



Bruinspeksjon

VEILEDNING

Håndbok V441



Håndbøker i Statens vegvesen

Dette er en håndbok i Statens vegvesens håndbokserie. Vegdirektoratet har ansvaret for utarbeidelse og ajourføring av håndbøkene.

Denne håndboka finnes kun digitalt (PDF) på Statens vegvesens nettsider, www.vegvesen.no.

Statens vegvesens håndbøker utgis på to nivåer:

Nivå 1: ● **Oransje** eller ● **grønn** fargekode på omslaget – omfatter *normal* (oransje farge) og *retningslinje* (grønn farge) godkjent av overordnet myndighet eller av Vegdirektoratet etter fullmakt.

Nivå 2: ● **Blå** fargekode på omslaget – omfatter *veiledning* godkjent av den avdeling som har fått fullmakt til dette i Vegdirektoratet.

Bruinspeksjon

V441 i Statens vegvesens håndbokserie

Forsidefoto: Henning Solem Lotherington

ISBN: 978-82-7207-752-4

Forord

Håndbok V441 Bruinspeksjon erstatter håndbok V441 Inspeksjonshåndbok for bruer utgitt februar 2000 og NA-rundskriv 2018/4 Endringer til håndbok V441 Inspeksjonshåndbok for bruer. Håndboka gir veiledning og anbefalinger med videre til kravene i håndbok R411 Bruforvaltning riksveg og håndbok N401 Bruforvaltning fylkesveg.

Denne håndboken er en veileder for å beskrive inspeksjon av bruer slik at de blir inspisert på en forsvarlig og ensartet måte i hele landet.

I 2013 ble metodikken for registrering av skader endret slik at vi fikk et tydeligere skille mellom skade og konsekvens. Metodikken som ble lagt til grunn er hentet fra Norsk Standard 3424 Tilstandsbeskrivelse av byggverk.

Vegdirektoratet, 9. desember 2019

Ansvarlig enhet: Vegavdelingen, Bruseksjonen

Innhold

	Forord	3
1	Innledning	7
1.1	Definisjoner	8
2	Bruinspeksjon	9
2.1	Planlegge bruinspeksjon	10
2.2	Forberede bruinspeksjon	10
2.3	Gjennomføre bruinspeksjon	11
2.3.1	Sjekkliste ved gjennomføring av bruinspeksjon	12
2.4	Følge opp bruinspeksjon	16
2.4.1	Tiltak som innspill til budsjettarbeid	17
2.4.2	Analysere inspeksjonsresultatene	17
2.4.3	Vurdere inspeksjonsintervall	18
2.5	Inspeksjonstyper	18
2.5.1	Generell inspeksjon	18
2.5.2	Enkelinspeksjon	18
2.5.3	Hovedinspeksjon	18
2.5.4	Spesialinspeksjon	19
2.6	Oppmålinger og materialundersøkelser	19
3	Skadevurdering	21
3.1	Lokalisering av skader	21
3.1.1	Akseinndeling	22
3.1.2	Tverrsnitt - bjelkenummerering	24
3.1.3	Utbretting	24
3.2	Skadebeskrivelse	26
3.3	Skadetyper	26
3.4	Skadegrad	28
3.5	Skadekonsekvens	28
3.5.1	Konsekvenstype	28
3.5.2	Konsekvensgrad	28
3.5.3	Skadekonsekvens for bæreevne	29
3.5.4	Skadekonsekvens for trafiksikkerhet	29
3.5.5	Skadekonsekvens for vedlikeholdskostnader	29
3.5.6	Skadekonsekvens for miljø/estetikk	29
3.6	Bedømmelse av skader	30
3.6.1	Primærskader - følgeskader	30
3.6.2	Skadeutvikling	30
3.7	Skadeårsaker	32
4	Sårbarhetsvurdering	35
5	Tiltak	37
5.1	Driftstiltak	37
5.2	Vedlikehold	37
5.3	Fornyelse	38
5.4	Forsterkning	38
5.5	Ombygging	38
5.6	Kontrollberegning – kontroll av bæreevne	38
5.7	ROS – analyse	39
5.8	Innmåling/ oppmåling	39
5.9	Materialundersøkelse	39

6	Beskrivelse av skadetyper	41
6.1	Materialuavhengig skade	42
6.1.1	Setning	42
6.1.2	Bevegelse	43
6.1.3	Deformasjon	45
6.1.4	Brudd	46
6.1.5	Lekkasje/fuktbelastning	46
6.1.6	Misfarging	47
6.2	Skade i grunnen	49
6.2.1	Innsnevring	49
6.2.2	Erosjon	49
6.3	Skade på betong	52
6.3.1	Riss/sprekk i betong	52
6.3.2	Skade på overflatebehandling	55
6.3.3	Liten/skadet overdekning	55
6.3.4	Forvitring	56
6.3.5	Støpesår	57
6.3.6	Bom	58
6.3.7	Avskalling	58
6.3.8	Armeringskorrosjon	59
6.3.9	Utvasking	60
6.4	Skade på stål	62
6.4.1	Riss/sprekk i stål	62
6.4.2	Skade på overflatebehandling	62
6.4.3	Løse skruer/nagler	63
6.4.4	Korrosjon	64
6.4.5	Slitasje/gnisning	64
6.4.6	Trådbrudd	65
6.5	Skade på stein	66
6.5.1	Riss/sprekk i stein	66
6.5.2	Utglidning	66
6.5.3	Utrasing	67
6.6	Skade på tre	68
6.6.1	Riss/sprekk i tre	68
6.6.2	Skade på overflatebehandling	68
6.6.3	Mekanisk skade	69
6.6.4	Råte/nedbrytning	69
6.7	Skade på slitelag/membran	71
6.7.1	Sporslitasje	71
6.7.2	Ujevnheter	72
6.7.3	Krakelering/hull	73
6.7.4	Riss/sprekk	74
6.7.5	Blæring (paddehatter)	74
6.7.6	Avflaking	75
6.8	Mangel	76
6.8.1	Manglende rengjøring	76
6.8.2	Manglende del	76
6.8.3	Manglende opprydding/fjerning	77
6.9	Annen skade/mangel	78
7	Vedlegg (viser til egne filer)	80
8	Referanser	81

1 Innledning

Denne håndboken gir en veiledning i gjennomføring av bruinspeksjoner, for ulike inspeksjonstyper.

Håndboka gjelder for bruer som definert i håndbok R411 Bruforvaltning riksveg og håndbok N401 Bruforvaltning fylkesveg.

Bruinspeksjon utføres for å avdekke om brua fortsatt har den bæreevne, trafiksikkerhet, bestandighet og det visuelle uttrykket den ble prosjektert og bygd for. Dette danner grunnlaget for utarbeidelse av preventive og korrektive tiltak på brumassen.

Håndboka beskriver:

Kapittel 1 Innledning – oversikt over innholdet i håndboka

Kapittel 2 Bruinspeksjon – arbeidsoppgavene ved planlegging -, forberede og gjennomføre -, og følge opp bruinspeksjoner. Beskrivelse av de ulike inspeksjonstypene, innføring om oppmålinger og materialundersøkelser.

Kapittel 3 Skadevurdering – innføring i hvordan gjøre en skadevurdering og forklaring på ulike begreper

Kapittel 4 Sårbarhetsvurdering – beskrivelse av mulig sårbarheter som kan vurderes

Kapittel 5 Tiltak – beskrivelse av mulige tiltak som kan vurderes

Kapittel 6 Beskrivelse av skadetyper – generell beskrivelse av de ulike skadetyperne

Vedlegg V1 Eksempelsamling til skadetyper – aktuelle eksempler på skadetyper

Vedlegg V2 Metoder oppmålinger/ materialundersøkelser – oversikt over aktuelle oppmålinger og materialundersøkelser

Vedlegg V3 Utvidet inspeksjonsrapport – forslag til rapport som inneholder en mer detaljert beskrivelse av skader, og drifts- og vedlikeholdstiltak samt kostnadsoverslag

1.1 Definisjoner

Begrep	Forklaring
Aksellast	Aksellast er den samlede tyngde som overføres til vegen fra alle hjul på en aksel.
Akser	Stedfeste beliggenheten av bruas hovedelementer og danner utgangspunktet for registrering av bæresystemets spennvidder.
Bru	Bærende konstruksjon med spennvidde større enn eller lik 2,5 meter og som skal bære trafikk-laster. Med bru menes også nedfylte konstruksjoner som kulverter og rør med spennvidde eller diameter på 2,5 meter eller mer.
Bruforvalter	Bruforvalter skal påse at sikkerhet og funksjonalitet blir ivarettatt i henhold til håndbok R411 Bruforvaltning riksveg og håndbok N401 Bruforvaltning fylkesveg
Brutus	Bruforvaltningssystem hvor informasjon om bruene lagres
Bærende konstruksjon	Bru, ferjekai og annen bærende konstruksjon
Hovedbæresystem	Overbygning som plate, bjelke, kasse, fagverk, bue- og hengekonstruksjon overfører alle laster til underbygningen (pilarer eller landkar) og holdes oppe av underbygningen
Kabelhode	Stålkonstruksjon som overfører strekkraften i kabelen til selve brukonstruksjonen (tårn eller brubjelke)
Overbygning	Bæresystem over lagernivå
Overdekning	Avstanden fra betongoverflate til nærmeste konstruktive armering
ROS-analyse	Risiko- og sårbarhetsanalyse
Sekundærbæresystem	Plater og dekkeelementer som ligger oppå bjelker, fagverk, avstivningsbærere mm. og fordeler trafikklastene fra kjørebanelen til elementer i hovedbæresystemet
SJA	Sikker jobbanalyse
Spennvidder	For normale bruer defineres som den horisontale avstanden mellom skjæringspunktene for opplagerlinjene til overbygningen og senterlinjen til brua og målt langs senterlinje bru
Strøveden	Trebjelker som ligger på tvers av kjøreretningen på bærebjolkene, og utgjør sekundærbæresystemet
Underbygning	Bæresystem under lagernivå
Varslingsplan	En varslingsplan viser hvem som skal varsles ved alvorlige ulykker eller funn av alvorlige skader

2 Bruinspeksjon

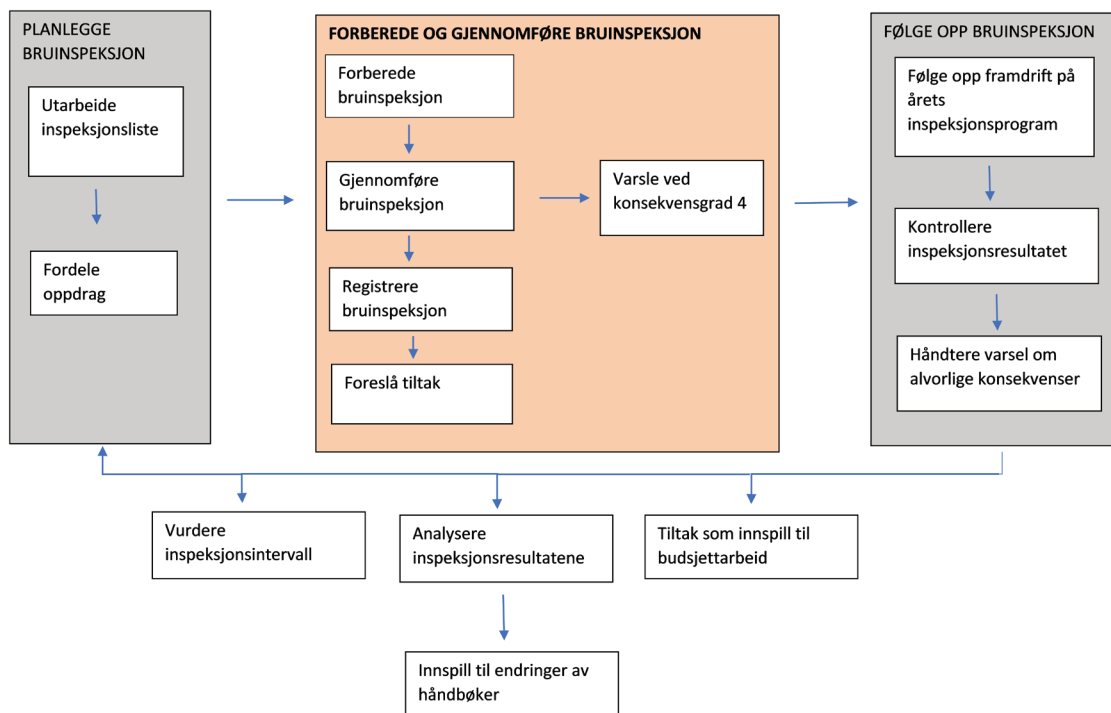
Bruinspeksjon utføres for å avdekke om brua fortsatt har den bæreevne, trafikk sikkerhet, bestandighet og det visuelle uttrykket den ble prosjektert og bygd for.

Bruinspeksjon er en del av bruforvaltningen. Figuren 2-1 viser hvilke oppgaver som inngår i bruinspeksjonsprosessen.

Prosessene Planlegge bruinspeksjon og Følge opp bruinspeksjon beskriver vegeiers rolle ved planlegging, oppfølging og rapportering av bruinspeksjon. Hensikten er å sikre at bruene blir inspisert etter gjeldende regelverk, sikre at det settes av nok ressurser til å gjennomføre inspeksjonene, og at man følger opp inspeksjonsresultatene og varslinger om alvorlige skader.

Prosessene Forberede og gjennomføre bruinspeksjon beskriver arbeidsoppgavene til en bruinspektør før, under og etter en bruinspeksjon. Hensikten er å sikre:

- at bruinspektøren forbereder bruinspeksjonene i henhold til krav og regelverk
- at inspeksjonen blir gjennomført på en sikker måte
- at inspeksjonen blir utført og registrert i bruforvaltningssystemet Brutus, iht. til denne håndboken
- at behov for tiltak blir synliggjort



Figur 2-1 Sammendrag bruinspeksjonsprosessen

2.1 Planlegge bruinspeksjon

Planlegge bruinspeksjon omfatter å ha oversikt over hvilke inspeksjoner som skal utføres det aktuelle året, sørge for at man har kapasitet og kompetanse til å gjennomføre inspeksjonene og anskaffe ressurser hvis nødvendig.

Alle bruer skal ha en inspeksjonsplan med oversikt over hvilke inspeksjoner som er planlagt og tidspunkt for foreslått utførelse.

Av inspeksjonsplanen framgår:

- Hvilke inspeksjonstyper som skal utføres
- Når de ulike inspeksjonene skal utføres, dvs. tidspunkt og intervaller
- Om det er skader som må holdes under spesielt oppsyn
- Hvilke oppmålinger, materialundersøkelser og avlesninger av instrumentering som eventuelt skal utføres samt omfang og tidspunkt for disse
- Hva slags tilkomstutstyr som trengs for å utføre de ulike inspeksjonstypene

Et inspeksjonsprogram er en liste over alle inspeksjoner som skal utføres et bestemt år og brukes til å planlegge årets inspeksjoner.

For å effektivisere inspeksjonssesongen kan inspeksjonsprogrammet deles opp slik at bruene grupperes etter f.eks. inspeksjonstype, beliggenhet, nødvendig tilkomstutstyr osv.

2.2 Forberede bruinspeksjon

Før bruinspeksjon må bruinspektøren skaffe seg en oversikt over tidligere inspeksjonsregistreringer og forberede gjennomføring av bruinspeksjonen.

Følgende punkter må vurderes før inspeksjonen kan gjennomføres.

Gjennomgå tidligere inspeksjonsregistreringer og dokumentasjon

Bruinspektøren skaffer seg oversikt over tidligere registrerte skader og sårbarheter, og for å avdekke om det er noe spesielt som må følges opp. I tillegg må det vurderes om det er behov for oppmålinger eller materialundersøkelser.

Vurdere behov for å involvere berørte parter

Bruinspektøren må sørge for å ha nødvendig tilgang til brua og at avtaler, lover og forskrifter følges.

Aktuelle parter som kan kontaktes kan være Bane NOR, Avinor, Havnevesen, Ferjeselskaper, kabel- og ledningseier, grunneier osv.

Sjekke behov for tilkomstutstyr

Bruinspektøren må sikre at man har nødvendig tilkomstutstyr til den enkelte bru og sørge for at regelverk blir fulgt.

Eksempel på tilkomstutstyr:

- Fastmontert utstyr
- Drone
- Lift
- Stige
- Klatreutstyr
- Fjernstyrt undervannsfarkost
- Båt

Avklare behov for arbeidsvarsling

Bruinspektøren må avklare hvilket behov det er for arbeidsvarsling etter gjeldende regelverk og sørge for at det foreligger godkjent plan for dette når inspeksjonen utføres.

Avklare behov og ev. anskaffe inspeksjonsutstyr

Bruinspektøren må avklare behov for inspeksjonsutstyr. Det må sjekkes at tilgjengelig utstyr er i orden, og anskaffe nytt utstyr ved behov.

Inspeksjonsskjema

Inspeksjonsskjema for bruene som skal inspiseres kan skrives ut, eksporteres til Brutus Offline eller registreres direkte i Brutus når man er i felt. Det er mulig å eksportere inspeksjonslisten til Excel eller til en kartløsning.

