstruktioner indbygges på en strækning, hvor broen har længdefald. For længere broer skal afløb placeres opstrøms i hver dybdelinje lige før fugekonstruktionen for at minimere vandstrømningen henover fugen.

Fugtisoleringens tilslutning til fugekonstruktionen skal udformes således, at vand, der siver gennem belægningen, ledes væk fra fugekonstruktionen. Placering og udformning af fugtisolering og drænkkanaler skal være i henhold til afsnit 4.9, Fugtisolering og brobelægning samt afsnit 4.10, Afvanding.

Jævnhed og overflade (kørebaneliveau)

Fugekonstruktionen skal udformes og indbygges, så det ikke medfører forringelse af trafikikkerheden, og så der opretholdes en god komfort for trafikanterne uanset fugekonstruktionens position. Fugekonstruktionen skal indbygges med tvær- og længdefald svarende til kørebanelens tvær- og længdefald.

For fugekonstruktioner med gummielementer ('strip seal') bør fugegabet ikke overstige 80 mm for vejbroer og 40 mm for stibroer i anvendelsesgrænsetilstanden (karakteristisk kombination).

Fugekonstruktioner skal indbygges, så de er forsænket 2 mm under de tilstødende belægnings overside med en indbygningstolerance på +0/-2 mm.

Støj

Fugekonstruktionen skal udformes og indbygges således, at den ved passagen fremkaldte støj fra trafikken begrænses til det af bygherren definerede niveau. Herunder skal det sikres, at de tilstødende konstruktioner ikke udformes således, at der sker en unødigt forstærkning og spredning af støjen.

Bygherren kan foreskrive, at der skal anvendes en fugekonstruktion med særlige støjdæmpende egenskaber.

Holdbarhed

Fugekonstruktionen og dens tilslutninger skal udformes således, at fugekonstruktionen kan opfylde ovenstående funktionskrav i den forudsatte levetid for fugekonstruktionen.

Det skal sikres, at fugekonstruktionen og dens fastgørelser kan modstå mekaniske påvirkninger fra sneplove og lignende, hvor sådanne måtte kunne optræde.

Valg af materialer og overfladebehandling af delkomponenter, som kan korrodere, skal ske under hensyntagen til aggressiviteten af det miljø, som fugekonstruktionen er placeret i. For ståldele skal overfladebehandlingen mindst opfylde samme krav, som vil blive stillet for en stålbro i samme miljø, se AAB for overfladebehandling af stålbroer.

Ved fuger med betydelige bevægelser i bevægelige broer skal udarbejdes beregninger over forventet akkumuleret årlige bevægelse af fugen

Hvor det forudsættes, at visse elementer skal kunne udskiftes i løbet af levetiden, fx gummielementer, skal fugekonstruktionen udformes således, at udskiftningen kan udføres hurtigt og effektivt med mindst mulig gene for trafikken.

Bygherren kan foreskrive, at udskiftelige dele skal kunne demonteres for ét kørespor, evt. en køreretning, ad gangen.

Fugekonstruktionen skal placeres og indbygges således, at den ikke svækker holdbarheden af de tilstødende konstruktioner, eksempelvis ved galvanisk korrosion mellem fugekonstruktionens ståldele og brodækkets armering.

Fugekonstruktionen og dens fastgørelseselementer bør ikke placeres i umiddelbar nærhed af støbeskellet mellem brodæk og påstøbning til beskyttelse af kabelforankringer.

Bygherren kan foreskrive, hvorledes afslutningen ved kantbjælkerne skal udformes, fx om der skal monteres en afdækningsplade til afdækning af fugespalten. Pladen skal kunne optage de påkørselskræfter, som kantbjælkeopspring skal beregnes for.

Drift og vedligehold

Fugekonstruktionen skal udformes og indbygges så den af producenten foreskrevne vedligeholdelse, herunder fjernelse af sand og andet snavs i fugespalterne, kan udføres effektivt.

Det skal være muligt at rense fugen ved højtryksspuling. I den forbindelse skal vandet kunne ledes væk uden at skade den underliggende konstruktion.

Afdækningsplader skal stoppe ved kantsten af hensyn til spuling.

4.8.4 Konstruktive bestemmelser

Der skal ved projekteringen drages omsorg for, at de tilstødende konstruktioner, endevederlag, underbygninger og brodæk, udformes så fugekonstruktionerne kan indbygges (indstøbes og fastgøres) uden, at det giver anledning til holdbarhedsmæssige forringelser af de tilgrænsende konstruktioner.

Fugekonstruktioners geometri skal være udformet under hensyntagen til brobelægningens tværprofil.

Overbygning, underbygning og omgivende terræn eller skråninger skal udformes, så fugekonstruktionerne kan inspiceres og vedligeholdes uden unødvendige foranstaltninger, herunder skal der være adgangsveje og plads til inspektion og vedligeholdelsesarbejder.

Adgangsveje og/eller galleri skal have en mindste fri bredde på 0,6 m og fri højde på 2,1 m.

Hvor det er muligt, skal fugekonstruktioner monteres efter færdiggørelse af overbygning og udlægning af bro- og vejbelægning, dog undtaget et bælte op mod fugekonstruktionen.

Bygherren kan have særlige krav vedrørende konstruktiv udformning.

Vejledning

Supplerende krav vedrørende konstruktiv udformning kan anføres i SAB for mekaniske fugekonstruktioner.

Det kan fx være afslutning af fugekonstruktion ved kantbjælker, afdækning af fugekonstruktion, krav til forindstilling af fugekonstruktion eller særligt støjdæmpende foranstaltninger.

Der indgår bestemmelser i afsnit 4.8.3, som kan have indflydelse på den konstruktive udformning.

4.8.5 Udbuds- og projektmateriale

Den projekterende skal med udgangspunkt i ovenstående funktionskrav samt vejledningen i Anneks B til DS/EN 1993-2 udarbejde et projektmateriale, der indeholder alle nødvendige informationer for levering og indbygning af fugekonstruktioner til det konkrete broprojekt.

Den projekterende skal i udbuds- og projektmateriale beskive, at entreprenøren, udover levering og indbygning af fugekonstruktioner:

- Dokumenterer, at fugekonstruktioner opfylder de stillede krav, herunder leverer gyldige certifikater og teknisk typegodkendelser for fugekonstruktioner fra akkrediteret institutter
- i nødvendigt omfang udarbejder detailberegninger og -tegninger for det konkrete broprojekt

- leverer nødvendige beskrivelser til procedurer for transport, opbevaring og indbygning
- leverer vedligeholdelsesvejledning
- kvalitetssikrer sine ydelser.

Hvis fugekonstruktioner ikke er af standardtype, og dermed ikke i fuldt omfang er omfattet af standarderne, skal den projekterende specificere hvilke krav, godkendelser, detailberegninger og – tegninger, der er nødvendige for det konkrete projekt.

Vejledning

Supplerende krav til entreprenørens dokumentation og tidsfrister for bygherrens gennemgang kan indarbejdes i SAB og i udbudskontrolplanen.

4.9 Fugtisolering og brobelægning

Dette afsnit beskriver grundlaget for projektering og retningslinjer for udførelse af fugtisolering og brobelægnings på vej- og sporbærende beton- og stålkonstruktioner inkl. drækanaler, dryprør, elastiske fuger, stenfyldte fuger og tynd isolation.

Fugtisoleringen og brobelægningen skal danne et egnet underlag for trafikken på broen og fugtisoleringen skal derudover beskytte de underliggende konstruktionselementer mod vandgennemsvævninger. Dette betyder, at alle bærende konstruktionselementer i bro- og tunneldæk skal beskyttes med en fugtisoleringsmembran samtidig med, at membranen skal aflastes for vandtryk.

Vejledning

På ganske korte broer kan bygherren bestemme, at der udføres forenklede fugtisoleringsystemer, specielt hvis brodæk oversider kan udformes med et stort fald.

Projektering af fugtisolering og brobelægning omfatter overordnet:

- Valg mellem forskellige fugtisolerings- og brobelægningstyper
- Løsning af kritiske fugtisolerings- og brobelægningsdetaljer på broen
- Løsning af tilslutningsdetaljer ved broender.

Ved ombygning af broer skal bygherren beskrive art og omfang af tilslutningsarbejder mellem eksisterende og nye fugtisolerings- og brobelægningstyper.

Ved totalentrepriser skal bygherren specificere den største forventede trafikmængden (ÅDT) i hele broens levetid.

Ved sporbærende broer skal bygherren i forbindelse med totalentrepriser angive om ballast ønskes indbygget samt specificere art og omfang af den mekaniske beskyttelse af kunststofbelægnings.

Vedrørende brobelægnings på ståldæk henvises til afsnit 4.9.2.

4.9.1 Grundlag

Fugtisolering og brobelægnings for betonbroer skal projekteres i overensstemmelse med nedennævnte vejregler og udbudsforskrifter. I tilfælde af indbyrdes modstrid gælder dokumenterne i prioriteret rækkefølge:

1. Projektering af bitumenbaseret fugtisolering og brobelægning – inkl. tegningsbilag
2. Projektering af kunststofbelægning – inkl. tegningsbilag

3. Betonbro-Bitumenbaseret fugtisolering-AAB
4. Betonbro-Kunststofbaseret fugtisolering-AAB (under udarbejdelse)
5. Betonbro-Brobelægning-AAB
6. Projektering af stålørstunneler
7. Stålørstunneler-vejl.
8. Stålørstunneler-AAB.

Øvrige henvisninger

- Tilsynshåndbog for fugtisolering og brobelægning – inkl. bilag
- Tilsynshåndbog for kunststofbaseret fugtisolering (under udarbejdelse)
- Betonbro-særlig arbejdsbeskrivelse-SAB-P
- Vejregler for eftersyn af bitumenbaseret fugtisolering og brobelægning
- Vejregler for eftersyn af kunststofbaseret fugtisolering (under udarbejdelse)
- Vedligehold af fugtisolering og brobelægning.

Det skal bemærkes, at "Projektering af bitumenbaseret fugtisolering og brobelægning" og "Projektering af kunststofbelægning" er udarbejdet til anvendelse som aftalegrundlag mellem bygherre og rådgiver/totalentreprenør – der vil derfor i det efterfølgende i vid udstrækning blive henvist til "Projektering af bitumenbaseret fugtisolering og brobelægning" og i det efterfølgende alene anført supplerende bemærkninger.

4.9.2 Materialer

Fugtisolering

Det færdige system af fugtisolering skal afhængigt af materiale overholde funktionskravene som angivet i:

- Betonbro-Bitumenbaseret fugtisolering-AAB, afsnit 1.2
- Betonbro-Kunststofbaseret fugtisolering-AAB (under udarbejdelse)
- Betonbro-Drækanal-AAB, afsnit 1.1
- Betonbro-Kunststofbelægning-AAB, afsnit 1.2
- Betonbro-Elastiske fuger-AAB, afsnit 1.1.

Vej- og stibroer

Valg af fugtisoleringstype på vej- og stibroer skal ske ud fra retningslinjerne i "Projektering af bitumenbaseret fugtisolering og brobelægning" (inkl. tegningsbilag), "Projektering af kunststofbaseret fugtisolering (under udarbejdelse) respektive "Projektering af kunststofbelægning", idet der på vej- og stibroer vælges mellem følgende typer:

- Fugtisolering type IVa (ÅDT \geq 4.000)
- Fugtisolering type IVc (ÅDT $<$ 4.000)
- Fugtisolering type V, kunststofbaseret fugtisolering
- Fugtisolering type I (tunnelrør med jorddækning og risiko for skader på fugtisolering som følge af rodvækst)
- Kunststofbelægning (ÅDT $<$ 10.000)
- Tynd isolation
 - Alle skråvægsrammebroer og forspændte broender skal påføres tynd isolation eller anden fugtisolering på flader mod jord.
 - Tynd isolation skal påføres på broer opført før 1987 på de lodrette eller mod jord skrånende flader uden vandtryk på den jordfyldte flade (endeunderstøtninger, fløje og støttemure) samt ved fugtbelastede søjler ved jordoverfladen.
 - For broer opført efter 1987 påføres disse flader ikke tynd isolation, såfremt betonen er egnet til at modstå aggressiv eller ekstra aggressiv miljøklasse.

Valg mellem fugtisolerings typer skal primært ske ud fra den trafikbelastning, som bygværket eksponeres for.

Bygherren skal ved fastlæggelse af trafikbelastningen fremskrive denne, så den dækker hele den driftsperiode, som fugtisoleringen/bygværket skal dimensioneres for.

Ved lodrette konstruktioner, hvor den ene side vender mod fri luft og bagsider mod jord fx ved støtte-, fløj- og vederlagsvægge, og hvor man af æstetiske grunde ikke kan tolerere misfarvende kalkudblomstringer, skal bygherren overveje at foreskrive tynd isolation.

Sporbærende broer

Valg af fugtisolerings type på sporbærende broer skal ske på baggrund af de ovenfor nævnte dokumenter vedrørende sti- og vejbroer. Der kan vælges mellem følgende typer:

- Fugtisolerings type I (anlæg med spor i ballast)
- Tynd isolation
 - Alle skråvægsrammebroer og forspændte broender skal påføres tynd isolation eller anden fugtisolerings på flader mod jord.
 - Tynd isolation skal påføres på broer opført før 1987 på de lodrette eller mod jord skrånende flader uden vandtryk på den jordfyldte flade (endeunderstøtninger, fløje og støttemure) samt ved fugtbelastede søjler ved jordoverfladen.
 - For broer opført efter 1987 påføres disse flader ikke tynd isolation, såfremt betonen er egnet til at modstå aggressiv eller ekstra aggressiv miljøklasse.

Ved lodrette konstruktioner, hvor den ene side vender mod fri luft og bagsider mod jord fx ved støtte-, fløj- og vederlagsvægge, og hvor man af æstetiske grunde ikke kan tolerere misfarvende kalkudblomstringer, skal bygherren overveje at foreskrive tynd isolation.