Gjennomføre risikovurdering og SJA

Når man planlegger bruinspeksjoner skal man gjennomføre en risikovurdering av arbeidet. Denne risikovurderingen ligger til grunn for en eventuell sikker jobbanalyse (SJA).

2.3 Gjennomføre bruinspeksjon

Ved gjennomføring av bruinspeksjonen inspiseres, vurderes og registreres skader som beskrevet i denne håndboka.

Sikre arbeidsstedet og gjennomgå SJA

Hvis SJA er utarbeidet går man gjennom denne før inspeksjonen starter sammen med alle som deltar på bruinspeksjonen.

Skadevurdering og registrering

Skadevurderinger med skadegrad og skadekonsekvens, sammen med beskrivelse og relevante bilder registreres i Brutus. Mulige sårbarheter vurderes og registreres.

Følgende trinn inngår i inspeksjonen:

- Vurder skader iht. denne håndboken. Skader som vurderes med konsekvensgrad 4 skal umiddelbart meldes iht. varslingsplan
- Dokumenter skader med bilder
- Vurder omfang av skader for å kunne beskrive tiltak
- Gjennomfør aktuelle oppmålinger/materialundersøkelser
- Vurder sårbarheter som kan påvirke brua

Foreslå tiltak

Etter inspeksjonen vurderer bruinspektøren om det er behov for å registrere tiltak. Se kapittel 3.5.2 Konsekvensgrad for når tiltak beskrives.

Etter hovedinspeksjon vurderes alle registrerte tiltak i Brutus. Foreslåtte tidspunkt kan revideres og forslag til nye tiltak registreres. Tiltak som ikke er aktuelle lenger slettes.

2.3.1 Sjekkliste ved gjennomføring av bruinspeksjon

Punktene under kan være et hjelpemiddel når man utfører bruinspeksjon, men hvor grundig man er avhenger av inspeksjonstypen.

Grunnen

- Setning av grunnen i vegbanen ved landkar og pilarer
- Erosjon av fylling rundt landkar eller pilarer pga. overflatevann
- Skade på skråningsbeskyttelse
- Skade på peler over vann
- Skade på permanent spunt over vann
- Utsiktet fjerning eller oppfylling av løsmasser nær fundamenter
- Oppstuvning av hugstavfall osv. som reduserer vanngjennomløp
- Utsiktet vegetasjon, trær.
- Ansamlinger av brennbart materiale under bruer.

Elementer av betong

- Setning eller bevegelse av landkar, pilarer, overbygning osv.
- Deformasjon av overbygning eller andre elementer pga. setning av underbygning, overlast eller forskalingsdeformasjoner
- Riss, sprekker og evt. lekkasje gjennom disse. (Registrering av rissvidder og mønster vurderes). Spennkabelforankringer kontrolleres spesielt for riss og sprekker
- Skade på overflatebehandling
- Misfarging av betongflater fra vann eller graffiti
- Liten/skadet overdekning og fare for framtidig korrosjon (karbonatisering, klorider, bindtråd, armeringsstoler osv.)
- Forvitring pga. frost eller annen værpåkjennning
- Støpesår eller områder med dårlig utstøping og evt. fuktgjennomslag, overflateporer osv.
- Bom og/eller avskallinger i konstruksjonsbetong, påstøp, reparasjoner, støpeskjøter, spennkabelforankringer, osv.
- Synlig armering eller avskallinger pga. korrosjon, innstøpte trebiter osv.
- Avskallinger, brudd eller andre skader pga. påkjørsel
- Armeringskorrosjon eller indikasjoner på at dette pågår f.eks. ved at det er riss/sprekker over armeringsjernene eller rustutslag
- Innstøping av spennkabelhoder tilfredsstillende
- Utsiktet vegetasjon
- Gjenstående forskaling, stag, osv.
- Generell rengjøring.

Elementer av stål

- Deformasjon av overbygning eller andre elementer pga. setning av underbygning, påkjørsel eller overlast
- Bevegelse av overbygning eller andre elementer
- Sprekker eller brudd i grunnmaterialet, sveiser eller nagler/skruer
- Malingskader og evt. korrosjon. Overgangen stål/betong er spesielt utsatt. Det samme gjelder overflenser på bjelker under tredekker
- Misfarging pga. lekkasje/fuktbelastning eller graffiti
- Løse skruer/nagler
- Slitasje/gnissing på elementer pga. bevegelse i brua
- Manglende skruer/nagler eller andre deler
- Profiler som samler på fukt og skitt
- Generell rengjøring.

Elementer av stein

- Setning eller bevegelse av landkar eller pilarer
- Deformasjon av steinhvelv, osv.
- Sprekker i stein
- Lekkasje/fuktbelastning gjennom landkar, steinhvelv, osv.
- Misfarging pga. lekkasje/fuktbelastning eller graffiti
- Utglidning eller utrasing av steiner
- Manglende steiner
- Utvasking/forvitring av fugemørtel
- Utilsiktet vegetasjon på elementet
- Generell rengjøring.

Elementer av tre

- Setning eller bevegelse av trepilarer, osv.
- Deformasjon av treoverbygning, osv.
- Sprekker
- Mekanisk skade eller brudd pga. påkjørsel
- Skade på overflatebehandling
- Misfarging pga. lekkasje/fuktbelastning, rust eller graffiti
- Råteskader
- Manglende deler, avstivninger, osv.
- Malingskader/korrosjon på festebolter/stag i stål
- Generell rengjøring.

Slitelag

- Riss eller spekker, spesielt inn mot fuger
- Lekkasje/fuktbelastning pga. av utett slitelag. (Kan forårsake fuktutslag og kalkutfelling på undersiden av dekket)
- Sporslitasje, kontrollmåling vurderes
- Ujevnhet
- Krakelering, hull eller paddehatter
- Avflaking av tynne slitelag (f.eks. epoxy)
- Bom i påstøpte slitelag
- Tetting mot kantbjelker og fuger
- Fall til drenerør/sluk
- Riktig slitelagtykkelse, kontrollmåling vurderes
- Mekanisk skade og råteskader (tredekker)
- Oppstikkende bordender og spiker (tredekker)
- Generell rengjøring.

Lager m/lageravsats

- Lagerets stilling i forhold til den aktuelle temperaturen, om nødvendig foretas oppmåling
- Deformasjonsskader på neoprenlager
- Sprekker eller brudd i deler av lageret
- Malingskader og/eller korrosjonsskader på lager
- Lageret har anlegg på hele flaten
- Tilstanden til beskyttelsesbelg
- Evt. festebolter er intakte
- Skader på understøp, f.eks. sprekker, avskalling, osv.
- Betongskader på lageravsats. Spesielt utsatt ved utette fuger og salting
- Rengjøring av lager og lageravsats.

Fuger/fugekonstruksjon

- Fugekonstruksjonens/fugens åpning i forhold til den aktuelle temperatur, om nødvendig foretas oppmåling
- Mekaniske skader, sprekker, brudd på fugekonstruksjon fra brøyteutstyr eller slitasje fra trafikk
- Lekkasje/fuktbelastning fra «tette fugekonstruksjoner»
- Fugetersklens tilstand/funksjon, evt. om terskler mangler
- Fugekonstruksjonens innfesting, evt. manglende deler
- Slag/støy fra fugekonstruksjon
- Rengjøring av fugekonstruksjon/fugeåpning.

Rekkverk

- Deformasjonsskader pga. påkjørsel
- Sprekker eller brudd
- Skade på overflatebehandling eller korrosjon. Stolper er spesielt utsatt ved overgangen til betong
- Misfarging
- Løse eller manglende skruer eller deler
- Tilfredsstillende innfesting av stolper
- Reparasjoner eller forsterkninger utført på forsvarlig måte
- Rekkverkets høyde tilfredsstillende
- Avslutning av rekkverk, overgang til vegrekkverk utført forskriftsmessig
- Generell rengjøring

Vannavløp/drenssystem

- Rør og sandfang åpne
- Riktig nivå i overkant
- Tetting rundt rør
- Utstikk i underkant er tilstrekkelig til å hindre nedfukting av underliggende elementer
- Skader på rør som sprekker, korrosjon, osv.
- Feste av avløpsrør
- Tetting av skjøter

Ledninger/kabler

- Skader på opphengning
- Isolasjonsmateriale er intakt
- Lekkasje/fuktbelastning (vann- og kloakkledninger)
- Ledninger/kabler er i bruk eller kan fjernes.

Inspeksjon av kabler:**Bærekabler**

- Trådbrudd. Kablene er mest utsatt for trådbrudd ved hengestangsfester, sadler og forankringshoder. Tegn på trådbrudd kan være langsgående riss i malingsbelegget langs kantene av den brukne tråden. Nye trådbrudd avmerkes på skisse med angivelse av kabelnummer og tilnærmet avstand fra tårn, hengestang el.
- Korrosjon. Kablene kontrolleres for utvendig korrosjon og tegn på innvendig korrosjon. Dette gjelder spesielt åpne kabler. Indikasjon på innvendig korrosjon er økning av kabel diameteren.
- Slitasje/gnissing. Kablene er ofte utsatt for slitasje/gnissing ved hengestangsfester dersom hengestangen henger skjevt.
- Kontrollere om det tyter spinnemiddel ut fra det indre av kablene
- Overflatebehandlingens tilstand vurderes
- Det kontrolleres om det har foregått glidning mellom kabel og sadel
- Tettemasse ved sadler. Det skal påses at kablene er fullstendig omsluttet av tetningsmasse, der dette er benyttet, og at heften er god. Tetningsmassen skal være myk og elastisk og uten sprekker og skader.

Sadler/lager bærekabel

- Løse/manglende bolter, muttere eller klemplater
- Bevegelse
- Sprekker
- Korrosjonsskader
- Overflatebehandlingens tilstand
- Fuglereir eller annen tilsmussing inne på sadelen.

Forankringshoder

- Det kontrolleres at forankringshodene står riktig på stagene og at kabelen har riktig posisjon.
- Det kontrolleres om fugemassen mellom kabel og kabelhode er intakt. Fugemassen fjernes på et par kabelhoder i hver forankring. Hvis det oppdages korrosjon i fugen, må alle fugene tas opp for kontroll. Ny fugemasse av samme type må påføres igjen etter grundig rengjøring.
- Det kontrolleres om det er siging i utstøpt forankringskonus. Dette kan sees som uttyting av støpemasse langs kabelen ved kabelens innføring i kabelhode.

Hengestangsfester

- Bevegelse. Det kontrolleres om hengestengene har glidd/ forskjøvet seg eller om hengestangsplatene har beveget seg slik at hengestengene tar bort i eller gnisser mot kablene.
- Bevegelse. Ved hengestenger av kabel kan det oppstå siging mellom kabel og kabelhodet. Ved siging kan støpemetallet bli ekstrudert i tynne flak i fugen mellom hode og kabel.
- Deformerte bolter, bøyler, osv.
- Sprekker eller brudd i bolter, bøyler osv.
- Skade på overflatebehandling
- Løse/manglende skruer, muttere, klembøyler, låsepinner, låseplater, osv.
- Korrosjon
- Slitasje/gnisning forårsaket av bevegelser i brua. Spesielt utsatt ved midten av brua der hengestengene er kortest.

Hengestenger

- Deformasjon. F.eks. utbøyning pga. påkjørsel
- Sprekker eller brudd
- Skade på overflatebehandling
- Korrosjon. Hengestenger av kabel kontrolleres for tegn på innvendig korrosjon. Slike tegn kan være sprekker mellom trådene, rustvann som renner ut i bunnen og økt diameter. De korte hengestengene er som oftest mest utsatt da bevegelsene her er størst.
- Slitasje/gnisning forårsaket av bevegelser i brua
- Trådbrudd. Gjelder hengestenger av kabel. Eventuelle nye trådbrudd avmerkes på skisse med angivelse av hengestangnummer
- Kontrollere om det tyter ut spinnemiddel fra hengestenger av kabel.

Inspeksjon under vann**Grunnen under vann**

- Erosjon og/eller undergraving av fundamenter
- Oppstuvning av løsmasser, trær, kvist osv. som kan redusere vanngjennomløpet
- Skade på frilagte peler
- Skade på erosjonsbeskyttelse

Elementer av betong

- Setning/bevegelse av landkar, pilarer, osv.
- Riss og sprekker
- Armering med liten eller skadet overdekning

- Forvitring pga. frost, værpåkjønning osv. spesielt i tidevannssonen
- Støpesår og støpeskjøter med dårlig utstøping
- Bomskader
- Armeringskorrosjon og evt. avskallinger
- Utvaskede områder

Elementer av stein

- Setning eller bevegelse
- Sprekker
- Utglidning, utrasing eller manglende steiner
- Utvasket/forvitret fugemørtel

Elementer av stål

- Setning eller bevegelse
- Sprekker eller brudd
- Korrosjon
- Manglende avstivninger/deler
- Skade på katodisk beskyttelse

Elementer av tre

- Setning eller bevegelse
- Sprekker eller brudd
- Råteskader
- Manglende deler, avstivninger, osv.
- Korrosjon på festebolter og stag i stål
- Pelemark
- Isskuring/-slitasje

2.4 Følge opp bruinspeksjon

Når inspeksjonssesongen er i gang må arbeidet følges opp for å sikre at:

- årets planlagte bruinspeksjoner er i rute
- utvalgte bruinspeksjoner blir kontrollert
- varsel om alvorlige skadekonsekvenser blir håndtert og at ledelsen er informert

Bruforvalter informeres om status på dette.

Kontrollere inspeksjonsresultatet

En kontrollgruppe gjennomgår alle skaderegistreringer med konsekvensgrad 3 og 4. Dersom kontrollgruppen er uenig i det som bruinspektøren har registrert, endres inspeksjonsresultatene i Brutus og bruinspektøren får en tilbakemelding.

I tillegg til den obligatoriske kontrollen kan man vurdere stikkprøvekontroll av følgende:

- Registrerte sårbarheter
- Komplekse bruer som hengebruer, skråstagsbruer, ferjekai og bevegelige bruer.

Ved utvalgelse av inspeksjoner som kontrolleres bør man vektlegge inspektørens erfaring og kompetanse.

Håndtere varsel ved konsekvensgrad 4

Alle varsler om alvorlige skadekonsekvenser må følges opp. Skaden verifiseres og nødvendige tiltak vurderes og iverksettes.

Eksempler på tiltak:

- Sperre bru
- Innsnevring av kjørebane
- Sette ned bæreevne (med evt. skilt)
- Hyppigere inspeksjonsintervall
- Fjerning av farlige momenter (betong, istapp osv.)
- Starte planlegging av utbedring
- Klassifisering
- Midlertidig reparasjon
- Beredskapsbru
- Oppmåling
- Materialundersøkelser

2.4.1 Tiltak som innspill til budsjettarbeid

Foreslåtte tiltak legges til grunn for innspill til budsjettarbeidet.

2.4.2 Analysere inspeksjonsresultatene

For å få en bedre forståelse av tilstand og tilstandsutvikling for enkeltbruer eller brumassen kan det være hensiktsmessig å analysere inspeksjonsresultatene. Dette innebærer å utføre analyser og vurderinger av inspeksjonshistorikk, tilstand og risiko.

Dette kan typisk innebære:

- Analyse av inspeksjonshistorikk for å identifisere trender eller forhold som må korrigeres, forebygges eller opprettholdes.
- Analyse av skadeutvikling og hastighet
- Vurdering om inspeksjonsplanen er tilstrekkelig for å følge opp videre skadeutvikling og tilhørende risiko og funksjonskrav.
- Analyse av bakenforliggende årsaker
- Gjøre nødvendige beregninger for å understøtte beslutninger knyttet til videre forvaltning og vedlikehold.
- Ved bruk av monitoreringssystemer (for eksempel deformasjons- eller bevegelsesovervåkning) må det settes akseptkriterier hvor bestemte verdier utløser tiltak. Dette kan for eksempel være nedsatt brukslast, fartsreduksjon, stenging eller vedlikeholdstiltak. Ved bruk av slike systemer må arbeidet dokumenteres og monitoreringsverdier følges opp.

På bakgrunn av utførte analyser kan man:

- Foreslå nye eller utvidede inspeksjons- eller materialundersøkelser e.l.
- Foreslå endringer av inspeksjonsintervall
- Foreslå vedlikeholds- eller fornyingstiltak (Se kapittel 5 Tiltak)
- Følge opp foreslåtte forbedringer ved å implementere og vurdere effekten av dem.

Slike analyser kan gjennomføres ved behov f.eks. som et FOU-prosjekt.

Innspill til endringer av håndbøker

Innspill til endringer av håndbøkene kan baseres på disse analysene.

2.4.3 Vurdere inspeksjonsintervall

Som forberedelse til neste års inspeksjonssesong kan man vurdere ROS-analyser for endring av inspeksjonsintervall.

Ved endring av inspeksjonsintervall kan man bruke ROS-analyse som beskrevet i håndbok N401 Bruforvaltning fylkesveg og håndbok R411 Bruforvaltning riksveg.

2.5 Inspeksjonstyper

Inspeksjonstypene gjenspeiler grundigheten og frekvensen for inspeksjonene som utføres.

De rutinemessige inspeksjonene er generell inspeksjon, enkelinspeksjon og hovedinspeksjon, og utføres i hele brua sin levetid. Ved ekstraordinær hendelse eller behov for grundigere undersøkelser utføres spesialinspeksjon.