Tunneler

Tunneler er opdelt i højtliggende og dybtliggende. Højtliggende tunneler projekteres med fugtisolerings og brobelægning, mens dybtliggende tunneler projekteres med fugtisolerings, dræn og minimum 200 mm friktions-/jordfyld samt overført vejs bundne asfaltlag. Begge typer skal fugtisolereres på oversider og 500 mm ned langs sider.

Type IVa (eller type IVc, såfremt trafikintensiteten tillader dette) eller type V anvendes ved højtliggende tunneler, og type IVc, type V eller type I anvendes ved dybtliggende tunneler. Der skal udføres særlige tætninger af evt. samlinger mellem elementer, jf. afsnit 5 i "Projektering af bitumenbaseret fugtisolerings og brobelægning" (inkl. tegningsbilag).

Tunnelplacering	ÅDT < 4.000	ÅDT ≥ 4.000
Højtliggende tunnel Projekteres med fugtisolerings og brobelægning	IVc eller V	Iva eller V
Dybtliggende tunnel Projekteres med fugtisolerings, dræn og minimum 200 mm friktions-/jordfyld samt overført vejs bundne asfaltlag	IVc, V eller I	IVc, V eller I

Figur 8 Valg af fugtisolerings type for tunneler.

Bundpladen inde i tunneler skal udføres i ekstra aggressiv miljøklasse. Bygherren skal i det aktuelle tilfælde afgøre, om der skal foreskrives fugtisolering af bundpladen, fx når tunnelen ligger i et dybdepunkt.

Bituminøse brobelægningslag på betondæk

Det færdige system af brobelægningslag skal afhængigt af materiale overholde funktionskravene som angivet under afsnit 4.9.2 samt AAB for stenfyldte fuger.

De bituminøse brobelægningslag består af følgende lag:

- Slidlag
- Beskyttelseslag
- Evt. profileringslag
- Drænlag.

Valg af type og tykkelser af de enkelte lag på/i:

- Kørebaner
- Rabatter
- Fortove
- Kontrabanketter

skal specificeres på baggrund af retningslinjerne i afsnittene: 6.1.6, Drænlag, 13, Evt. profileringslag, 14, Beskyttelseslag og 15, Slidlag i "Projektering af bitumenbaseret fugtisolering og brobelægning".

Belægningsopbygningen i kørebanearealer skal være:

- Slidlag
 - SMA, type 11B, 40 mm (ÅDT \geq 4.000)
 - AB t, type 11, 40 mm (ÅDT $<$ 4.000)
- Beskyttelseslag: ABM, type c, 45 mm
- Drænlag: ÅAB, type 8, 20 mm.

Såfremt belægningsopbygningen ændres eller de geometriske krav medfører, at belægningstykkelse under-/overskrider krav til minimums- og maksimumstykkelse, jf. afsnit 12.3, Udførelse i "Projektering af bitumenbaseret fugtisolering og brobelægning", skal ændringerne godkendes af bygherren.

Profileringen af brobelægningsoverfladen skal udføres i betondækket på en sådan måde, at konstruktionsbetonens overflade følger den færdige belægningsoverflade; men i visse tilfælde kan konstruktionsbetonens overfladegeometri blive for kompliceret, hvorfor bygherren kan acceptere et profileringslag må indskydes, jf. specifikationer i afsnit 13, Eventuelt profileringslag, i "Projektering af bitumenbaseret fugtisolering og brobelægning".

Skal der udlægges en støjreducerende belægning, er der i afsnit 15.2.8, Støjreducerende belægning (SRS) i "Projektering af bitumenbaseret fugtisolering og brobelægning" beskrevet 2 muligheder for belægningsopbygning.

Ved broer længere end 10-15 m skal der i drænlaget - i dybdelinjer over dryprør - udføres drækanaler, jf. afsnit 6.3.1 i "Projektering af bitumenbaseret fugtisolering og brobelægning".

Vejledning

Endvidere kan det overvejes at indbygge drækanaler parallelt med fugekonstruktioner på disses opstrøms sider, men størrelsen bør minimeres, fordi de kan fungere som revneadvysere i overliggende belægning.

Ud over valg af brobelægningstyper skal der i projekteringsfasen defineres en række forudsætninger og specificeres en række krav i forbindelse med belægningsarbejderne, jf. "Betonbro-særlig arbejdsbeskrivelse-SAB-P" vedr. brobelægning.

Herunder:

- *Oplysninger om trafikbelastning udtrykt ved ÅDT*
- *Krav til sporkøringsresistens for broer med væsentlig trafikal betydning*
- *Tilladt hastighed*
- *Krav til tekstur og jævnhed for mindre broer*
- *Krav til lyst tilslag udtrykt ved om vejen er belyst eller ikke belyst*
- *Skærpede krav til materialer, udførelse, og ved tungt trafikerede veje samt ved langsomt kørende tung eller tung kanaliseret trafik*
- *Om belægningen evt. ønskes trafikeret inden afleveringen og hvilke tiltag der skal iværksættes i den anledning.*

I forbindelse med totalentrepriser skal Bygherren specificere ovennævnte særlige krav der er angivet i SAB-P.

Elastiske fuger

Med henblik på at skabe tæthed mod vandindtrængning skal der ved belægningsafslutninger langs kantbjælker, kantsten, midterautoværn, fugekonstruktioner samt ved inddækninger af fugtisolering og mellem betonelementer herunder kantsten mm. udføres elastiske fuger.

I afsnit 17.2, Elastiske fuger, i "Projektering af bitumenbaseret fugtisolering og brobelægning" (inkl. tegningsbilag) er der specificeret retningslinjer for anvendelse og krav til 2 fugetyper:

- Type A (smeltbar fugemasse) og
- Type B (hærdbar fugemasse).

Fugetype A skal anvendes i forbindelse med vandrette fuger (fx mellem bituminøse belægninger og beton) og fugetype B ved lodrette eller vandrette fuger (fx mellem betonelementer og fuger over klemskinner); fugetype B kan anvendes, hvor fugetype A anvendes.

Stenfyldte fuger

Der udføres stenfyldte fuger for at optage temperaturbevægelser i broen uden revnedannelser i brobelægningen ved broender, jf. afsnit 17.3, Stenfyldte fuger i "Projektering af bitumenbaseret fugtisolering og brobelægning" (inkl. tegningsbilag).

Der er specificeret retningslinjer for anvendelse og krav til 2 fugetyper:

- Type D (smeltbar fugemasse)
- Type E (smeltbar fugemasse).

Fugetype D anvendes ved relativt store fugebevægelser (maksimum længdebevægelse ± 25 mm og evt. som en erstatning for en mekanisk fugekonstruktion) og fugetype E anvendes ved belægningsafslutninger mod mekaniske fuger samt ved broender og lignede steder med relativt begrænsede bevægelser (maksimum længdebevægelse ± 10 mm).

Drænkanaler

Drænkanaler skal indbygges for at lede evt. vand i drænlaget til nærmeste dryprør og derigennem bidrage til at aflaste vandtryk på oversiden af fugtisoleringen.

Krav til placering og udførelse af drænlag fremgår af afsnit 6.3.1, Drækanaler i "Projektering af bitumenbaseret fugtisolering og brobelægning" (inkl. tegningsbilag).

Drækanaler skal udføres af åben kunststofbeton, jf. udbudsforskriften for drækanaler.

Kunststofbelægninger

Kunststofbelægninger omfatter 2 typer:

- Kunststofbelægning med foreskrevet opbygningsprincip (3-lagsbelægning) og
- Kunststofbelægning uden foreskrevet opbygningsprincip (typisk 2-lagsbelægninger)

Belægningsopbygninger skal specificeres i forhold til trafikmængden, jf. "Betonbro-Kunststofbelægning-AAB", afsnit 1, Alment.

Kunststofbelægninger må kun foreskrives ved trafikbelastninger < 10.000 ÅDT.

Vejledning

Det skal bemærkes, at kunststofbelægninger med foreskrevet opbygningsprincip og uden foreskrevet opbygningsprincip er ligeværdige såfremt de er specificeret til samme anvendelsesområde.

*Bygherren skal specificere alle flader, som skal belægges med kunststofbelægning.
Bygherren skal angive såfremt, man kun ønsker det ene belægningsopbygningsprincip.*

Brobelægninger på ståldæk

Ståldæk skal beskyttes mod korrosion og have en brobelægning med en for trafikken nødvendig friktion.

Brobelægninger på ståldæk skal bestå af:

- Bituminøse brobelægninger (evt. med en kunststofbaseret fugtisolering) eller
- Kunststofbelægninger.

Der findes ingen vejregler for bituminøse brobelægninger på ståldæk. Såfremt bygherren giver tilladelse til, at der anvendes bituminøse belægninger, skal entreprenøren foreslå og udvikle en belægningsopbygning, som overholder funktionskravene til fugtisolering og brobelægning på betonbroer, jf. pkt. 4.9.2 og sørge for, at opbygningen bliver godkendt af bygherren uden udgift for denne.

Der findes pt. ingen vejregler for kunststofbelægninger på ståldæk, men teksten i "Projektering af kunststofbelægning" kan med passende modifikationer bringes til anvendelse i forbindelse med stålbæresystemer, fx broklapper og stibroer.

Såfremt bygherren giver tilladelse til, at der anvendes en kunststofbelægning, skal entreprenøren foreslå og udvikle en belægningsopbygning, som overholder funktionskravene til kunststofbelægninger på betonbroer. Entreprenøren skal tillige sørge for, at opbygningen bliver godkendt af bygherren uden udgift for denne.

Stålrørstunneler

Indvendige flader i vandløbs- og trafikstunneler skal beklædes i bunden og på siderne som angivet i "Projektering af stålrørstunneler".

Bygherren skal specificere, om der ønskes supplerende overfladebehandling af indvendige og udvendige flader, jf. "Projektering af stålrørstunneler". Supplerende overfladebehandling kan

ske inden samling af røret i henhold til DS/EN 12944 på de tunnelelementer, der indbygges i den mest eksponerede del af tværsnittet.

4.9.3 Dimensionering

Fugtisolerung og brobelægning

Valg af fugtisoleringsstype og brobelægningstype skal som nævnt ske ud fra retningslinjerne i "Projektering af bitumenbaseret fugtisolerung og brobelægning", jf. afsnit 4.9.2.

Drænkanaler og dryprør

Drænlaget afdrænes via drænkanaler og dryprør. Dimensionering og placering af drænkanaler skal ske ud fra "Projektering af bitumenbaseret fugtisolerung og brobelægning", jf. afsnit 6.3.1. respektive afsnit 6.3.2 vedrørende dryprør.

Elastiske fuger

Dimensionering af fuger skal ske ud fra "Projektering af bitumenbaseret fugtisolerung og brobelægning", jf. afsnit 17.1-2.

Stenfyldte fuger

Dimensionering af fuger skal ske ud fra vejledningen "Projektering af bitumenbaseret fugtisolerung og brobelægning", jf. afsnit 17.1 og 17.3, idet fugebevægelserne fastlægges i henhold til afsnit 4.8.3.

4.9.4 Konstruktive bestemmelser

Krav til underlaget

For at kunne udføre en fugtisolerung og brobelægning med den specificerede kvalitet skal underlaget overholde en række krav til:

- Oversidens geometri
- Overfladens jævnhed og struktur
- Overfladens renhed
- Betonens fugtighed.

Der henvises til kravene anført i:

- Projektering af bitumenbaseret fugtisolerung og brobelægning, afsnit 2, Krav til betonoverfladen samt 13.1 vedrørende profilering af betonoverflader
- AAB for beton, afsnit 3.9.4, Overflader der skal fugtisoleres eller belægges med asfalt.

Specielt omkring kontrabanketter mod kantbjælker skal der sikres 100-150 % tværfald, dog tillades i særlige tilfælde ned til 60 % tværfald.

For kunststofbundne belægninger gælder samme krav suppleret med:

- Særlige krav til tekstur.

Kravene der skal opfyldes fremgår af:

- Projektering af kunststofbelægning, afsnit 5, Krav til betonunderlag
- AAB for kunststofbelægning, afsnit 3.2.

Krav til afvanding og afdræning

Krav til fald og afvanding af den færdige belægningsoverflade er anført i "Projektering af bitumenbaseret fugtisolerung og brobelægning", afsnit 3, Krav til den færdige belægningsoverflades geometriske udformning og afvanding respektive "Projektering af kunststofbelægning", afsnit 6.

Vedrørende afledning af vand fra oversiden af belægningen henvises til afsnit 4.10.

Detaljer

Projektering af detaljer ved inddækning af fugtisolering (klemskinne), dryprør, afslutninger ved dilatationsfuger, udførelse af stødsamlinger mellem kantsten samt kontrafald mod kantbjælker mm. skal udføres i henhold til relevante afsnit i "Projektering af bitumenbaseret fugtisolering og brobelægning" samt de tilhørende tegningseksempler.

Ved fugtisoleringsafslutninger langs kantbjælker o.lign., samt langs mekaniske fuger, skal der monteres klemskinner.

Opspringet langs kantbjælker, fra overside rabat eller fortov til overside kantbjælke, skal være ca. 100 mm.

Særlige bestemmelser

Ved broer med busholdepladser eller stærkt trafikerede svingbaner skal følgende - pga. den meget kanaliserede og tunge trafik - respekteres:

- Der må ikke placeres broafløb inden for busholdepladsen, jf. afsnit 4.10
- Belægningen skal udføres som semifleksibel belægning (SFB).

4.9.5 Fremstilling, levering og indbygning

Specielle krav til fremstilling, levering og indbygning af fugtisolering, åben kunststofbeton, kunststofbelægning, elastiske fuger, stenfyldte fuger samt brobelægning er beskrevet i hhv.:

- Betonbro- Bitumenbaseret fugtisolering-AAB
- Betonbro- Kunststofbaseret fugtisolering-AAB (under udarbejdelse)
- Betonbro-Drækanal-AAB
- betonbro-Kunststofbelægning-AAB
- Betonbro-Elastiske fuger-AAB
- Betonbro-Brobelægning, afsnit 11.10, Stenfyldte fuger-AAB
- Betonbro-Brobelægning, afsnit 11.1-11.6-AAB.