2.5.1 Generell inspeksjon

Generell inspeksjon utføres i samsvar med håndbok R610 Standard for drift og vedlikehold av riksveger. Generell inspeksjon omfatter rutinemessig inspeksjon for å overvåke vegnettets funksjon og utføres av driftsentreprenøren. Generell inspeksjon beskrives ikke i denne håndboken.

2.5.2 Enkelinspeksjon

Enkelinspeksjon utføres for å avdekke om det er synlige skader som på kort sikt påvirker eller kan påvirke bruens bæreevne, trafiksikkerhet, vedlikehold eller miljøet/estetikk.

Som et minimum registreres skader og/eller andre forhold der det blir vurdert at tiltak må gjennomføres før neste enkel- eller hovedinspeksjon.

Enkelinspeksjon omfatter en enkel visuell kontroll av alle elementer over vann uten bruk av tilkomst-utstyr. Det betyr at på større bruer må de fleste elementene inspiseres på avstand. Det bør imidlertid brukes kikkert der det er nødvendig å se nærmere på detaljer.

Fundamenter i vann kontrolleres i den grad det er mulig uten bruk av dykker.

Det utføres vanligvis ikke oppmålinger eller materialundersøkelser ved enkelinspeksjon. Inspektøren kan likevel ha med måleutstyr, som rissviddemåler, tommestokk, målebånd og skyvelær.

2.5.3 Hovedinspeksjon

Hovedinspeksjon omfatter en nær visuell kontroll av hele brua for å kontrollere at alle elementer fyller sin funksjon. Ved f.eks. store ensartede stål- og betongflater, hvor man med sikkerhet kan oppdage forventede skader fra større avstand, kan det velges ut et representativt område på det aktuelle elementet for nær visuell kontroll.

Ved behov utføres oppmålinger/materialundersøkelser for å supplere den visuelle kontrollen, se vedlegg V2 Metoder oppmålinger/ materialundersøkelser.

Hovedinspeksjon utføres for å registrere tilstanden til alle elementer på brua, og kontrollere at den fyller sin funksjon. Videre beskrives eventuelle behov for tiltak med tilhørende kostnadsoverslag for tiltakene.

Hovedinspeksjonen danner grunnlag for å supplere eller justere inspeksjonsplan og tiltaksplan.

2.5.4 Spesialinspeksjon

Spesialinspeksjon utføres ved ekstraordinær hendelse eller når det er behov for grundigere undersøkelser av påviste skader eller spesielle forhold. Spesialinspeksjon kan utføres for å skaffe til veie grunnlag for å beskrive og tidfeste tiltak der det forventes kostbare og/eller kompliserte arbeider.

Spesialinspeksjon utføres på hele brua eller bare på enkeltelement. Spesialinspeksjon omfatter nær visuell kontroll og eventuelle oppmålinger/ materialundersøkelser, se vedlegg V2 Metoder oppmålinger/ materialundersøkelser.

Spesialinspeksjonen utføres så grundig og omfattende at skadetype, konsekvens, omfang og årsak kan bestemmes. Den kan inkludere en beskrivelse av alternative tiltak med tilhørende kostnads- og levetidsvurderinger, samt danne grunnlag for valg av tiltak og utarbeidelse av konkurransegrunnlag. En spesialinspeksjon kan også resultere i statiske beregninger for å kontrollere bruas kapasitet.

2.6 Oppmålinger og materialundersøkelser

For å få bedre grunnlag for å fastslå skadeomfang, skadeårsak, skadegrad og skadekonsekvens eller avdekke skjulte skader kan det være nødvendig å supplere den visuelle kontrollen med oppmålinger, materialundersøkelser og instrumentering.

For nærmere beskrivelse, se vedlegg V2 Metode oppmålinger/ materialundersøkelser.

Omfanget av disse målingene og undersøkelsene må vurderes i hvert enkelt tilfelle og vil være avhengig av:

- Inspeksjonstype
- Brutype
- Materialtype
- Klimabelastning
- Visuelle observasjoner
- Forvaltningsstrategi for brua, eks. skal den skiftes ut

Man må ha et realistisk bilde av behov og nytteverdi av målinger og undersøkelser, slik at de utføres målrettet. Dette av hensyn til kostnader, men også av utseendemessige årsaker for de destruktive målemetodene. Ved utboring av kjerner må det tas hensyn til eventuelle konstruktive og bestandighetsmessige svekkelser av det elementet som undersøkes.

For enkelte bruer kan det være igangsatt spesielle rutiner for oppmåling (måleprogram), materialundersøkelser og/eller instrumentert overvåkning. Dette vil framgå av tiltaksplanen i Brutus.

Flere av oppmålingene og materialundersøkelsene krever spesielle rutiner og ekstra kvalitetssikring. Ofte kreves det også spesialkompetanse og spesialutstyr. Dette gjelder alltid for montasje av instrumentert overvåkning.

3 Skadevurdering

Ved vurdering av skader inngår følgende:

- Bestemme hvilke skadetyper de enkelte skader består av
- Vurdere skadegrad og -omfang
- Vurdere årsakene til at skadene har oppstått
- Vurdere hvor alvorlige skadene er for hele brua og/eller omgivelsene, dvs. skadekonsekvens

Som oftest er grunnlaget for å bedømme skader visuell kontroll, oppmålinger og materialundersøkelser. I spesielle tilfeller kan det være nødvendig med statiske beregninger og/eller instrumentert overvåkning over lang tid for å få godt nok grunnlag til å vurdere skader riktig.

For å ha en ensartet måte å beskrive skader på, brukes definerte skadetyper og skadeårsaker. I tillegg registreres skadegrad og en tekstlig beskrivelse av skaden. Hvilken konsekvens skaden har for hele brua, omgivelsene og brukerne beskrives med skadekonsekvens.

Alle registrerte skader og tilhørende vurderinger knyttes til de ulike bruelementene.

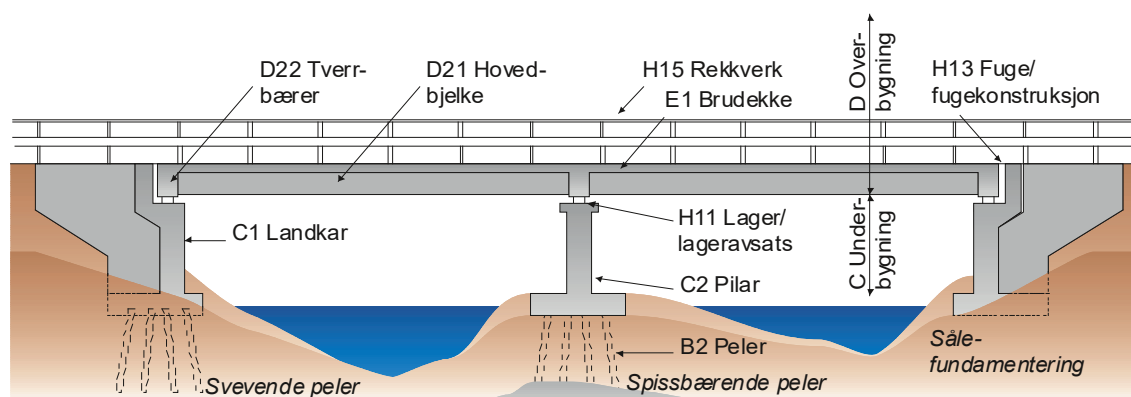
For hjelp til å bestemme skadegrad og skadekonsekvens, se kapittel 6 Beskrivelse av skadetyper og vedlegg V1 Eksempelsamling til skadetyper.

Ved spesialinspeksjon/hovedinspeksjon av store/spesielle bruer kan det være aktuelt å lage en utvidet rapport for mer detaljert beskrivelse, se vedlegg V3 Utvidet inspeksjonsrapport.

3.1 Lokalisering av skader

Bruer og andre konstruksjoner i vegnettet deles inn i brutyper som gjenspeiler overbygningens hovedbæresystem og utseende (platebru, bjelkebru osv.). Ei bru kan bestå av flere brutyper, f.eks. hengebru i hovedspennet og bjelkebru i sidespennene. Hver av brutypene deles inn i elementer, f.eks. landkar, pilarer osv. For nærmere beskrivelse se håndbok V440 Bruregistrering. Ved inspeksjoner blir skadebeskrivelsen knyttet direkte mot det enkelte element.

Inspektøren beskriver hvor en skade befinner seg på ei bru og hvor oppmålinger og materialundersøkelser er utført.



Figur 3-1 Elementinndeling for en typisk bjelkebru

3.1.1 Akseinndeling

Akseinndeling er bestemt i Brutus som oftest ut ifra konstruksjonstegninger. Dette er aktuelt for vegbruer og gang- og sykkelvegbruer. Merk at akseinndeling kan avvike fra retning på kilometrering på veg.

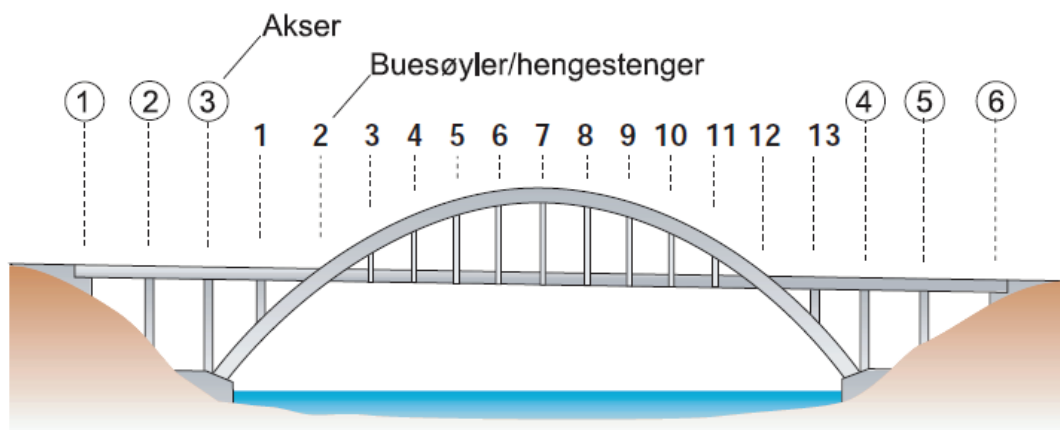
3.1.1.1 Akseinndeling store/spesielle bruer

For buebruer, fagverksbruer, hengebruer og skråstagbruer kan det være behov for å foreta en finere inndeling av hovedspennet enn det akseinndelingen gir. Denne finere inndelingen benyttes ved lokalisering og rapportering av skader og undersøkelser, men vil bare kunne legges inn i Brutus som tekst under skadebeskrivelsen.

I Brutus beskrives skade på f.eks. element D43 Hengestenger ved akse 3-4 og der beskrives hvor skaden er f.eks. Hengestang nr. 4.

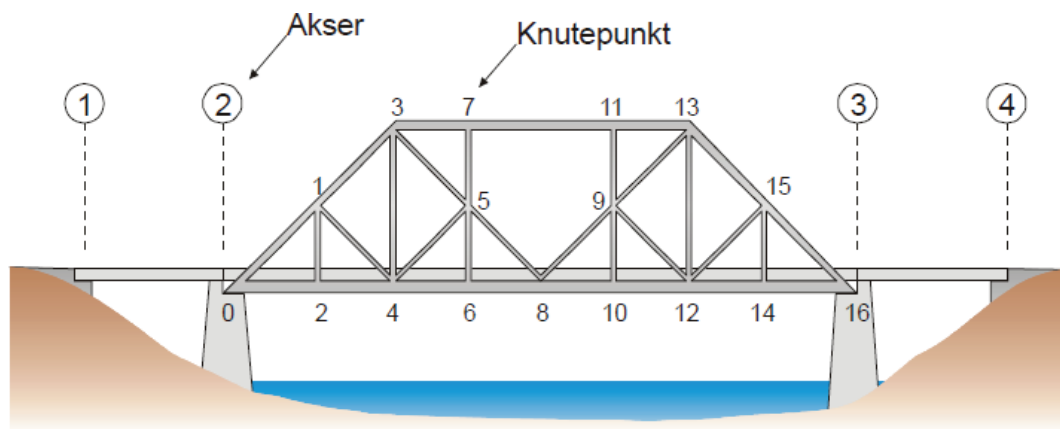
Nummerering angis enten som høyre / venstre i forhold til stigende akseretning, oppstrøms/ nedstrøms eller med himmelretninger.

For buebruer med buesøyler og/eller hengestenger som overfører lastene til buene anbefales nummerering utført som vist i figur 3-2.



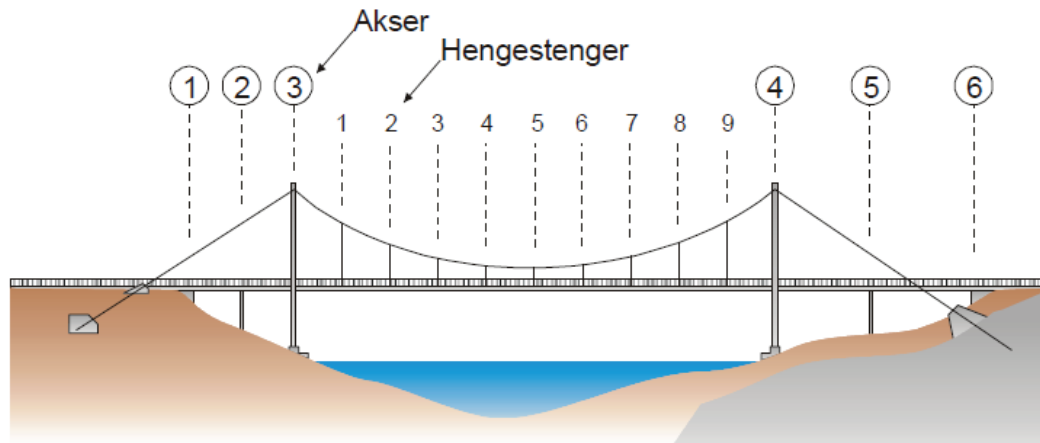
Figur 3-2 Akseinndeling og nummerering av buebruer

For knutepunktene i fagverk benyttes nummerering som på konstruksjonstegning der disse er tilgjengelige. Dersom knutepunktsinndeling mangler, se forslag figur 3-3.

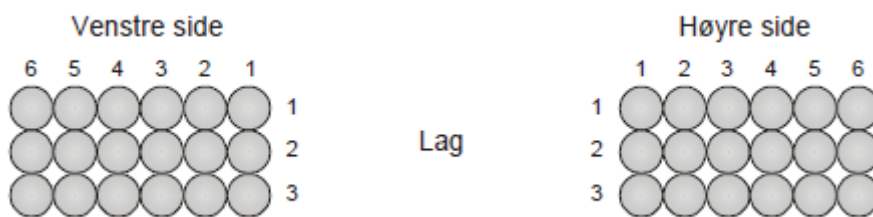


Figur 3-3 Akseinndeling og forslag til knutepunktnummerering av fagverksbruer

Hengebru er kan på samme måte som buebru er ha en inndeling av hengestenger i tillegg til aksene, se figur 3-4. Nummerering av kabelbunter, se figur 3-5.

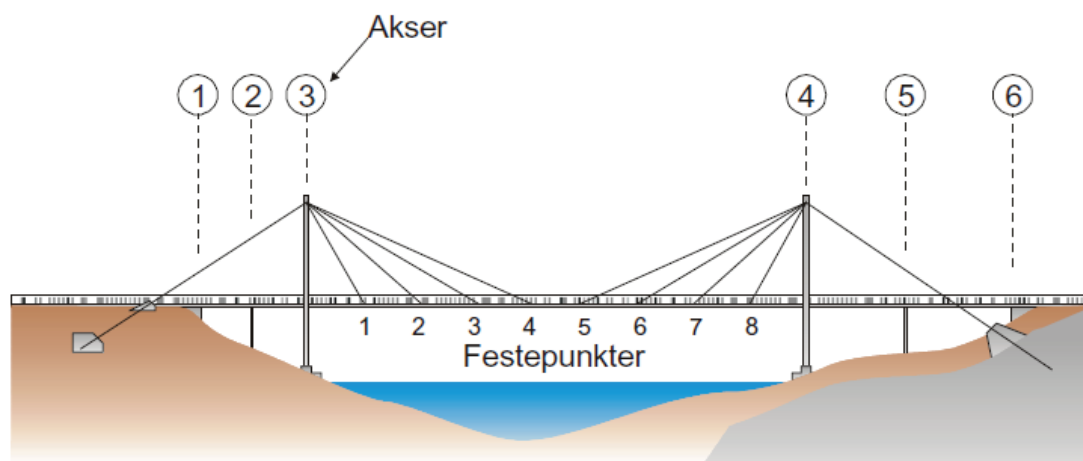


Figur 3-4 Akseinndeling og hengestangsnummerering av hengebru er



Figur 3-5 Nummerering av kabelbunt på hengebru er

På skråstagbru er kan det være aktuelt med nummerering av kablenes innfestingspunkter i overbygningen, se figur 3-6.



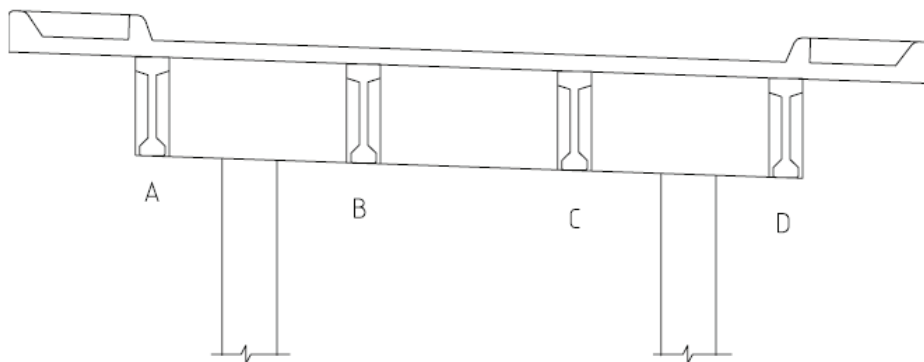
Figur 3-6 Akseinndeling og nummerering av skråstagbru er

3.1.2 Tverrsnitt - bjelkenummerering

Alle tverrsnitt tegnes slik at en ser i stigende akseretning. Angivelse av hvor tverrsnittet er plassert kan f.eks. være akse 3 + 5 m, se figur 3-7.

Venstre side eller høyre side kan benyttes for å angi entydig lokalisering i et tverrsnitt. Alternativt kan oppstrøms/nedstrøms eller himmelretninger benyttes.

Ved bjelketverrsnitt angis bjelkene med bokstaver eller tall, fra venstre mot høyre.



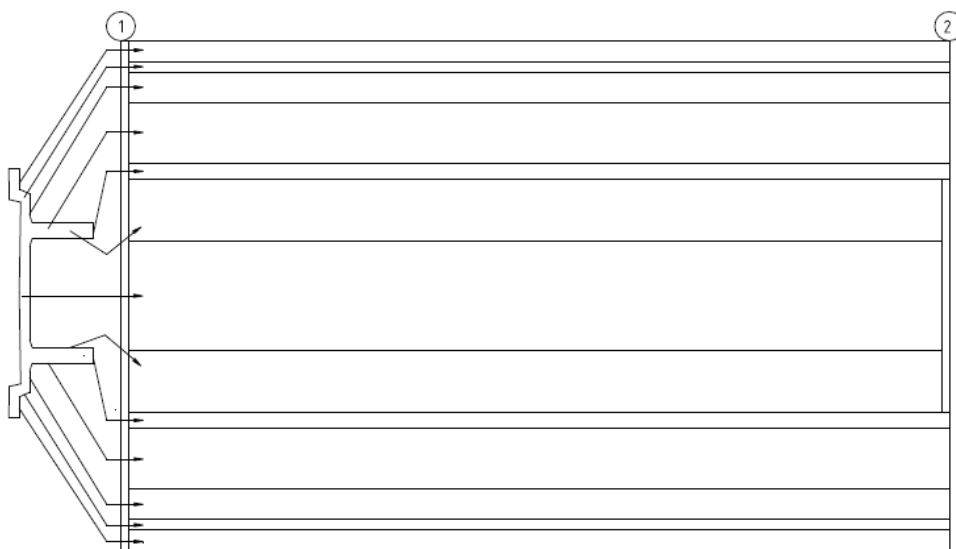
TVERRSNITT VED AKSE 3 + 5 M

Figur 3-7 Eksempel på bjelketverrsnitt

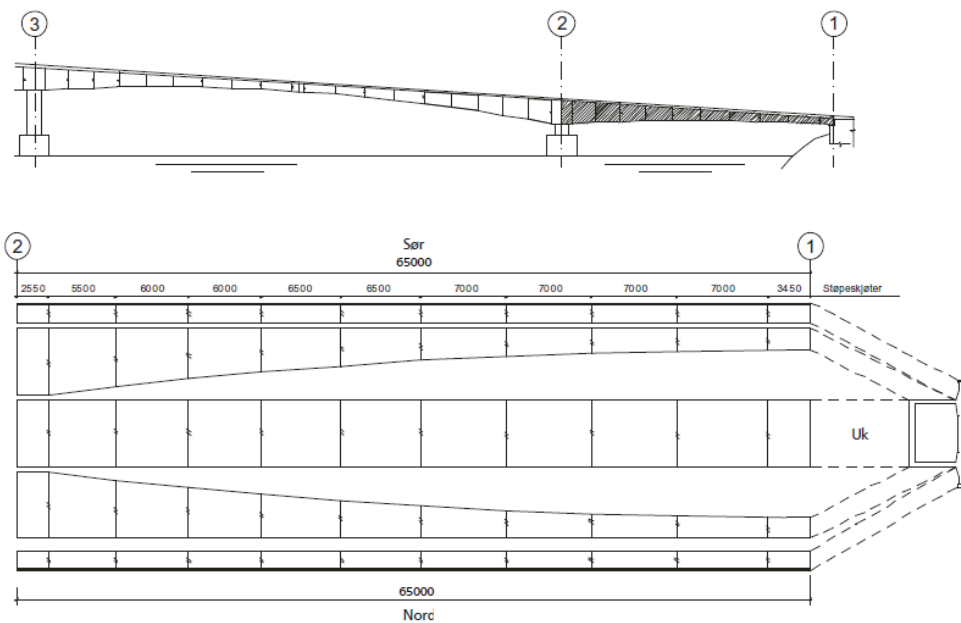
3.1.3 Utbretting

3.1.3.1 Utbretting av overbygning

I noen tilfeller kan det være aktuelt å brette ut overbygningens underside for å markere hvor skader og prøver er lokalisert.



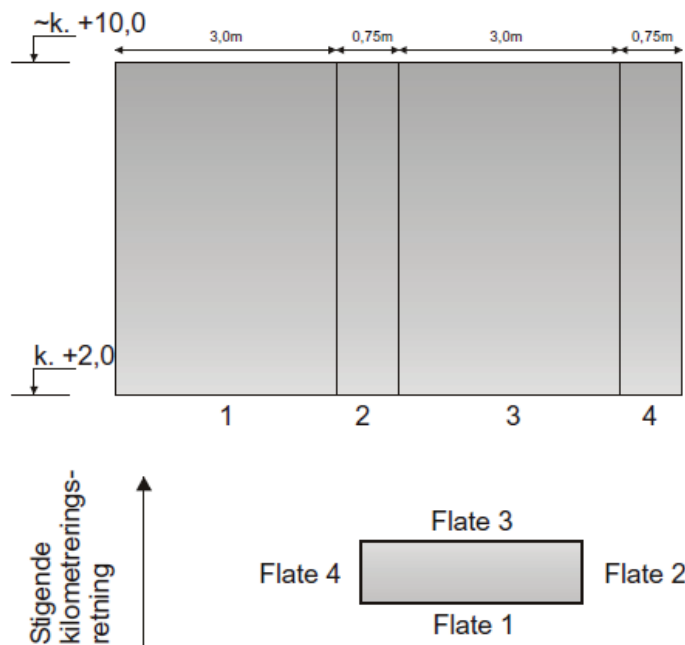
Figur 3-8 Eksempel på utbretting av bjelkebru



Figur 3-9 Eksempel på utbretting av kassebru

3.1.3.2 Utbretting av søyler og fundamenter

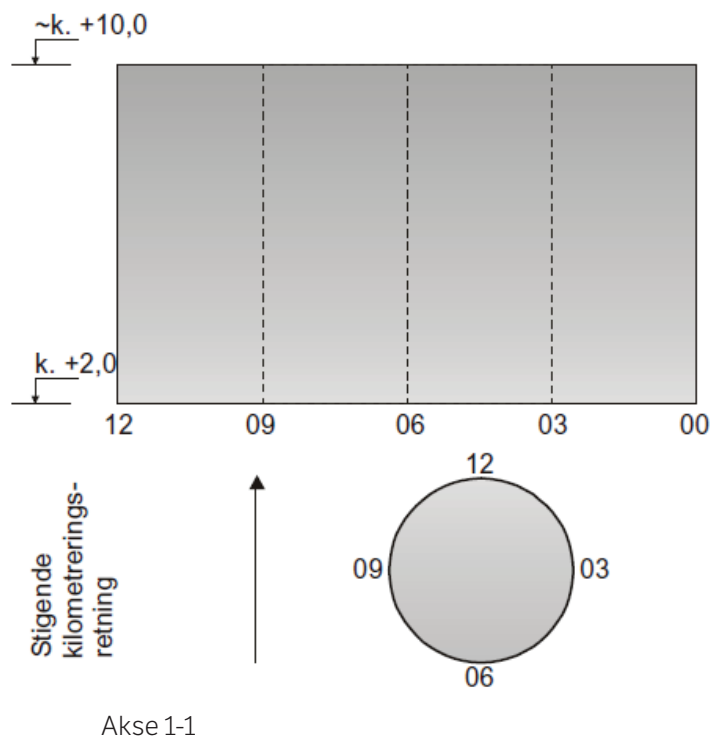
For rektangulære søyler plasseres sideflate 1 mot laveste aksenummer. De øvrige flater nummereres mot urviseren. Utbrettingen er slik at man ser inn på hver flate og slik at sider med felles hjørner naturlig henger sammen. Søylen åpnes i hjørnet mellom sideflate 1 og 4 slik at sideflatene på en utbrettet søyle tegnes i stigende rekkefølge fra venstre mot høyre.



Akse 1-1

Figur 3-10 Eksempel på sidenummerering og utbretting av en rektangulær søyle

Sirkulære søyler deles inn etter klokka, hvor kl 06 er mot akse 1. Utbrettingen skjer ved at søylen «åpnes» klokka 12 og brettes til begge sider. Den utbrettede søylen starter med kl. 12 til venstre og slutter med kl. 00 til høyre.



Figur 3-11 Eksempel på utbretting av sirkulær søyle

3.2 Skadebeskrivelse

Skadebeskrivelsen er en forklaring av det som observeres, måles eller som resultat av en prøve-taking, og den bør gi noen svar på noen spørsmål om skaden:

- Hva er skaden
- Hvor er skaden
- Hva er omfanget på skaden

Det beskrives hvor på brua og/eller elementet skader er lokalisert. Der det er hensiktsmessig kan man f.eks. gjøre det ved inntegning på skisser. For å gi en god beskrivelse av hvor skaden er lokalisert se kapittel 3.1 Lokalisering av skader.

For å kunne foreslå tiltak beskrives også skadeomfang. Eksempelvis registrering av skadet areal, løpemeter, antall eller volum.

Skader dokumenteres med bilder. Skadebeskrivelser og skisser/bilder er viktig for å kunne bedømme utvikling av skaden ved senere inspeksjoner.

Mulige konsekvenser skaden kan ha for hele brua kan også beskrives.

3.3 Skadetyper

For å ha en ensartet måte å beskrive skader på, brukes definerte skadetyper. Ved samme skadetype flere steder på samme element, så registreres skadetypen en gang med høyeste skadegrad.

Skadetyper som kan registreres i Brutus er gjengitt i tabellen under med en kort forklaring.

Se kap.	Nr.	Skadetype	Beskrivelse
6.1	10	Materialuavhengige skader	
	11	Setning	Vertikal bevegelse i grunnen og av elementer på grunnen.
	12	Bevegelse	Rotasjon/forskyvning av elementer i forhold til opprinnelige posisjon.
	13	Deformasjon	Bøyning (nedbøyning, utbøyning o.l.) av elementer.
	15	Brudd	Gjennomgående skade eller brudd i elementer og forbindelsesmidler.
	17	Lekkasje/fuktbelastning	Lekkasje av vann i inhomogene partier i materialer, fuger o.l. Gjentatt nedfukting som kan føre til skade.
	18	Misfarging	Tilsmussing av f.eks. rustvann, graffiti og annen misfarging
6.2	20	Skade i grunnen	
	21	Innsnevring	Innsnevring av vanngjennomløp på grunn av oppsamling av løsmasser, hugstavfall osv.
	22	Erosjon	Erosjon over og under vann. Erosjon av skråninger og fyllinger. Erosjon i bekker, elver og sund. Undergraving av fundamenter.
6.3	30	Skade på betong	
	14	Riss/sprekk	Alle typer riss og sprekker.
	16	Skade på overflatebehandling	Skade på overflatebehandling på bruelementer av betong, f.eks. riss eller avflaking.
	31	Liten/skadet overdekning	Overdekning som er for liten til å gi armeringen tilstrekkelig beskyttelse mot korrosjon, dvs. er karbonatisert, infisert av klorider o.l.
	32	Forvitring	Forvitring av betong på grunn av ytre påvirkninger, f.eks. frost.
	33	Støpesår	Sår i betongen som skyldes dårlig utstøping/komprimering.
	34	Bom	Heftsvikt og/eller delaminering.
	35	Avskalling	Alle typer avskalling.
	36	Armeringskorrosjon	Korrosjon på slakkarmering og/eller spennstål.
	37	Utvasking	Utvasking av betong under vann eller i vannpåkjennte områder.
6.4	40	Skade på stål	
	14	Riss/sprekk	Alle typer riss og sprekker.
	16	Skade på overflatebehandling	Skade på overflatebehandling.
	41	Løse skruer/nagler	Løse skruer og nagler i stålkonstruksjoner, rekkverk o.l.
	42	Korrosjon	Korrosjon på elementer av stål.
	43	Slitasje/gnisning	Slitasje og/eller gnisning på kabler, hengestenger o.l.
	44	Trådbrudd	Brudd på tråder i bærekabler og/eller i hengestenger av kabel.
6.5	50	Skade på stein	
	14	Riss/sprekk	Alle typer riss og sprekker.
	51	Utglidning	Utglidning av en eller flere steiner i landkar, pilarer, hvelv o.l.
	52	Utrasing	Utrasing av steinkjegler o.l.
6.6	60	Skade på tre	
	14	Riss/sprekk	Alle typer riss og sprekker.
	16	Skade på overflatebehandling	Skade på overflatebehandling.
	61	Mekanisk skade	Mekanisk skade/ knusing i treverket påført av en ytre påkjenning.
	62	Råte/nedbrytning	Råte og annen nedbrytning på treverk.
6.7	70	Skade på slitelag/ fuktisolasjon	
	14	Riss/sprekk	Alle typer riss og sprekker.
	71	Sporslitasje	Slitasje fra trafikk
	72	Ujevnhet	Alle typer ujevnheter på slitelag unntatt sporslitasje og blærer.
	73	Krakelering/hull	Krakelering/hull i slitelag av asfalt og betong.
	74	Blæring (paddehatter)	Kuleformede opphøyninger i slitelag av asfalt.
	75	Avflaking	Avflaking av slitelag av asfalt, epoksy o.l.
6.8	80	Mangel	
	81	Manglende rengjøring	Manglende fjerning av sand, grus, o.l. som kan føre til at andre skadetyper utvikler seg
	82	Manglende del	Mangel av hele eller deler av elementer.
	83	Manglende opprydding/fjerning	Manglende opprydding etter bygging eller manglende fjerning av forskaling, stag, vegetasjon på/ved brua, ting som er lagret under brua, osv.
6.9	90	Annen skade/mangel	

Tabell 3-1 Skadetyper

3.4 Skadegrad

Skadegrad benyttes for å angi en teknisk vurdering av skadens utvikling. Referansenivået er uskadet element.

- 1 Liten skade
- 2 Middels skade
- 3 Stor skade
- 4 Svært stor skade

Vurderingen gjelder for høyeste skadegrad for den registrerte skadetyper på elementet. Skadegrad tar utgangspunkt i observert tilstand, og eventuelle målinger og prøvetaking.

For noen skadetyper finnes det en skala for skadegrad, se kapittel 6 Beskrivelse av skadetyper. For andre må man benytte eksempelsamlingen for å angi skadegrad, se vedlegg V1 Eksemplarsamling til skadetyper.

3.5 Skadekonsekvens

Skadekonsekvens består av konsekvenstype og konsekvensgrad og benyttes sammen for å angi konsekvensen skaden har for hele brua, omgivelsene og brukerne av brua. En skadetype kan ha flere skadekonsekvenser.

3.5.1 Konsekvenstype

Konsekvenstype benyttes for å angi hvilke konsekvenser skaden har for hele brua, omgivelsene og brukerne av brua.

Følgende konsekvenstyper benyttes:

- B Skade som kan påvirke bæreevnen
- T Skade som kan påvirke trafikksikkerheten
- V Skade som kan øke vedlikeholdskostnadene
- M Skade som kan påvirke miljø/estetikk.

Rekkefølgen over angir rangering mellom de ulike konsekvenstypene, med B som den alvorligste konsekvenstypen.

3.5.2 Konsekvensgrad

Konsekvensgrad benyttes for å angi hvor alvorlig skaden er for hele brua, omgivelsene og brukerne av brua. Graderingen beskrives under de ulike konsekvenstypene.

Følgende konsekvensgrader benyttes:

- 1 Liten konsekvens. Ikke behov for tiltak
- 2 Middels konsekvens. Vurder om tiltak skal registreres i Brutus
- 3 Vesentlige konsekvens. Forslag til tiltak registreres i Brutus. Inspeksjonsintervall må vurderes.
- 4 Stor konsekvens. **Bruforvalter/oppdragsgiver kontaktes umiddelbart.**

3.5.3 Skadekonsekvens for bæreevne

Bruas bæreevne er bruas kapasitet i uskadd tilstand. Brua vil være overbelastet dersom belastningen er økt og /eller skader har redusert bæreevnen så mye at den ikke tåler tillatte trafikkklaster.