4.9.6 Eftersyn og vedligehold

Retningslinjer og vejledning i eftersyn og vedligehold af fugtisolering og brobelægning er beskrevet i:

- Vejregler for eftersyn af bitumenbaseret fugtisolering og brobelægning
- Vejregler for eftersyn af kunststofbaseret fugtisolering (under udarbejdelse)
- Vedligehold af fugtisolering og brobelægning.

4.9.7 Projektopfølgning

Projektopfølgning skal organiseres efter retningslinjerne anført - og med anvendelse af skemaerne - i "Tilsynshåndbog for fugtisolering og brobelægning" - inkl. bilag.

Det skal specielt bemærkes, at bygherren skal skriftligt inviteres til at deltage i formøder med entreprenøren omkring udførelse af fugtisolering og brobelægning.

Afslutningsvis skal "som udført" dokumentation udføres i henhold til gældende arkivinstrukser.

4.10 Afvanding af broer

Dette afsnit beskriver grundlaget for dimensionering, fremstilling, levering og indbygning af afvandingsystemer til broer med længder på op til 200 m.

Afvanding af broer omfatter:

- Afvanding af overbygning
- Dræning af brobelægninger
- Dræning af underbygninger
- Dræn ved broender
- Tilslutning til afvandingsystem.

Afvandings- og drænsystemer dimensioneres og udformes, så de sikrer effektiv afvanding af vej- og stioverflader ved dimensionsgivende regnskyl, se afsnit 4.10.3, Hydraulisk dimensionering, og desuden sikrer effektiv afvanding af drænlag over broens fugtisolering således, at der ikke står vand på færdselsarealerne eller i drænlaget over fugtisoleringen. Afvandings- og drænsystemet skal under normale forhold være selvrensende, men i øvrigt udformet således, at det er let at rense fx med højtrykspuling.

Afvanding fra brokonstruktioner forudsættes afledt til et afvandingsystem i vej, sti eller bane. Grænseflade for afvanding af broer er tilslutningen til vej-, sti- eller baneafvandingsystem. Nødvendige myndighedstilladelser til afledning fra broer er forudsat indhentet, som en del af det vej-, sti- eller baneprojektet som broen(erne) indgår i.

Vejledning

Afvanding af under- eller overført vej, sti eller bane er forudsat projekteret, som en del af det vej-, sti- eller baneprojektet broen indgår i.

Tilslutning til vej-, sti- eller baneafvandingsystem kan enten være til en brønd eller udløb i grøft.

Kravene i dette afsnit kan ikke umiddelbart anvendes til projektering af afvanding fra sporbærende broer. Der henvises i stedet til Banedanmarks forskrifter.

Bygherren kan foreskrive, at tilslutning af broens afvandingsystem skal være til en anden type recipient, fx udløb i å, sø, hav eller ved nedsivning.

Bygherren kan foreskrive, at broprojektet indeholder specielle afløbsanlæg, fx pumpebrønde, overløbsbygværker etc.

Ved ombygning af eksisterende broer skal bygherren foreskrive art og omfang af ombygninger af afvandingsystemer.

Bygherren kan foreskrive, at broprojektet skal indhente myndighedstilladelser til afvanding, herunder nedsivningsanlæg, grundvandsænkninger etc.

Bygherren kan foreskrive andre krav til forventede levetid.

Af hensyn til vedligehold og udskiftning af afløbsdele kan bygherren foreskrive, at der skal anvendes bestemte typer (men ikke specifikke fabrikater).

I forbindelse med totalentrepriser kan bygherren anmode de bydende entreprenører om, som en del af tilbuddet, at beskrive afvandingsystemet, herunder hvilke fabrikater der er forudsat anvendt for udskiftelige dele i det konkrete projekt.

4.10.1 Grundlag

Afvanding fra broer skal projekteres i overensstemmelse med følgende dokumenter. I tilfælde af indbyrdes modstrid gælder dokumenterne i prioriteret rækkefølge.

1. Grundlag for udformning af trafikarealer
2. Projektering af bitumenbaseret fugtisolering og brobelægning, inklusive tegningsbilag

3. Projektering af kunststofbelægning
4. Afvandingskonstruktioner
5. AAB for afvanding, med tilhørende SAB-P.
6. AAB for stålbroer, med tilhørende SAB-P.
7. Betonrør- og formstykker DS/EN 1916 suppleret med DS 2420-1
8. Betonedgangs- og inspektionsbrønde DS/EN 1917 suppleret med DS 2420-2
9. Lægning af stive ledninger af beton mv i jord DS 437
10. Lægning af fleksible ledninger af plast i jord DS 430
11. Drain and sewer systems outside buildings DS/EN 752
12. Dæksler, riste og karme DS/EN 124.

4.10.2 Materialer

Materialer til afvandings- og drænsystemer i jord skal være iht. AAB for Afvanding.

Bro-afløbsbrønde skal opfylde krav som angivet i AAB for Afvanding, afsnit 2.4.1, og som angivet i "Projektering af bitumenbaseret fugtisolerung og brobelægning", afsnit 3.4.

Bygherren kan foreskrive særlige afløbsbrønde til gang- og cykelstier.

Dryprør skal være som angivet i "Projektering af bitumenbaseret fugtisolerung og brobelægning", afsnit 6.3.2.

Afløbssystemer, rør mv., til indbygning eller indstøbning skal være som angivet i "Projektering af bitumenbaseret fugtisolerung og brobelægning", afsnit 3.4.

Afløbsrør som skal indstøbes i beton skal være robuste og kunne holde til påvirkninger i forbindelse med udstøbning af beton.

Vejledning

Udløbsbygværker til grøfter udføres i henhold til VD typetegning 26511 af 13.09.82 for vejbroer i Vejdirektoratets regi og i henhold til BN1-11, bilag 5 for jernbanebroer i Banedanmarks regi.

Ståldele, fx dækplader, fastgørelser mv. skal være i overensstemmelse med AAB for Stålbroer. Mindre ståldele, så som fastgørelser, skal være i rust- og syrefast stål. Større dele kan være i varmforzinket stål.

4.10.3 Dimensionering og udformning

Krav til geometri og faldforhold

Afvanding af overfladevand på broer foregår normalt ved, at vandet løber ad faldlinjer ned til dybdelinjen i belægningen og derefter ad denne i langsgående retning, indtil vandet bliver opfanget af nedløbsbrønde.

Der er normalt tilstrækkeligt fald på tværprofilelementerne til at sikre afløb fra disse til dybdelinjerne.

Visse steder kan det dog være nødvendigt af hensyn til vandaflledningens effektivitet at etablere større fald eller modfald i tværprofilelementerne på broerne, end vejens generelle tracé betinger (et typisk eksempel herpå er vendekurver beliggende på broer).