Overbelastning kan for eksempel oppstå ved for mye asfalt. Skader som påvirker bæreevnen kan for eksempel være setninger eller deformasjoner i landkar som påvirker opplegg av bjelker eller bruplate, korrosjon og tverrsnittsreduksjon på stålbjelker, mekanisk skade pga. påkjørsel eller brudd i betongbjelker.

- 1B Liten konsekvens for bruas bæreevne. Bæreevnen er i liten grad redusert og skaden er stabil.
- 2B Middels konsekvens for bruas bæreevne. Bæreevnen er noe redusert. Skaden kan utvikle seg.
- 3B Vesentlig konsekvens for bruas bæreevne. Bæreevnen er vesentlig redusert, men brua er ikke overbelastet.
- 4B Stor konsekvens for bruas bæreevne. Brua har redusert bæreevne og /eller kan være overbelastet. **Bruforvalter/oppdragsgiver kontaktes umiddelbart.**

3.5.4 Skadekonsekvens for trafikksikkerhet

Skader som påvirker trafikksikkerheten kan for eksempel være rekkverk med skader i innfesting, tverrsnittsreduksjon eller deformasjoner, eller nedfall som løs betong fra konstruksjonen.

- 1T Liten konsekvens for trafikksikkerheten og skaden er stabil.
- 2T Middels konsekvens for trafikksikkerheten. Trafikksikkerheten er noe redusert. Skaden kan utvikle seg.
- 3T Vesentlig konsekvens for trafikksikkerheten. Trafikksikkerheten er vesentlig redusert.
- 4T Stor konsekvens for trafikksikkerheten. **Bruforvalter/oppdragsgiver kontaktes umiddelbart.**

3.5.5 Skadekonsekvens for vedlikeholdskostnader

Ved fastsettelse av konsekvens tas det hensyn til hvor raskt en skade utvikler seg og hvor stor kostnadsøkningen kan bli dersom tiltak ikke blir gjennomført. Skader som påvirker vedlikeholdskostnadene kan for eksempel være ståloverflater med nedbrutt overflatebehandling, betongkonstruksjoner med avskallinger og armeringskorrosjon.

- 1V Liten konsekvens for vedlikeholdskostnader og skaden er stabil.
- 2V Middels konsekvens for vedlikeholdskostnader. Skaden kan utvikle seg.
- 3V Vesentlig konsekvens for vedlikeholdskostnader. Skaden kan utvikle seg raskt. Dvs. at man kan forvente at vedlikeholdskostnadene vil øke i løpet av de neste årene dersom tiltak ikke gjennomføres.
- 4V Stor konsekvens for vedlikeholdskostnader. Konsekvensreduserende tiltak vurderes for å begrense utviklingen. **Bruforvalter/oppdragsgiver kontaktes umiddelbart.**

3.5.6 Skadekonsekvens for miljø/estetikk

Skader som påvirker miljø/estetikk kan for eksempel være graffiti, mangler ved fugekonstruksjoner som fører til støy, eller skader på overflatebehandling som virker skjemmende.

- 1M Liten konsekvens for miljø/estetikk
- 2M Middels konsekvens for miljø/estetikk
- 3M Vesentlig konsekvens for miljø/estetikk
- 4M Stor konsekvens for miljø/estetikk. **Bruforvalter/ oppdragsgiver kontaktes umiddelbart.**

3.6 Bedømmelse av skader

3.6.1 Primærskader - følgeskader

En skade vil ofte være sammensatt av flere skadetyper. Der primærskaden og følgeskader opptrer sammen lokalt vil det være primærskaden vi velger å registrere som skadetype. Skaden beskrives med de skadetyperne som observeres, men bedømmes som en helhet. F.eks. armeringskorrosjon opptrer ofte sammen med avskalling. Skadetyper som da registreres er 36 armeringskorrosjon.

I andre tilfeller vil en skadetype (primærskade) føre til at andre skadetyper utvikler seg som følgeskader på andre steder. F.eks. manglende utkast i vannavløpshull som har fuktet undersiden av bruplatten, som igjen har ført til armeringskorrosjon og som igjen har ført til avskalling rundt avløpsutsparring. Primærskaden vil være manglende avløpsrør, men vi registrerer også armeringskorrosjon med avskalling i underkant plate.

Under er det listet opp noen eksempler på primærskader og mulige følgeskader:

- Setning av landkar og pilarer vil føre til deformasjon av overbygning for kontinuerlige bruer.
- Riss/sprekk i betong kan føre til lekkasje/fuktbelastning.
- Lekkasje/fuktbelastning kan i mange tilfeller føre til misfarging.
- Liten/skadet overdekning vil ofte føre til armeringskorrosjon og avskalling.

Det er viktig å være klar over denne sammenhengen mellom primærskader og følgeskader både ved bedømmelse av skader og ved bestemmelse av reparasjonsmetode. I de fleste tilfeller må primærskaden avdekkes for å kunne utarbeide en egnet reparasjonsbeskrivelse. Reparasjoner rettet kun mot følgeskader blir sjelden vellykkede.

3.6.2 Skadeutvikling

Kritiske skader som allerede har redusert bæreevnen eller trafikk sikkerheten er som regel enkle å ta stilling til da tiltak må iverksettes raskt.

Skader som er under utvikling er derimot vanskeligere å bedømme. I slike tilfeller er det viktig å kartlegge følgende forhold:

- 1 Hvor lang tid har det tatt for å utvikle den observerte skaden
- 2 Hvor raskt er det sannsynlig at den vil utvikle seg i tiden framover

Observasjoner fra tidligere inspeksjoner vil være verdifulle i forbindelse med bedømmelse av hvor raskt en skade har utviklet seg.

Det kan også være slik at skader er under initiering uten at det har oppstått synlige skader (f.eks. kloridinntrengingen er i ferd med å nå armering uten at det foreløpig har oppstått armeringskorrosjon).

Som hjelp til å bestemme utviklingen av en skade kan det utføres oppmålinger og materialundersøkelser. Nivellement kan f. eks. benyttes til å kartlegge utviklingen av setninger, mens måling av armeringsoverdekning og karbonatiseringsdybde/kloridinnhold over tid kan benyttes for å bedømme faren for framtidig armeringskorrosjon. Ved alkalireaksjoner kan f.eks. systematisk måling av rissvidder eller måling av fugeåpninger gi informasjon om ekspansjonshastighet.

I vurderingen av nedbrytningshastighet er det viktig å merke seg at skader kan ha forskjellig utviklingsforløp på ulike deler av brua/bruelementet. Dette kan skyldes lokale forskjeller i miljøbelastning/klimapåvirkning og/eller lokale forskjeller i materialkvalitet.

Hvor på brua skadeutviklingen følges opp, velges utifra hvilke elementer som er kritiske for brua og hvor skadeutviklingen antas å gå raskest. Tilgjengelighet av prøvepunktet må også tillegges vekt, slik at det er praktisk å få gjennomført oppfølgende prøvetakinger/målinger.

En skade kan utvikle seg med følgende forløp:

- Ingen utvikling
- Avtagende utvikling
- Jevn utvikling
- Akselererende utvikling

Disse utviklingsforløpene er illustrert i figur 3-12. I det etterfølgende er det gitt en mer detaljert beskrivelse av de forskjellige utviklingsforløpene.

Ingen utvikling

Eksempel på dette er en skade pga. påkjørsel. Denne oppstår plutselig og utvikler seg som regel ikke. Enten er skaden så liten at den ikke trenger å gjøres noen med eller så er den så alvorlig at det må gjøres noe med en gang. For betong og stål må en likevel være oppmerksom på at mindre påkjørselsskader som ikke repareres på sikt kan føre til følgeskader som f.eks. korrosjon.

Avtagende utvikling

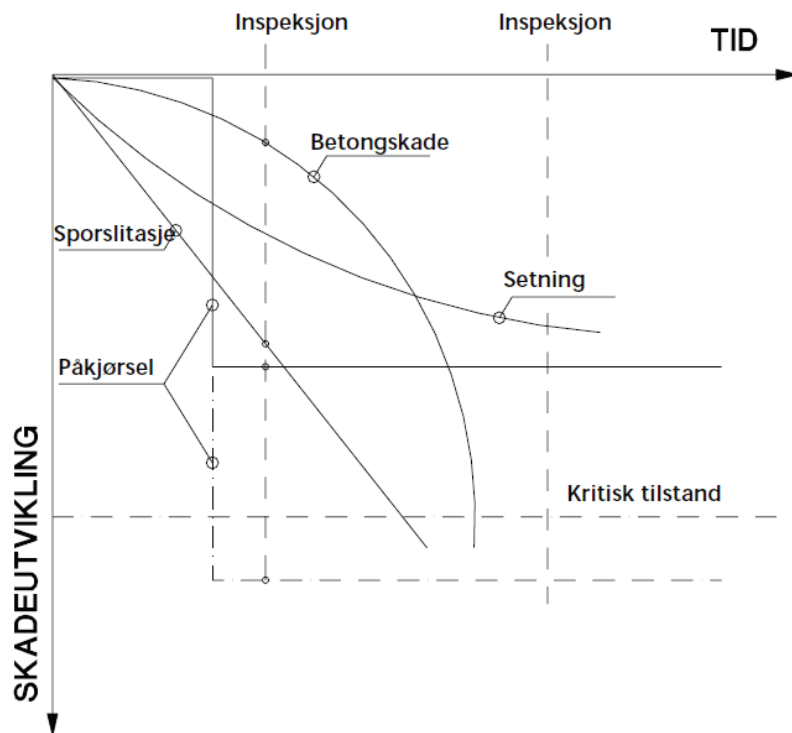
Eksempel på en skade med avtagende utvikling kan være setning. Normalt vil en setning gå raskt til å begynne med for så å avta. Man skal imidlertid være oppmerksom på at setninger også kan vise jevn og i enkelte tilfeller akselererende utvikling.

Jevn utvikling

Eksempel på en skade med jevn utvikling er sporslitasje. Utvikling av sporslitasje vil normalt være omtrent lineær, men økning av slitasjen når sporene blir dype må påregnes fordi trafikken da blir mer konsentrert. Et annet eksempel er nedbryting av overflatebehandling på stål som gradvis øker før det oppstår korrosjon på stålet.

Akselererende utvikling

Eksempel på skader med akselererende utvikling er liten/skadet overdekning og følgeskader som armeringskorrosjon og avskalling. Ettersom overdekningen blir karbonatisert eller infisert av klorider, vil korrosjonsprosessen starte på armeringsjernene med minst overdekning og det vil etterhvert bli avskallinger over disse jernene. Etterhvert som karboniseringsfronten eller kloridene trenger dypere inn i betongen, vil korrosjonshastigheten på korroderende armering øke, og korrosjon vil oppstå på nye armeringsjern. Dermed blir det en akselererende utvikling både av armeringskorrosjon og avskalling.



Figur 3-12 Eksempler på skadeutvikling

3.7 Skadeårsaker

Grunnlaget for å bestemme skadeårsak er visuell kontroll, eventuelt supplert med oppmålinger og materialundersøkelser, men det er også viktig å ha god kunnskap om prosjektering, bygging og forvaltning av bruer. Ved beskrivelse av et vedlikeholdstiltak er det nødvendig å bestemme den primære skadeårsaken riktig for at vedlikeholdstiltaket skal bli vellykket.

Skadeårsaker som kan registreres i Brutus er opplistet nedenfor. En skade kan ha flere årsaker.

Det stilles ikke krav til at skadeårsaker angis ved enkelinspeksjon, men ved de øvrige inspeksjonene registreres skadeårsak(er) når det er mulig.

10 Prosjekteringsfeil

- 11 Mangelfullt regelverk
- 12 Avvik fra standard (den standard som gjaldt da brua ble bygd)
- 13 Feil materialvalg
- 14 Feil i beregninger
- 15 Feil utforming

20 Materialfeil

- 21 Materialfeil, sammensetning (f.eks. feil proporsjonering av betong)
- 22 Materialfeil, fasthet
- 23 Materialfeil, laminering
- 24 Materialfeil, oppsprekking
- 25 Alkalireaktivt tilslag
- 26 Innstøpte klorider

30 Utførelsesfeil

- 31 Stillassetning
- 32 Feilplassert armering
- 33 Feil utstøpning
- 34 Manglende bearbeiding
- 35 Manglende herdetiltak
- 36 For tidlig belastning (før betongen har fått den foreskrevne fastheten)
- 37 Monteringsfeil

40 Manglende drift/vedlikehold**50 Miljøangrep**

- 51 Frostangrep
- 52 Kloridangrep
- 53 Karbonatisering
- 54 Utluting (utvasking av kalken i betong, sees som kalkutfelling)
- 55 Biologisk angrep (sopp, pelemark, osv.)
- 56 Kjemisk angrep (syrer osv.).

60 Belastning

- 61 Trafikklast
- 62 Jordtrykk
- 63 Islast
- 64 Strømlast
- 65 Vindlast
- 66 Temperatur
- 67 Svinn/kryp
- 68 Overlast slitelag

70 Ulykkeslast

- 71 Påkjørsel
- 72 Påsegling
- 73 Flom
- 74 Jord-/snøskred
- 75 Eksplosjon
- 76 Brann

80 Bruksskade

- 81 Normal nedbrytning/slitasje (av slitelag, overflatebehandling, osv.)
- 82 Følgeskade (f.eks. deformasjon av overbygning pga. setning, misfarging pga. lekkasje/fuktbelastning)
- 83 Brøyteskade
- 84 Hærverk

90 Annen/ukjent

4 Sårbarhetsvurdering

En sårbarhet er en egenskap ved brua eller omgivelsene som kan påvirke bruas funksjonalitet og sikkerhet. Slike sårbarheter registreres i Brutus når det ikke vurderes som en skade. Det kan også knyttes et tiltak til sårbarheten. Slike tiltak prioriteres sammen med andre registrerte tiltak i Brutus.

Følgende sårbarheter kan registreres:

- **Brann og eksplosjon**

Brua kan være sårbar for brann f.eks.

- Tynne tverrsnitt, liten overdekning, brennbare konstruksjonsmaterialer
- Lekkasje av brennbar væske ned i lukket drenering

Dersom brua er sårbar for brann må man være spesielt oppmerksom på lagring av brennbare materialer, nærhet til bygninger eller lekkasje av brennbare væsker.

- **Flom**

Brua kan være sårbar for flom f.eks.

- Innsnevring av flomløp
- For lite vanngjennomløp
- Lav høyde over elv
- Dårlig/manglende erosjonssikring
- Dårlig fundamentering

- **Skred**

Brua kan være sårbar for skred f.eks.

- Ligger nedenfor eller krysser en foss
- Fundamentering i områder med kvikkleire
- Ligger ved foten av et skredutsatt fjellparti
- Ligger i et snøskredutsatt område

- **Isgang**

Brua kan være sårbar for isgang f.eks.

- Tidlig flom i islagte elver

- **Påkjørsel**

Brua kan være sårbar for påkjørsel f.eks.

- Lav høyde over veg
- Lett brukonstruksjon over veg
- Pilarer med dårlig kapasitet mot sidekrefter

- **Framkommelighet**

Framkommeligheten kan bli redusert ved f.eks.

- Behov for innsnevring av gang- eller kjørebane i forbindelse med vedlikeholdsarbeid
- Manglende omkjøringsmulighet ved ulykke eller bruvedlikehold
- Smalere vegbredde på brua enn på veg inn mot brua

- **Trafikksikkerhet**

En registrert sårbarhet for trafikksikkerhet betyr at brua har et vesentlig avvik fra gjeldende vegnormalkrav, f.eks.

- Rekkverk som ikke er i henhold til dagens standard
- Dårlig veg-geometri
- Vegkryss tett på brua

- **Bæreevne**

Brua er sårbar for overbelastning, f.eks.

- En gangbru som ikke er dimensjonert for biltrafikk kan ha sårbar bæreevne dersom brua mangler fysisk hindring og har adkomst for kjøretøy
- Lette brukonstruksjoner kan ha mindre kapasitet mot overbelastning fordi trafikklasten utgjør en større del av bruas totalbelastning enn den gjør for en tyngre brukonstruksjon.

5 Tiltak

På bakgrunn av inspeksjonen og tilstand på brua kan bruinspektøren foreslå ett eller flere tiltak. Se kapittel 3.5.2 Konsekvensgrad for når tiltak beskrives. Tiltakene registreres i Brutus og vil senere være grunnlag for innspill til budsjettarbeidet.

Under beskrives de ulike tiltakstypene som kan registreres i Brutus.

5.1 Driftstiltak

Gjennomføring av planlagte oppgaver som er nødvendig for at brua skal fungere som forutsatt.

Sikre at brua fungerer slik den er tiltenkt, dvs. sørge for at den er åpen og tilgjengelig for trafikantene.

Driftstiltak kan omfatte:

- Rengjøring av de forskjellige elementene på brua.
- Opprensning/opprydding over og under vann
- Daglige driftsoppgaver på bevegelige bruer
- Renovasjon
- Kontroll/service av utstyr

Bruinspektøren kontrollerer at dette er utført som forutsatt.

Driftstiltak utføres av driftsentreprenøren i henhold til håndbok R610 Standard for drift og vedlikehold av riksveger.

5.2 Vedlikehold

Tiltak for å rette på akutte skader eller tiltak som ikke kan planlegges på lang sikt.