Længdefaldet i dybdelinjer i belægning og konstruktionsbeton bør være mindst 10 ‰ for at opnå en tilfredsstillende afvanding af overfladevand og eventuelt drænvand. Kun efter aftale med bygherre må der fraviges fra dette krav.

Dette bør så vidt muligt etableres ved at vejens længdefald på broen er mindst 10 ‰. Såfremt der ikke kan etableres så stort længdefald, bør der etableres kunstigt fald i dybdelinjer eventuelt kombineret med ekstra nedløbsbrønde og dryprør på broen, se figur 12.

Det er af afgørende betydning, at der ved fastlæggelse af den overførte vejs længdeprofil tages hensyn til afvandingen.

Vejledning

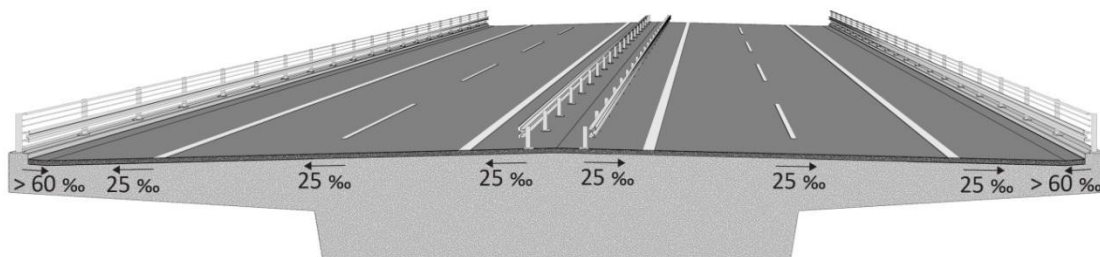
Erfaringer viser, at der er sammenhæng mellem utilstrækkeligt længdefald og antal skader som følge af vandgennemsvivninger.

I de tilfælde, hvor der ikke kan etableres længde- eller rendestensfald på mindst 10 ‰, skal den projekterende nøje fastlægge udformning af drænrender, dryprør og afvandingsbrønde samt omhyggeligt undersøge og redegøre for, hvordan overlap i fugtisoleringer, sætninger, deformationer, tolerancer eller andre forhold kan udformes med henblik på effektiv dræning af brobelægningen.

Ved broer med længde større end ca. 15 m opbygges vejens profil i konstruktionsbetonen.

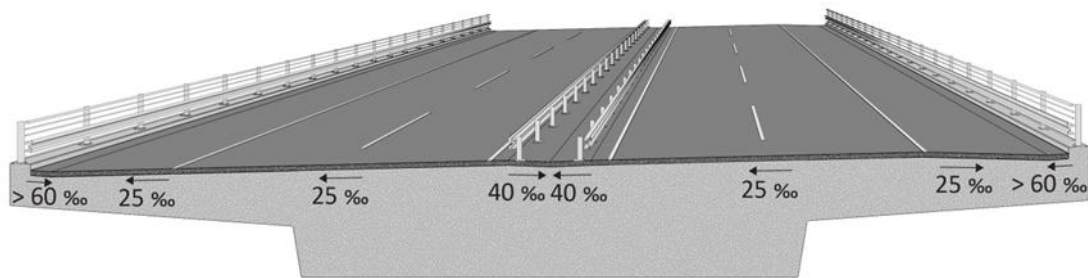
Af støbetekniske grunde tilstræbes så få knæk i tværprofilet som muligt.

Ved kørebaner med tagformet profil udføres de tilgrænsende vejelementer - midterrabat, nødspor og yderrabat - således med samme fald som kørebanen, for yderrabatter dog kun indtil dybdelinjen. Se endvidere figur 9.



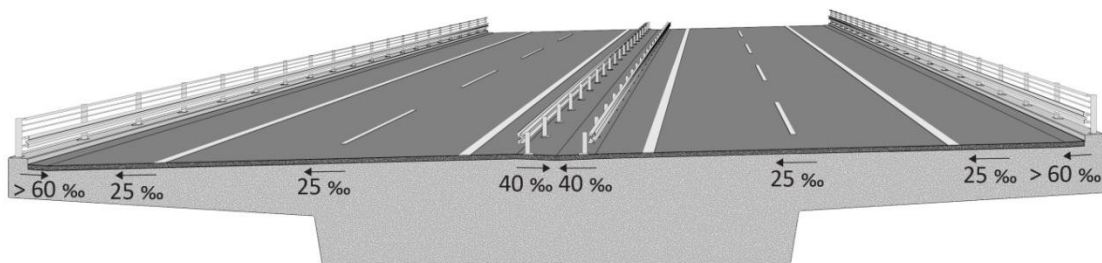
Figur 9 Tagformet brotværnsnit.

Ved kørebaner med ensidigt tværfald udføres de tilgrænsende vejelementer i den lave side med samme fald som kørebanen indtil dybdelinjen, mens de ved den høje side udføres med fald bort fra kørebanen indtil dybdelinjen. Se endvidere figur 10.



Figur 10 Brotværnsnit med ensidigt tværfald, 4-sporet vej.

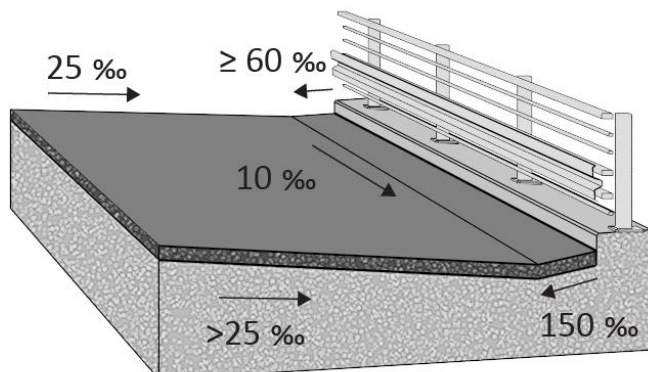
På motorveje udføres nødsporene med samme tværfald som de tilgrænsende kørespor, se figur 11.



Figur 11 Brotværnsnit med ensidigt tværfald, motorvej.

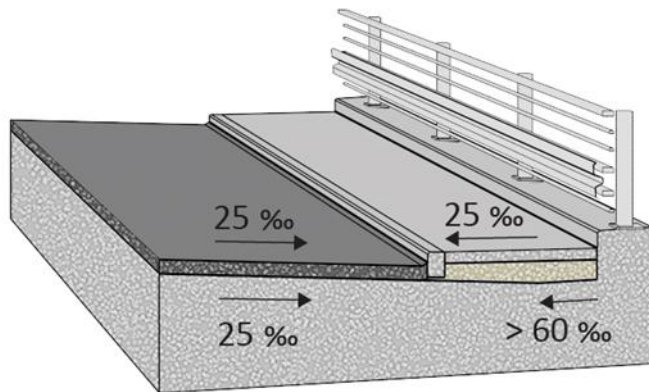
I midterterrabetten placeres dybdelinjen således, at autoværnsceptrene ikke kommer til at stå i trugets dybdelinje.