Dette kan f.eks. være oppretting/ utskifting av deler av skadet rekkverk eller fugekonstruksjon, oppfylling etter undergraving osv.

Vedlikehold utføres med bakgrunn i funn gjort under inspeksjoner eller melding om skade etter uhell.

- Grunnarbeider etter erosjon, undergraving osv.
- Utskifting av skadede elementer av betong, stål, stein, tre eller annet materiale
- Utskifting av skadet bru- og kaiutstyr

Planlagte tiltak for å opprettholde bruens standard.

Tiltakene utføres før det oppstår skader og ofte med regelmessige intervaller. Dette kan f.eks. være påføring av vannavvisende impregnering på betong ved regelmessige intervaller. Det kan også være tiltak som utføres etter forutgående vurdering av tilstanden, f.eks. overflatebehandling av betongbruer for å forebygge skader pga. karbonatisering og kloridinntrengning, overflatebehandling av stål, eller asfaltering når spordybden har nådd nivået som vedlikeholdsstandarden beskriver.

- Overflatebehandling av stål
- Overflatebehandling av betong
- Overflatebehandling av tre
- Slitelag- og membranarbeider

Planlagte tiltak som utføres for å gjenopprette et skadet elements funksjonsdyktighet.

Det kan f.eks. være mekanisk reparasjon av betongskader, større oppretting/utskifting av rekkverk, fuger, lager osv.

- Reparasjon av betongskader over/under vann
- Reparasjon av skader på elementer av stål, stein, tre og evt. andre materialer
- Reparasjon av skader på bru- og kaiutstyr

5.3 Fornyelse

Man tar ut restlevetiden av eksisterende bru og ny bru vurderes.

5.4 Forsterkning

Tiltak som øker bæreevnen for ei bru eller et element, skadet eller ikke skadet, i forhold til opprinnelige bæreevne.

Forsterkninger utføres når aksellaster skal heves, økning av trafikkmengde tilsier at det er behov for det eller dersom det avdekkes mangler, f.eks. prosjekteringsfeil.

5.5 Ombygging

Tiltak som endrer en bru eller et bruelements funksjon, arealbruk eller standard for å bedre framkommelighet og/ eller trafiksikkerhet. Kan også være et alternativ til å utføre vedlikeholdstiltak der det er store skader.

Ombygging kan omfatte:

- Breddeutvidelse
- Påhengning av gangbaner
- Økning av frihøyder
- Utskifting av brudekker
- Utskifting av hele overbygningen
- Utskifting eller ombygging av underbygning

5.6 Kontrollberegning – kontroll av bæreevne

Tiltaket utføres når det er påvist skader, feil eller mangler som kan ha betydning for bruas bæreevne.

En kontroll av bruas bæreevne må inkludere:

- Eventuelle tilleggslaster, f.eks. fra alkalireaksjoner i betong eller økt asfalttykkelse
- Eventuelle svekkelser av bruelementer, f.eks. redusert stål-/armeringstverrsnitt pga. korrosjon

Basert på beregningene gjøres en ny vurdering av konsekvens og eventuelle videre tiltak.

«Mye riss» er et symptom på enten nedbrytning eller overbelasning og kan vanskelig inngå som parameter i beregningene.

5.7 ROS – analyse

ROS- analyse kan utføres når skader, utforming eller omgivelser gjør brua utsatt/sårbar for hendelser.

En ROS-analyse kan medføre at inspeksjonsintervallet endres, se håndbok R411 Bruforvaltning riksveg og håndbok N401 Bruforvaltning fylkesveg.

ROS-analyse kan utføres ved f.eks. følgende sårbarheter:

- Lavt rekkverk, sårbar for Trafikksikkerhet
- Manglende sikkerhetsgjerde over utløp, sårbar Trafikksikkerhet
- Påkjørt og reparert flere ganger, sårbar Påkjørsel
- Rasutsatt bru, sårbar Skred/ras
- Elva har gått opp i brudekket, sårbar Flom
- Brua stenges ved flom, sårbar Flom
- Stor vannføring ved flom og fare for erosjon under fundamenter, sårbar Flom
- Forskyvning i rør pga. flom, sårbar Flom
- Undergraving av fundamenter, sårbar Flom

5.8 Innmåling/ oppmåling

Det kan være nødvendig å supplere den visuelle kontrollen med innmåling/oppmålinger når det er behov for ekstra oppfølging og/eller avdekke skjulte skader

Innmåling/ oppmåling kan omfatte:

- Innmåling av brua og grunnen
- Setningsmåling av pilarer, sårbar bæreevne
- Asfalttykkelse må kartlegges
- Oppmåling av skader

5.9 Materialundersøkelse

Det kan være nødvendig å supplere den visuelle kontrollen med materialundersøkelse når det er behov for ekstra oppfølging og/eller avdekke skjulte skader

Eksempel på tiltak Materialundersøkelse

- Kontroll av karbonatisering, fasthet og klorider
- Utføre materialundersøkelse ved en spesialinspeksjon

6 Beskrivelse av skadetyper

Kapittelet gir en generell beskrivelse av de ulike skadetyper og er et hjelpemiddel for å vurdere betydningen av skader for den enkelte bru.

For skadeeksempler, se vedlegg V1 Eksempelsamling til skadetyper.

Kapittelet 6 er inndelt slik:

- 6.1 Materialuavhengig skade
- 6.2 Skade i grunnen
- 6.3 Skade på betong
- 6.4 Skade på stål
- 6.5 Skade på stein
- 6.6 Skade på tre
- 6.7 Skade på slitelag/ membran
- 6.8 Mangel
- 6.9 Annen skade/mangel

Hver skadetype er redigert på følgende måte:

Beskrivelse

Beskrivelse av den aktuelle skadetyper.

Skadegrad

For noen skadetyper finnes det en skala for skadegrad. For andre må man benytte eksempelsamlingen for å angi skadegrad, se vedlegg V1 Eksempelsamling til skadetyper.

Skadekonsekvens

For hver skadetype gis det en beskrivelse av mulig konsekvenstype. Graderingen av konsekvensgrad beskrives under kapittel 3.5.3 Skadekonsekvens for bæreevne, kapittel 3.5.4 Skadekonsekvens for trafiksikkerhet, kapittel 3.5.5 Skadekonsekvens for vedlikehold og kapittel 3.5.6 Skadekonsekvens for miljø/estetikk.

Skadeårsak

Mulige årsaker til at skadetyper har oppstått.

Det er øverste nivå for skadeårsak som er beskrevet. For å se tilhørende underpunkter, se kapittel 3.7 Skadeårsaker.

Forslag til tiltak

Forslag til tiltak for å følge opp en skade eller for å rette opp skaden.

Aktuelle oppmålinger/ materialundersøkelser

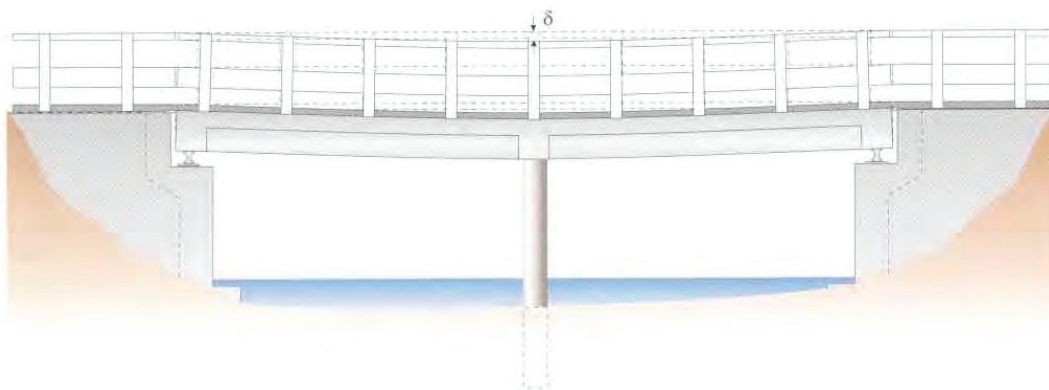
Oppmålinger/materialundersøkelser som kan utføres for å avdekke skjulte skader, konstatere omfang, anta framtidig utvikling og/eller skadeårsak.

6.1 Materialuavhengig skade

Materialuavhengig skade er inndelt i følgende skadetyper og kan benyttes for alle element- og materialtyper:

- 11 Setning
- 12 Bevegelse
- 13 Deformasjon
- 15 Brudd
- 17 Lekkasje/fuktbelastning
- 18 Misfarging

6.1.1 Setning



Figur 6-1 Setning

Beskrivelse

Vertikal bevegelse av grunnen bak landkar, under vingemurer, i fyllinger osv. Vertikal bevegelse utvikler seg slik at det kan påvirke elementene landkar, vinger og pilarer som står på grunnen. Setning av disse elementene kan videre føre til deformasjon og bevegelse av overbygningen, det vises til skadetype 13 Deformasjon og 12 Bevegelse.

Skadegrad

For hjelp til å angi skadegrad, se vedlegg V1 Eksempelsamling til skadetyper.

Skadekonsekvens

Setninger i grunnen kan ha betydning for bæreevne, trafikksikkerheten, vedlikeholdskostnadene og miljøet.

Setning bak landkar kan føre til en høydeforskjell i kjørebanelen i overgangen mellom fylling og dekke. Dette får betydning for trafikksikkerheten. Høydeforskjellen kan også føre til slag i fuger og dermed støyplager for eventuelle beboere nær brua.

Skadeårsak

- | | |
|-----------------------|---|
| - Prosjekteringsfeil: | Grunnens bæreevne overvurdert |
| - Materialfeil: | Feil masser i tilbakefylling |
| - Utførelsesfeil: | Ikke utført som beskrevet |
| - Belastning: | Fra trafikk eller pålasting av grunnen, f.eks. i forbindelse med byggearbeider i nærheten |
| - Ulykkeslast: | F.eks. flom |
| - Bruksskade: | Følgeskade pga. erosjon/undergraving i grunnen |

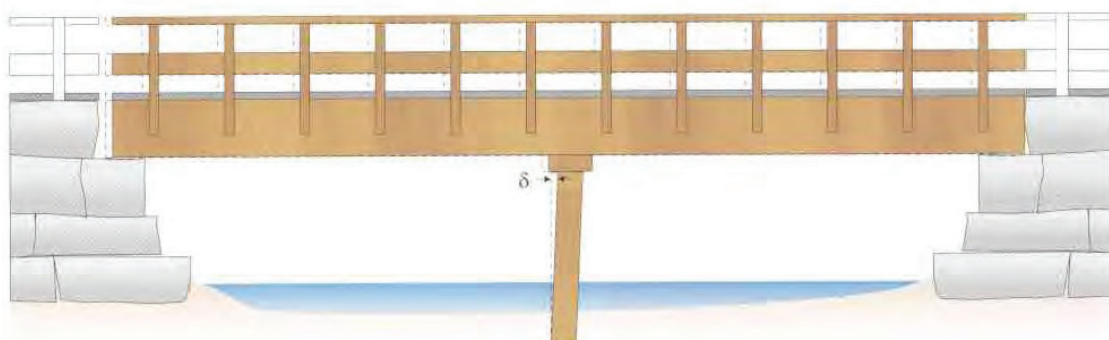
Forslag til tiltak

- Oppfylling/utskiftning med egnede masser. Ved små høydeforskjeller i kjørebanelen repareres skaden ved å utjevne forskjellen med asfalt.
- Refundamentering
- Stenge veien

Aktuelle oppmålinger

- Nivellement
- (Jevnhetsmålinger)
- Geotekniske vurderinger

6.1.2 Bevegelse



Figur 6-2 Bevegelse

Beskrivelse

Bevegelse av bruelementer i forhold til opprinnelig plassering. F.eks. horisontal forskyvning eller rotasjon av landkar, pilarer, del av overbygning, glidning av hengestangs-fester på hovedkablene, siging av kablers forankringskonus i kabelhoder, lokal forskyvning av plank i tverroppspente dekker osv. Ved vertikal bevegelse brukes skadetype 11 Setning. Bevegelser kan ofte sees på lagre og i fugespalter. Bevegelse av bruelementer i overbygningen kan videre føre til deformasjon av bruelementer i underbygningen, det vises til skadetype 13 Deformasjon.

Skadegrad

For hjelp til å angi skadegrad, se vedlegg V1 Eksempelsamling til skadetyper.

Hengestangsfester:

Skadegrad settes ut fra glidningens størrelse, men må også sees i sammenheng med relativ pilhøyde for hovedkablene.

Følgende skala for glidning av hengestangsfester kan benyttes for å angi skadegrad:

- | | | |
|-----|---------------------------------|-------------|
| 1 | glidning < 25 mm ved spennvidde | < 200 m |
| 1 | glidning < 50 mm ved spennvidde | 200 - 500 m |
| 2-3 | glidning > 25 mm ved spennvidde | < 200 m |
| 2-3 | glidning > 50 mm ved spennvidde | 200 - 500 m |

For større spennvidder må det gjøres egne vurderinger.

Følgende skala for siging av en kabel eller hengestang innstøpt i et kabelhode kan benyttes for å angi skadegrad:

- 2 for siging < 5 mm
- 3-4 for siging > 5 mm

Skadekonsekvens

Bevegelser påvirker normalt vedlikeholdskostnader, men kan også gå ut over bæreevnen. Dette gjelder spesielt på skjeve bruer på grunn av sideveis forskyvning av overbygning, og kontinuerlige bruer på grunn av tilleggsspenninger bevegelsen gir.

Ved store bevegelser relatert til alkalireaksjoner må hele konstruksjonen vurderes med hensyn på funksjon og bæreevne.

Utskikende deler langs/på vegbanen kan påvirke trafiksikkerheten.

Hengestangsfester:

Ved glidning av hengestangsfester vil bæreevnen påvirkes da nabohengestengene påføres tilleggskrefter.

Siging av en kabel eller hengestang innstøpt i et kabelhode vil påvirke bæreevnen da kabelen med tiden kan trekkes ut av hodet.

Skadeårsak

- | | |
|--------------------------------|--|
| - Prosjekteringsfeil: | Grunnens bæreevne overvurdert, jordtrykk undervurdert
For lite klemkraft i hengestangsfester |
| - Materialfeil: | Feil masser i tilbakefylling
Ekspansjon av bruelementer pga. alkalireaksjoner |
| - Utførelsesfeil: | Feil materiale i innstøpingsmassen i kabelhodet
Fundamenteringen er ikke utført som beskrevet
For tykt lag med maling gir glidesjikt |
| - Belastning: | Fra trafikk |
| - Manglende drift/vedlikehold: | F.eks. manglende rengjøring av fuger
F.eks. ikke utført etteroppspanning |
| - Ulykkeslast: | F.eks. flom, påkjørsel |
| - Bruksskade: | F.eks. følgeskade |

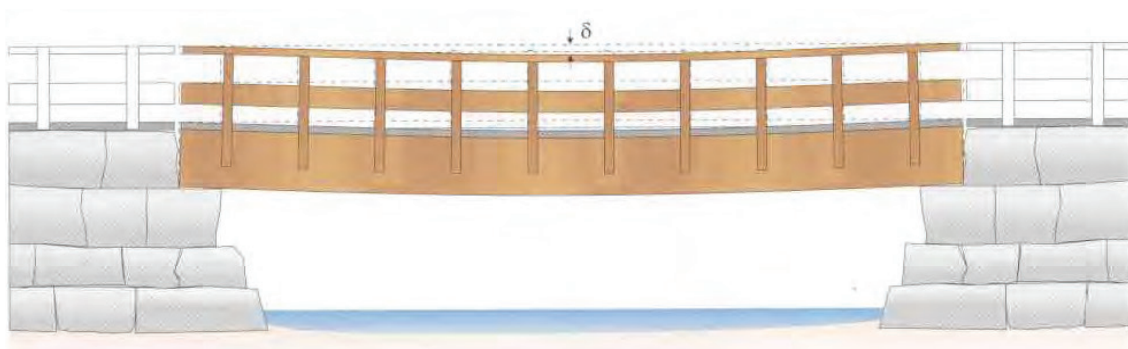
Forslag til tiltak

- Rengjøring av fuger
- Oppjekking og justering av lagre og evt. overbygning
- Utskifting til lette masser for å redusere jordtrykket
- Ved store bevegelser relatert til alkalireaksjoner kan utløsning av tvangskrefter være nødvendig, f.eks. ved kapping av fuger i brudekket
- Justering/utskifting av hengestenger
- Etteroppspanning av stag
- Forsterkning eller ombygging

Aktuelle oppmålinger

- Oppmåling av bevegelse
- Målinger av horisontalavstander, forskyvninger

6.1.3 Deformasjon



Figur 6-3 Deformasjon

Beskrivelse

Med deformasjon menes at et bruelement har blitt bøyd i forhold til sin opprinnelige form og kan ha fått ekstra last eller redusert kapasitet. Eksempler er permanent nedbøyning av hovedbæresystem, dekke o.l. i egenvekttilstand, deformasjon av korrugerte stålrør pga. setning eller utbøyning av elementer som f.eks. rekkverk, landkar, pilarer, staver i fagverk, hengestenger på grunn av for store nyttelaster, deformasjon på grunn av ekspansjoner som følge av alkalireaksjoner i betong e.l.

Skadegrad

For hjelp til å angi skadegrad, se vedlegg V1 Eksempelsamling til skadetyper.

Skadekonsekvens

Deformasjon av bærende elementer kan tyde på for lav bæreevne, overbelastning eller ekspansjon av betongelementer pga. alkalireaksjoner.

For kontinuerlige bruer vil deformasjon av overbygningen pga. setning av landkar/pilarer påvirke bæreevnen. I mange tilfeller er det tatt hensyn til differansesetninger i prosjekteringen, og dette må være med i vurdering av skadekonsekvens.

Deformasjon på grunn av setninger kan også påvirke framtidige vedlikeholdskostnader da betongens langtidsdeformasjon på grunn av kryp vil gjøre jekking vanskelig dersom dette ikke gjøres i tide.

Deformasjon av fagverksstaver og hengestenger vil påvirke bæreevnen. Vær spesielt oppmerksom på utbøyde trykkstaver. Deformasjoner kan også påvirke utseendet.

Ved unormale langtidsdeformasjoner pga. egenvekt kan både trafiksikkerhet, vedlikeholdskostnader og miljø påvirkes.

Skadeårsak

- Prosjekteringsfeil: Underdimensjonering eller feil forutsetninger
- Utførelsesfeil: Setning i stillaset under bygging, påført utilsiktede laster
Feil montering
- Materialfeil: Ekspansjon av betongen pga. alkalireaksjoner
- Belastning: Overbelastning ved tungtransport, for tykt asfaltslitelag
Ekspansjon av tilstøtende betongelementer pga. alkalireaksjoner
- Ulykkeslast: F. eks. påkjørsel av staver i fagverk
- Bruksskade: Følgeskade, f.eks. deformasjon pga. setning

Forslag til tiltak

- Jekking og justering av lagre (kontinuerlige bruer)
- Oppretting
- Fjerne evt. utilsiktede laster, f.eks. asfalt
- Forsterkning eller ombygning
- Utskifting
- Utløsning av tvangskrefter pga. alkalireaksjoner, f.eks. frigjøring og oppretting av søyler

Aktuelle oppmålinger

- Nivellement
- Oppmåling av utbøyninger, deformasjoner

6.1.4 Brudd**Beskrivelse**

Gjennomgående skader i hele eller deler av et bruelement, f.eks. gjennomgående sprekker, knusningssoner i betongen, sprekker i konstruksjonsstål, sveiser, skruer og nagler eller bruddsoner i trematerialet.

Skadegrad

For hjelp til å angi skadegrad, se vedlegg V1 Eksempelsamling til skadetyper.

Skadekonsekvens

For bærende elementer vil brudd ha konsekvens for bæreevnen. For ikke-bærende elementer kan brudd ha innvirkning på trafiksikkerheten, framtidige vedlikeholdskostnader og/eller miljøet.

Skadeårsak

- | | |
|-------------------------------|---|
| - Prosjekteringsfeil: | For små utvidelsesmuligheter, uheldige detaljer, utmatting av stål. |
| - Materialfeil: | Ekspansjon av betongen pga. alkalireaksjoner. Svakhet i stein. |
| - Utførelsesfeil: | Oppspenning før betongen har fått foreskrevet fasthet kan føre til brudd i betongen. For hard tiltrekning, feil klinking eller feil i sveisingen på stål. |
| - Manglende drift/vedlikehold | |
| - Belastning: | Fra trafikk, jordtrykk, setninger e.l. Ekspansjon av tilstøtende betongelementer pga. alkalireaksjoner. |
| - Ulykkeslast: | F. eks. påkjørsel |
| - Bruksskade: | F.eks. følgeskade |

Forslag til tiltak

- Mekanisk reparasjon av betong
- Reparasjon av stål og tre
- Utskifting av elementer med brudd
- Forsterkning eller ombygning

6.1.5 Lekkasje/fuktbelastning**Beskrivelse**

Lekkasje/fuktbelastning på grunn av mangelfull tetting/drenering. Slitelag som har sprekker, hull, eller det mangler underliggende fuktisolering. Lekkasje av vann gjennom riss, støpesår og andre svekkelser i betong. Lekkasje mellom elementer, i fuger eller på grunn av uheldige konstruksjonsløsninger.

Lekkasje/fuktbelastning kan gi følgeskader som korrosjon, skade på overflatebehandling og misfarging av overflater (kalkutfelling på betongoverflate). Fuktbelastning kan føre til sterkt redusert levetid for elementer av tre.

For lekkasje/fuktbelastning som påvirker utseendet vises det til skadetype 18 Misfarging.

Skadegrad

For hjelp til å angi skadegrad, se vedlegg V1 Eksempelsamling til skadetyper.

Skadekonsekvens

Lekkasje/fuktbelastning kan ha betydning for vedlikeholdskostnadene. Det kan påvirke trafiksikkerheten ved at det danner seg istapper og glatte veibaner vinterstid. Lekkasje/fuktbelastning kan også påvirke bæreevnen dersom korrosjon får anledning til å utvikle seg.

Skadeårsak

- Prosjekteringsfeil: Uheldig utforming eller detaljløsninger som fører til nedfukting.
- Materialfeil: F. eks. feil sammensetning av betongen som kan gjøre den porøs. Betongen er ikke vanntett.
- Utførelsesfeil: Betongen er dårlig komprimert (porøs). Svanker fører til manglende avrenning og fare for lekkasje/fuktbelastning. Sammenføyninger/lasker som ikke er tette.
- Manglende drift/vedlikehold
- Bruksskade: F.eks. følgeskade
- Belastning

Forslag til tiltak

- Tette fuger, spalter, sprekker o.l.
- Skifte ut til drenerende masser
- Etablering av drensutkast
- Mekanisk reparasjon av betong
- Tette eller beskytte med beslag e.l.
- Reparasjon av lokale skader
- Ny fuktisolasjon/slitelag på brudekker
- Stoppe/endre vannavrenning
- Sporfylling

6.1.6 Misfarging

Beskrivelse

Med misfarging menes at overflaten er tilsmusset eller at fargen varierer uakseptabelt mye. Skadetyperen omfatter alle former for misfarging pga. vann, søle, rustvann, graffiti, begroing av alger og mose m.m.

Skadegrad

For hjelp til å angi skadegrad, se vedlegg V1 Eksempelsamling til skadetyper.

Skadekonsekvens

Misfarging påvirker normalt miljøet, men kan også påvirke vedlikeholdskostnadene.

Skadeårsak

- Prosjekteringsfeil: Uheldig utforming kan gi ujevn vannavrenning og dermed ujevn avvasking av smuss på overflaten. For korte eller feil plasserte vannavløp fører ofte til misfarging. Dårlig tetting eller lekkasje.
- Materialfeil: Det er benyttet varierende betongsammensetning under støping eller feil type reparasjonsmørtel til reparasjoner.
- Utførelsesfeil: Ujevn påføring av formolje og ujevn vibrering. Ulike herdebetingelser. Dårlig utførte reparasjoner. Dårlig utført flekking av overflatebehandling. Dårlig utførelse av detaljer.
- Manglende drift/vedlikehold: Manglende rengjøring.
- Bruksskade: F.eks. følgeskade (fra lekkasje/fuktbelastning), hærverk.

Forslag til tiltak

- Periodisk rengjøring
- Overflatebehandling for å forbedre utseendet
- Stoppe/endre vannavrenning

6.2 Skade i grunnen

Skade i grunnen er inndelt i følgende skadetyper:

- 21 Innsnevring
- 22 Erosjon

6.2.1 Innsnevring

Beskrivelse

Innsnevring av vanngjennomløp på grunn av opphopning av løsmasser, kvist, drivtømmer e.l. Innsnevring vil øke vannhastigheten og endre strømningsforholdene, noe som videre kan føre til erosjon og undergraving, eller at hele veien graves vekk av vannmassene.

Skadegrad

For hjelp til å angi skadegrad, se vedlegg V1 Eksempelsamling til skadetyper.

Skadekonsekvens

Innsnevring kan påvirke bæreevnen, trafiksikkerheten og vedlikeholdskostnadene:

- Økt risiko for erosjon og undergraving som kan føre til redusert bæreevne og dermed økte kostnader for vedlikehold.
- Oppstuvning av vann spesielt i kombinasjon med isgang kan føre til at vannet renner over vegen og dermed påvirker trafiksikkerheten.

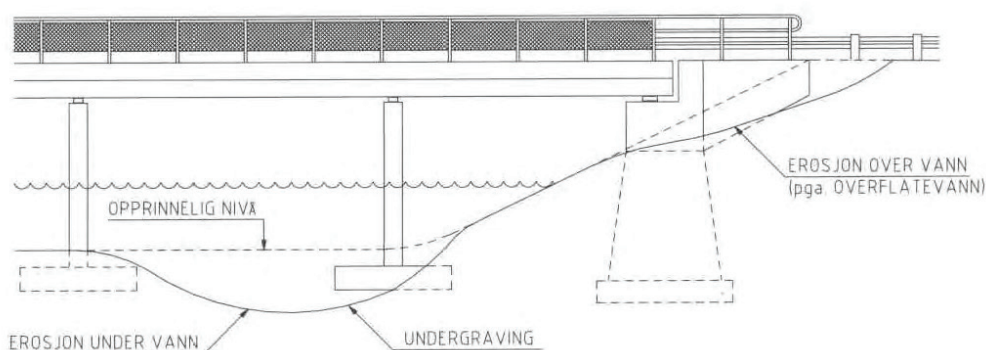
Skadeårsak

- Manglende drift/vedlikehold: F.eks. manglende opprensning av gjennomløp
- Ulykkeslast: F.eks. flom, jord-/snøskred

Forslag til tiltak

- Opprensning i vannløpet
- Reetablering av opprinnelig vanngjennomløp
- Spesielle tiltak ved oppdemming
- Hydrologiberegninger

6.2.2 Erosjon



Figur 6-4 Erosjon

Beskrivelse

Skadetyperen omfatter erosjon av grunnen over og under vann. Under vann kan det f.eks. være erosjon av naturlig bunnivå eller erosjonsbeskyttelse. Dersom erosjon ikke stoppes i tide kan fundamenter bli undergravd. Over vann omfatter skadetyperen erosjon av fyllinger og skråninger inntil landkar og pilarer.

Skadegrad

For hjelp til å angi skadegrad, se vedlegg V1 Eksempelsamling til skadetyper.

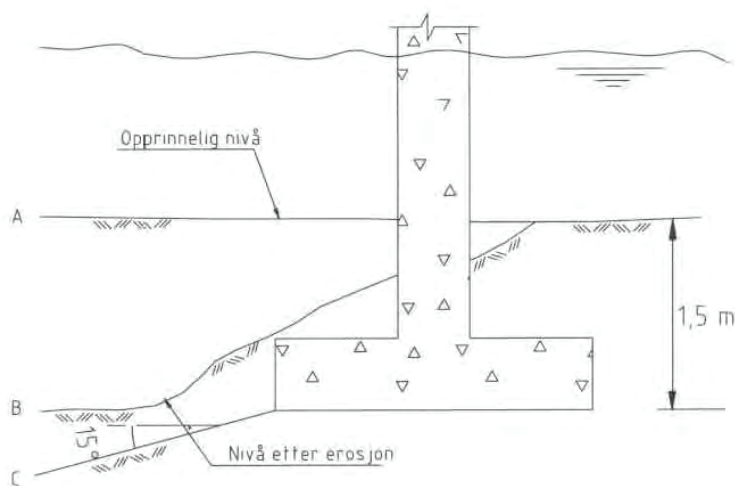
Skadekonsekvens

Under vann

Erosjon under vann kan påvirke både bæreevnen og vedlikeholdskostnadene.

Bæreevne:

- Erosjon i et gjennomløp kan redusere bæreevnen til et fundament fordi massene rundt det fjernes. Fundamenter uten peler er spesielt utsatt. Se figur. Faren for undergraving er stor.
- Sålefundamenter vil alltid få redusert bæreevne om de undergraves, setninger kan oppstå.
- Setninger av fundamenter vil gi deformasjoner i overbygningen og kan føre til sammenbrudd av deler av eller hele brua.
- Fundamenter på peler har normal bæreevne uten masser under fundamentet, men frilagte peler vil være sårbare for f. eks. is, drivtømmer, råte og bør derfor beskyttes.
- Erosjon kan påvirke bæreevnen til friksjonsspeler og knekkingsvurdering på grunn av redusert sidestøttelse fra jord.



Figur 6-5 Erosjon kan påvirke bæreevnen og vedlikeholdskostnadene

Figuren viser at dersom erosjonen gjør at bunnivået senkes fra opprinnelig nivå A (bæreevnen er 100 %) til nivå B, reduseres bæreevnen til 50 %. Dersom erosjonen får fortsette slik at bunnivået senkes til nivå C, reduseres bæreevnen til 25 % av den opprinnelige.

Vedlikeholdskostnader:

Selv mindre skader på en erosjonsbeskyttelse har en tendens til å akselerere og bli kostbare å utbedre. Spesielt ved en flomsituasjon er det viktig at erosjonsbeskyttelsen er i orden. Hvis ikke kan det oppstå undergraving som kan få store konsekvenser for bæreevnen.

Over vann

Erosjon over vann kan påvirke bæreevnen, trafikksikkerheten, vedlikeholdskostnadene og miljøet. Når stabiliserende masser rundt et landkar fjernes kan bæreevnen reduseres. Erosjon kan føre til hull og skader på kjørebane og dermed fare for trafikantene. Omfanget av skadene kan øke betydelig dersom det ikke utføres tiltak for å stoppe erosjonen. Eroderte skråninger kan påvirke det visuelle inntrykket av brua.

Skadeårsak

- | | |
|--------------------------------|--|
| - Prosjekteringsfeil: | Feil utforming eller manglende hensyn til bortledning av overflatevann i planleggingen. Feil utforming av brua ved at den gir innsnevring av gjennomløpet og dermed større vannhastighet. Manglende erosjonsbeskyttelse. |
| - Utførelsesfeil: | Ikke utført som beskrevet. |
| - Manglende drift/vedlikehold: | Oppdemming av vannløpet på grunn av kvist, jord, stein o.l. |
| - Ulykkeslast: | Erosjon/undergraving forårsaket av stor vannføring ved flom osv. |
| - Bruksskade: | F.eks. følgeskade pga. endringer i vannløpet etter grunnarbeider i nærheten. |
| - Annen/ukjent: | Strømningsforholdene er endret pga forhold i vassdraget ovenfor brua. |

Forslag til tiltak

Under vann:

- Opprensk av vannløpet
- Vannløpet bringes tilbake til opprinnelig leie
- Skadet erosjonsbeskyttelse repareres
- Erosjonsbeskyttelse etableres
- Tilbakefylling under og inntil fundamentet med egnede løsmasser
- Understøp av fundamenter dersom det er forsvarlig ut fra fundamentets bæreevne. Pelefundamenter må vurderes spesielt.
- Etablering av terskel nedstrøms for å minske vannhastighet/erosjonssannsynlighet. Må ev gjøres i samråd med/tillatelse fra NVE .

Over vann:

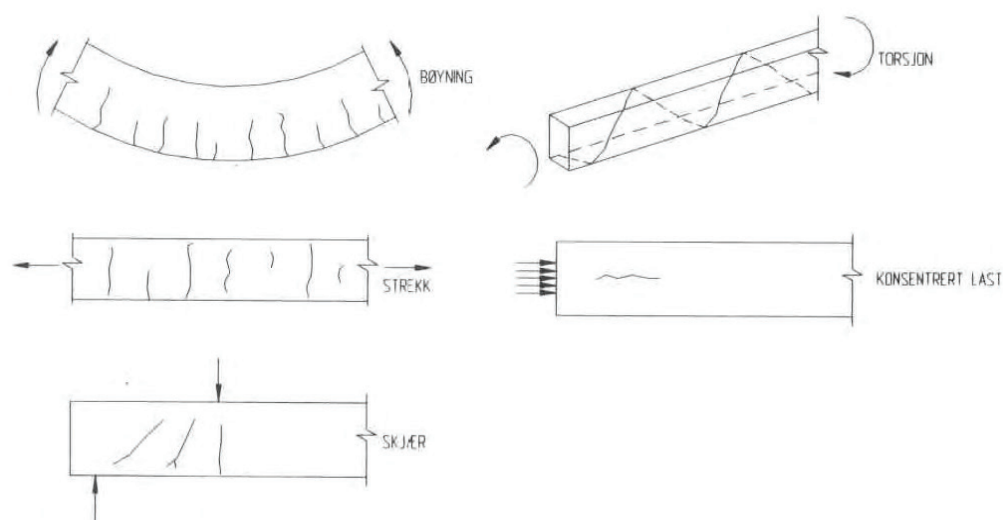
- Oppfylling med nye egnede masser
- Steinsetting av skråninger
- Forbedring av dreneringssystem for bortledning av overflatevann
- Tilsåing/beplantning for å binde massene.