På broer uden fortove bør der udføres en dybdelinje ca. 0,50 m fra kantbjælken. Fra kantbjælken og ned til dybdelinjen bør der udføres en kontrabanket med mindst 60 ‰ tværfald. Normalt gives kontrabanket et tværfald på 100-150 ‰. Herved undgås, at overfladevand og eventuelt drænvand løber ude langs kantbjælken, hvor der er mulighed for nedsivning i fugen mellem belægning og kantbjælke og videre ned i konstruktionsbetonen.



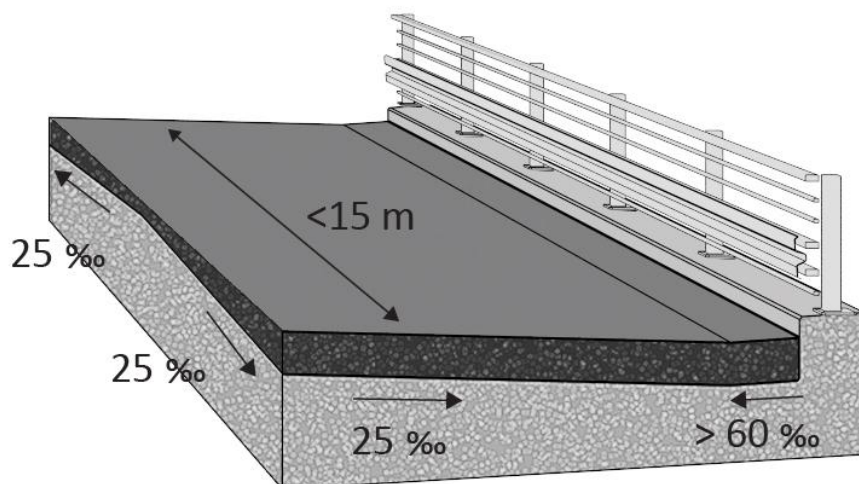
Figur 12 Kontrabanket, eksempel på kunstigt fald i dybdelinjen.

På broer med fortov udføres en tilsvarende, dog normalt smallere, kontrabanket i belægningen op mod kantstenen. I konstruktionsbetonen udføres kontrabanket ved kantbjælke som ovenfor beskrevet. Det kunstige fald i dybdelinjen kan fx etableres ved at variere tværfaldet på nødspor/yderrabat og kontrabanket.



Figur 13 Kontrabanket ved fortov.

Ved kortere broer indtil ca. 15 meters længde kan drænavvandingen klares i længderetningen ved ikke at udføre overside af konstruktionsbetonen parallelt med broens overside, men med tagformet profil eller ensidigt fald i længderetningen på mindst 25 ‰. Se endvidere figur 14. Der etableres også ved disse broer kontrabanket i såvel belægning som konstruktionsbeton langs kantbjælken.



Figur 14 Tagformet profil i broens længderetning.

Ved broender ved såvel lange som korte broer udformes vejens rabatter således, at vandet fanges af nedløbsbrønde placeret ved kantbjælkens eller fløjens afslutning således, at erosion af skrån timer undgås. Brøndene forsænkes maksimalt 20 mm under hensyn til trafikikkerheden samtidig med, at der etableres modfald bag brøndene. Rabatbelægningen føres mindst 1,0 m forbi

brøndene og udføres her med modfald. Der udføres tæt belægning omkring brøndene. Desuden suppleres med et tværgående dræn imellem nedløbsbrønde.

Ved broer med dilatationsfugekonstruktioner etableres nedløbsbrønde således, at vandet fanges inden fugerne.

Konstruktive krav i "Projektering af bitumenbaseret fugtisolering og brobelægning", afsnit 1.4 og 2.1 respekteres.

Omkring brounderstøtninger skal der altid etableres kontrabanketter med tæt belægning i en bredde på mindst 0,50 m fra understøtningen med mindst 100 ‰ fald bort fra denne.

Hydraulisk dimensionering

Der skal gennemføres en hydraulisk dimensionering af broens afvandings- og drænsystemer iht. "Afvandingskonstruktioner", afsnit 2.

Den hydrauliske dimensionering skal omfatte beregning af brobelægningens dybderender, så det sikres, at der ikke står vand ind på kørebaner.

Vejledning

Overfladeafvandingsystemet dimensioneres for regnskyl med 2 års gentagelsesperiode. Regnintensiteten for et 2 års regn bestemmes i henhold til regionale regndata som beskrevet i SVK28 "Regional variation af ekstremregn i Danmark - ny bearbejdning 1979-2005" på Spildevandskomiteens hjemmeside under Ingeniørforeningen i Danmark www.ida.dk.

Den herved fundne regnintensitet multipliceres med en klimafaktor 1,2, der tager højde for den forventede forøgelse af regnintensiteten for gentagelsesperiode 2 år frem til år 2100 som følge af klimaændringer. Da det afvandede areal af broen er af lille udstrækning med lille afløbstid, vil det normalt være regnskyl af 5 minutters varighed, der er dimensionsgivende.

Der kan eventuelt lokalt være særlige krav til gentagelsesperioden, som må verificeres hos den lokale miljømyndighed eller forsyningsselskab. Særlige krav vil typisk fremgå af spildevandsplanen for det pågældende opland.

Der skal leveres beregninger på normalt dokumentationsniveau, jf. "Afvandingskonstruktioner".

De hydrauliske beregninger udføres som beskrevet i DS/EN 752, Annex E. Afløbskoefficienten sættes til 1,0.

Der skal anbringes 1 broafløbsbrønd pr. maksimalt 400 m² afvandingsareal.

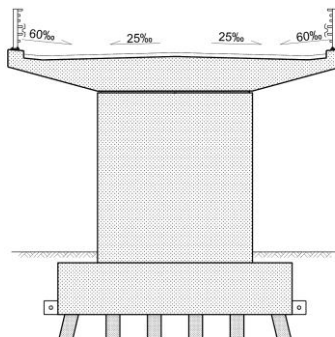
Den maksimale brøndafstand afhænger af længdefaldet, se "Afvandingskonstruktioner", afsnit 4.9.

Ved broer på op til 15 meters bredde med tagfald i længderetningen (typiske overføringer af landeveje over motorveje), kan indstøbte broafløb udelades, såfremt krav til geometri og faldforhold i afsnit 4.10.3.1 overholdes, og broens maksimale længde ift. dens længdefald følger nedenstående tabel.

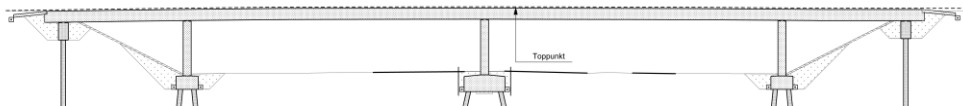
Broens ensidige længdefald	Broens maksimale længde uden broafløb
10 ‰	100 m
12,5 ‰	110 m
15 ‰	120 m
20 ‰	140 m

Figur 15. Tabel over broens maksimale længde i forhold til dens længdefald, såfremt indstøbte broafløb udelades.

Ved broer med ensidigt længdefald, skal tabellens længder halveres, og der skal etableres afløb umiddelbart opstrøms broen således, at vand ikke kan strømme ned på broen.



Figur 16. Tværsnit af typisk motorvejsoverføring.



Figur 17. Længdesnit af typisk motorvejsoverføring.

Grænseflader til tilstødende afvandsanlæg skal fastlægges og afklares. Det omfatter typisk følgende forhold:

- Placering (koordinater) til brønd eller ledning, som broafvandingen skal tilsluttes
- Bundkote i tilslutningsbrønd/ledning
- Tilladelig maksimal vandføring fra broen til tilslutningspunkt
- Maksimal opstuvning i tilslutningsbrønd/ledning ved dimensionsgivende regn.

Udformning af afvandingssystem

Udformning af afvanding og tværprofilelementer for brodæk, herunder:

- Tvær- og længdeafvanding
- Vandrender
- Placering af nedløbsbrønde og broafløb

skal være i overensstemmelse med "Projektering af bitumenbaseret fugtisolering og brobelægning", afsnit 3.

Udformning af drænrender og dryprør for dræning af belægninger skal være i overensstemmelse med "Projektering af bitumenbaseret fugtisolering og brobelægning", afsnit 6.3. Se endvidere afsnit 4.10.4.

Holdbarhed

Fast indbyggede eller indstøbte dele til et afløbssystem skal have samme forventede levetid som broen (eller den konstruktionsdel komponenten indgår i). Udskiftelige dele kan have kortere forventet levetid, men ikke under 40 år.

Drift- og vedligehold

Den projekterende skal i udformning af afløbs- og drænsystemer også vurdere, hvordan anlægget vedligeholdes, samt hvordan udskiftning af dele kan udføres.

Afvandings- og drænsystemer skal udformes så vedligehold minimeres, oprensning kan foretages nemmest muligt, og at udskiftning af eventuelle sliddele er minimale og let kan udføres.

4.10.4 Konstruktive bestemmelser

Den projekterende skal ved detailudformning af broen og dens afløbssystem indarbejde nedenstående krav.

Generelt vedrørende konstruktioner

- Broer skal udføres med bredde af rabat, nødspor eller fortov, som sikrer tilstrækkelig vandstrømsbredde, så vand på kørebaner undgås.
- Alle frie 'vandrette' betonoverflader skal udføres med mindst 20 % fald, herunder overside af kantbjælker, lejehylder etc.
- Alle frie 'vandrette' undersider skal være med drypnæser, fx langs kantbjælker, over lejehylder etc.
- Alle jorddækkede 'vandrette' betonoverflader, som ikke ligger permanent i vand, skal udføres med mindst 20 % fald, eksempelvis overside af fundamenter
- Hvor rør eller ledninger gennembryder fugtisoleringsmembraner, skal der indstøbes et PE-rør med flange for påsvejsning af membran og som sikring af tæthed
- Betondækkets geometri skal følge de konstruktive krav i "Projektering af bitumenbaseret fugtisolering og brobelægning", afsnit 2.

Overbygninger

- Der skal være rensedgang til ledninger efter sammenlagte retningsændringer på mindst 90°
- Afløbsledninger, som skal indstøbes, skal kunne optage påvirkninger, herunder opdrift som følge af flydende beton. Dette gælder også fastholdelser i form
- Afløbsledninger skal have dilatationselementer ved overgange
- Ved dilatationselementer skal ledningerne være fastholdt og sikret, så ledningerne ikke kan glide ud af muffen som følge af temperaturdeformationer eller bevægelser i broen
- Ophængte ledninger skal være understøttet, så der ikke opstår nedbøjninger som forringer kapaciteten
- Hvor bygherren finder det æstetisk acceptabelt bør afløbsledninger placeres udvendigt på konstruktionen.
- Anvendes mekaniske fuger, skal det sikres, at vandstrømmen over fugen minimeres, jf. de konstruktive krav i "Projektering af bitumenbaseret fugtisolering og brobelægning", afsnit 3.
- Det skal eftervises, at afløbsledningerne har tilstrækkeligt fald for selvrensning. Forskydningsspændingen mellem rørvæg og afløbsstrømmen skal være min. 1,5 N/m² for 10 % af maksimal vandføring. Såfremt ledningsfaldet er minimum 20 ‰, kan afløbsledningerne anses for at være selvrensende

- Frostsikring sker ved at sikre tilstrækkeligt længdefald for selvrensning
- Der skal etableres dryprør på hver side af afløb eller 1 dryprør, hvis dybdelinjer på overflade og på betonen ligger forskudt. I øvrigt skal konstruktive krav i afsnit 6.3 i "Projektering af bitumenbaseret fugtisolering og brobelægning" overholdes
- Afledning af kondens o.lign. fra ledningsrør og andre faststøbte hule konstruktionselementer, skal ske ved anordning af ventilationsåbninger i konstruktionen.

Underbygninger

- Der skal være rensedgang til ledninger efter sammenlagte retningsændringer på mindst 90°
- Nederst ved nedføringer/faldstammer langs eller i søjler eller vægge skal der være renseslem
- Overgang mellem bro og vej til nærmeste afløbsbrønd skal være befæstet og afgrænset med opkant i henhold til standarddetalje således, at vandet føres til brønden og ikke eroderer skråningsbeklædningen, jf. afsnit 3.4 i "Projektering af bitumenbaseret fugtisolering og brobelægning"
- Arealer omkring søjler skal befæstes, og der skal lokalt etableres fald væk fra søjlerne i alle retninger.
- Skråningsbefæstigelse omkring endeunderstøtninger skal sikres mod erosion fra vejafvandingen bag broender, jf. afsnit 3.4 i "Projektering af bitumenbaseret fugtisolering og brobelægning".

4.10.5 Udbuds- og projektmateriale

Den projekterende skal levere et 'bygbart' udbuds- og projektmateriale, som i alle væsentlige detaljer viser, hvordan afløbssystemer skal udføres, herunder:

- at alle krav i AAB og SAB er koordinerede og tilpasset det aktuelle projekt,
- at entreprenøren får alle angivelser til koter, koordinater, målsætning og dimensioner for de komponenter, der indgår i afvandingen,
- at udformning er beskrevet detaljeret og gennemførligt i praksis, herunder at der er taget højde for udførelsen, byggetakt og vejrforhold i den planlagte udførelsesperiode, og
- at grænseflader er koordineret og dokumenteret, særligt i forhold til andre ledninger, konstruktioner og brodækkets fugtisolering og brobelægning.

Den projekterende skal sikre, at der i udbudsmaterialet er stillet krav til den dokumentation entreprenøren skal levere i forbindelse med aflevering, jf. myndighedstilladelser, og af hensyn til drift og vedligehold.

4.11 Broautoværn og –rækværk {ikke udarbejdet}



Niels Juels Gade 13
Postboks 9018
1022 København K
Telefon 7244 3333

vd@vd.dk
vejdirektoratet.dk

vejregler@vd.dk
vejregler.dk

EAN: 9788793394292