6.3 Skade på betong

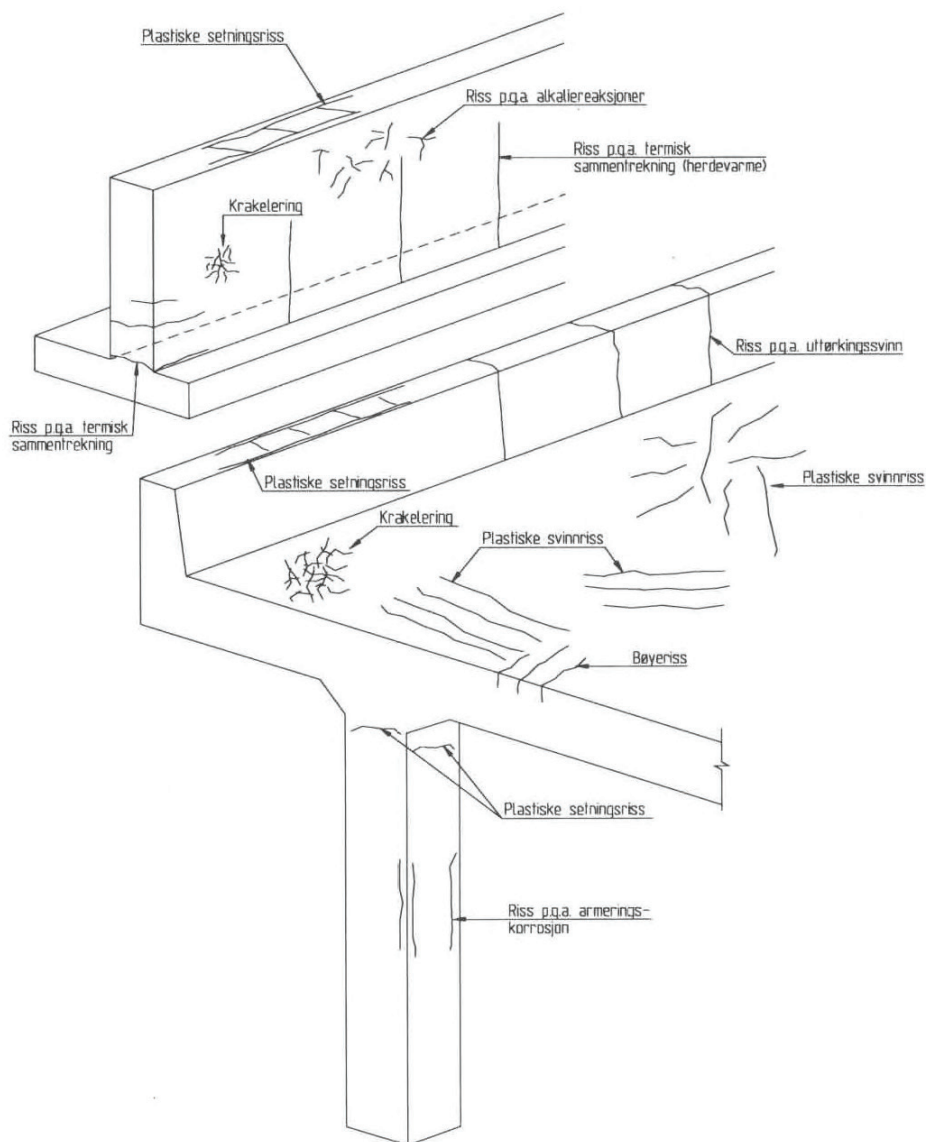
Skade på betong er inndelt i følgende skadetyper:

- 14 Riss/sprekk
- 16 Skade på overflatebehandling
- 31 Liten/skadet overdekning
- 32 Forvitring
- 33 Støpesår
- 34 Bom
- 35 Avskalling
- 36 Armeringskorrosjon
- 37 Utvasking

6.3.1 Riss/sprekk i betong



Figur 6-6 Forskjellige typer riss/sprekker som kan oppstå på grunn av ytre belastninger



Figur 6-7 Forskjellige typer riss som kan forekomme på betongbruer

Beskrivelse

Skadetypen omfatter alle typer riss og sprekker i betong. Betong har lav strekkfasthet. Dette betyr at riss i betong som er påkjent av bøyning eller strekk er normalt, men rissene skal være innenfor visse grenseverdier.

Bruer med glatt armering kan få grove riss med lengre avstand mellom rissene enn det som er tilfelle for kamstål. Spennarmerte konstruksjoner skal normalt ikke ha riss.

Skadegrad

Det må skilles mellom riss som skyldes pågående nedbrytningsmekanismer (f.eks. armeringskorrosjon og alkalireaksjoner), riss som skyldes feil i byggefasen (svinn, setning, temperaturgradienter) og riss som skyldes belastning (underdimensjonering eller overbelastning).

Ved enkeltriss kan skadegrad settes ut fra rissets størrelse.

Følgende skala kan benyttes for fastsettelse av skadegrad:

Skadegrad 1	Riss/sprekk < 0,3 mm
Skadegrad 2	Riss/sprekk 0,3 – 1,0 mm
Skadegrad 3	Riss/sprekk 1,0 – 2,0 mm
Skadegrad 4	Riss/sprekk > 2,0 mm

Ved systematisk opprissing (f.eks. krakeleringsriss eller flere riss vertikalt på lastretning) kan skadegrad settes ut fra beregnet rissindeks:

Skadegrad 1	Rissindeks < 0,5 ‰
Skadegrad 2	Rissindeks 0,5-1,0 ‰
Skadegrad 3	Rissindeks 1,0-2,0 ‰
Skadegrad 4	Rissindeks > 2,0 ‰

Dersom skadegrad satt basert på enkeltriss er forskjellig fra skadegrad satt basert på rissindeks, så velges høyeste enkelt skadegrad.

Skadekonsekvens

Grove riss/sprekker kan være tegn på at bæreevnen er for lav og kan føre til armeringskorrosjon. Riss/sprekker med fuktgjennomgang vil være vesentlig farligere med hensyn på armeringskorrosjon enn tørre riss.

Riss/sprekker i betong kan påvirke vedlikeholdskostnadene. Avhengig av beliggenhet kan riss/sprekker også ha konsekvens for bruas estetikk.

Skadeårsak

- Prosjekteringsfeil: For lite armering / høye armeringsspenninger i bruksgrensetilstanden.
- Materialfeil: Feil sammensetning av betongen kan gi svinnsprekker eller riss pga. store temperaturgradienter i herdefasen. Ekspansjon av betongen som følge av alkalireaksjoner kan føre til riss/sprekker.
- Utførelsesfeil: Dårlig utført støpearbeid og etterbehandling kan føre til setningsriss, riss på grunn av plastisk svinn, uttørkingssvinn og riss pga. herdevarme/temperaturgradienter.
- Manglende drift/vedlikehold: Dårlig rengjøring av fuger kan gi uforutsette belastninger.
- Miljøangrep: Aggressivt miljø, f.eks. riss på grunn av kloridinitiert armeringskorrosjon.
- Belastning: Fra f. eks. trafikk, setning, e.l. Ekspansjon av tilstøtende betongelementer pga. alkalireaksjoner.
- Ulykkeslast: F. eks. påkjørsel
- Bruksskade: F.eks. følgeskade

Forslag til tiltak

- Overflatebehandling med rissoverbyggende egenskaper
- Forsegling av riss/sprekker
- Injisering av riss/sprekker
- Forsterkning
- Kontrollberegning

Aktuelle oppmålinger/materialundersøkelser

- Oppmåling av rissvidder og rissmønster
- Opphugning
- Uttak av borkjerner for laboratorieundersøkelser, f.eks. strukturanalyser (plan- og tynnsliipsanalyser)
- Uttak av kloridprøver

6.3.2 Skade på overflatebehandling

Beskrivelse

Skader på overflatebehandling på bruelementer av betong, dvs. vannavvisende impregnering, maling/belegg, eller slemming/porefylling. Skadene kan være avflaking, krakelering, blæring, fargeskjolder og/eller at overflatebehandlingen ikke oppfyller de funksjonskravene som er satt. Overflatebehandling på betong beskytter betongen mot miljøpåkjenninger og forbedre utseendet.

Skadegrad

For hjelp til å angi skadegrad, se vedlegg V1 Eksempelsamling til skadetyper.

Skadekonsekvens

Skader på overflatebehandlingen vil påvirke vedlikeholdskostnadene. Skader på overflatebehandlingen kan gi økt kloridinntrengning og karbonatiseringshastighet som videre kan føre til armeringskorrosjon og avskalling.

Miljøet kan påvirkes dersom brua er skjemmende eller har innvirkning på miljøet den befinner seg i, f.eks. hvis overflatebehandlingen flasser av og havner i vassdrag.

Skadeårsak

- | | |
|--------------------------------|---|
| - Prosjekteringsfeil: | Det er beskrevet feil type overflatebehandling |
| - Materialfeil: | Det er benyttet feil type overflatebehandling |
| - Utførelsesfeil: | Dårlig forbehandling eller påføring i fuktig/kaldt klima |
| - Manglende drift/vedlikehold: | Av overflatebehandlingen |
| - Miljøangrep: | Aggressivt miljø kan bryte ned overflatebehandlingen raskere enn forutsatt. |
| - Bruksskade: | Normal nedbrytning/slitasje |

Forslag til tiltak

- Regelmessig vasking og fornying av overflatebehandling
- Fjerning av eksisterende overflatebehandling og påføring av ny

Aktuelle materialundersøkelser

- Tykkelse av overflatebelegg på betong
- Heft mellom overflatebelegg og betong
- Inntrengningsdybde for vannavvisende impregnering
- Måling av kloridinnhold og karbonatiseringsdybde

6.3.3 Liten/skadet overdekning

Beskrivelse

Overdekningen er armeringens korrosjonsbeskyttelse. Nødvendig overdekning avhenger av betongkvalitet og miljø. Overdekningen vil ha redusert virkning dersom den er mindre enn forutsatt, er gjennomkarbonatisert, inneholder for mye klorider eller er skadet på annen måte (feil på armeringsstoler, spiker, bindtråd, trebiter osv.). Liten/skadet overdekning kan føre til armeringskorrosjon (skadetype 36) og betongavskalling (skadetype 35).

Skadegrad

For hjelp til å angi skadegrad, se vedlegg V1 Eksempelsamling til skadetyper.

Skadekonsekvens

For liten eller skadet overdekning vil ha konsekvenser for framtidige vedlikeholdskostnader da det må settes i verk tiltak for å hindre at fuktighet, aggressive stoffer og gasser trenger inn til armeringen og forårsaker korrosjon og avskalling.

Skadet/liten overdekning på brudekker av betong kan påvirke bæreevnen, hvis betongtverrsnittet blir mindre.

Skadeårsak

- Prosjekteringsfeil: Det er beskrevet for liten overdekning eller for lav betongfasthet. Armeringsutforming kan være dårlig. Regelverket ved prosjekterings-tidspunktet kan ha vært mangelfullt i forhold til de aktuelle klimapåkjenningene.
- Utførelsesfeil: Armeringen er lagt med for liten overdekning eller armeringen er bundet for dårlig, tråkket ned e.l. Betongen er dårlig komprimert og/eller herdevilkår og -temperatur har gitt en opprisset og/eller porøs betongoverflate.
- Miljøangrep: Brua ligger i et aggressivt klima og er utsatt for klorider e.l.

Forslag til tiltak

- Periodisk vedlikehold (overflatebehandling)
- Økning av overdekning med sprøytemørtel, kapasitet må kontrolleres
- Mekanisk reparasjon med fjerning av kloridholdig/karbonatisert betong
- Katodisk beskyttelse

Aktuelle materialundersøkelser

- Overdekningsmålinger
- Måling av karbonatiseringsdybde
- Måling av kloridinnhold

6.3.4 Forvitring**Beskrivelse**

Omfatter forvitring av betongoverflaten over og under vann. Ved forvitring omdannes betongen i overflaten til mindre løse partikler. Dersom bare sementlimet angripes, blottlegges tilslaget. Forvitring skyldes ytre påvirkninger som f.eks. frostangrep, syreangrep eller salter. Frostangrep forsterkes når klorider er tilstede. I en tett betong vil angrepet gå langsomt fra overflaten og innover i betongen. Forvitring kan føre til skadetype 36 Armeringskorrosjon.

Skadegrad

For hjelp til å angi skadegrad, se vedlegg V1 Eksempelsamling til skadetyper.

Skadekonsekvens

Forvitring kan påvirke bæreevnen dersom bærende betongtverrsnitt reduseres. Overflateskader kan utvikle seg til skader som går i dybden og påvirke framtidige vedlikeholdskostnader.

Forvitring av betong kan påvirke trafiksikkerheten på grunn av nedfall av løs betong.

Skadeårsak

- Prosjekteringsfeil: Det er beskrevet en betong med for høyt v/c-tall og for lavt luftinnhold. Uheldig utforming tillater vann og andre skadelige stoffer i å komme i kontakt med overflaten.
- Materialfeil: Feil sammensetning av betongen kan gjøre den porøs og lite frostsikker. Det kan være benyttet tilslag som ikke er frostbestandig. Betongen er ikke motstandsdyktig mot miljøpåkjenninger.
- Utførelsesfeil: Betongen er dårlig komprimert (porøs) og separert. Manglende herdetiltak kan gi en opprisset overflate. Betongen har frosset under herding.
- Miljøangrep: Klorider i miljøet øker risikoen for frostforvitring. Endringer i miljøpåkjenningene etter at brua var ny har gitt tilgang på syrer/sulfater/salter.

Forslag til tiltak

- Fjerning av løs betong som kan falle ned på trafikkerte områder
- Mekanisk reparasjon
- Forbedre vannavrenningen
- Kappestøp
- Nedsetting av tillatte trafikkklaster

Aktuelle oppmålinger/materialundersøkelser

- Oppmåling av omfang

6.3.5 Støpesår

Beskrivelse

Støpesår, over og under vann, omfatter steinreir, støpeskjøter og områder med porøs og dårlig betong.

Skadegrad

For hjelp til å angi skadegrad, se vedlegg V1 Eksempelsamling til skadetyper.

Skadekonsekvens

Støpesår i betong vil ikke utvikle seg, men kan være angrepspunkt for andre skader f.eks. armeringskorrosjon.

Støpesår vil ha betydning for bæreevnen i trykkpåkjente deler av brua. I strekkpåkjente deler og på grove elementer under trykk vil normalt vedlikeholdskostnadene være avgjørende.

Skadeårsak

- Prosjekteringsfeil: Tett armering kan gi støpesår
- Materialfeil: Feil sammensetning av betongen kan gi støpesår
- Utførelsesfeil: Dårlig utstøping og komprimering

Forslag til tiltak

- Mekanisk reparasjon
- Nedsetting av tillatte trafikkklaster

Aktuelle oppmålinger/materialundersøkelser

- Oppmåling av omfang

6.3.6 Bom

Beskrivelse

Heftsvikt mellom konstruksjonsbetong og påstøp eller reparasjoner. Delaminering av betongen pga. indre eller ytre belastning.

Skadegrad

For hjelp til å angi skadegrad, se vedlegg V1 Eksempelsamling til skadetyper.

Skadekonsekvens

Bom i bærende elementer vil virke inn på bæreevnen, mens bom mellom konstruksjonsbetong og ikke-bærende påstøp/reparasjon vil påvirke framtidige vedlikeholdskostnader.

Bom som kan løsne og falle ned kan ha konsekvenser for trafiksikkerheten.

Skadeårsak

- Prosjekteringsfeil: Uheldig føring av spennkabler. Tett armeringsføring.
- Materialfeil: Feil materialsammensetning
- Utførelsesfeil: Feil utstøping, stillassetninger, forskaling som gir seg. For tidlig oppspenning. Feilplasserte støpeskjøter. Feil utførelse av reparasjoner
- Miljøangrep: Klorider/karbonatisering kan føre til armeringskorrosjon og bom.
- Belastning: Overbelastning kan gi heftbrudd
- Bruksskade: F.eks. følgeskade

Forslag til tiltak

- Nedhugging/fjerning av løs betong
- Mekanisk reparasjon

Aktuelle oppmålinger/materialundersøkelser

- Oppmåling av omfang

6.3.7 Avskalling

Beskrivelse

Med avskalling menes at større eller mindre stykker av betong skaller av på grunn av armeringskorrosjon, belastning eller mekanisk påkjenning.

Skadegrad

For hjelp til å angi skadegrad, se vedlegg V1 Eksempelsamling til skadetyper.

Skadekonsekvens

Avskallinger kan ha betydning for bæreevnen i trykkpåkjente deler av brua.

I strekkpåkjente elementer vil som oftest avskallinger pga. armeringskorrosjon øke vedlikeholdskostnadene dersom tiltak ikke iverksettes. Armeringens kapasitet og dermed elementets bæreevne kan påvirkes dersom det er avskallinger i forankringssoner, skjøtesoner eller over større flater.

Avskalling av betong kan påvirke trafiksikkerheten dersom nedfall kan føre til skader.

Områder med avskalling og eventuelt frilagt korroderende armering kan påvirke miljøet ved at brua er stygg og trafikanter føler at sikkerheten er dårlig.

Skadeårsak

- Prosjekteringsfeil: F.eks. lager som er plassert for nær kant av opplegg og/eller for lite armering.
- Utførelsesfeil: For liten overdekning kan gi armeringskorrosjon som igjen fører til avskalling. Gjenglemte trestykker utsatt for fuktighet kan gi avskalling av omkringliggende betong. Montasjeskader.
- Miljøangrep: Aggressivt miljø, karbonatisering og kloridinntrengning kan føre til armeringskorrosjon og betongavskalling.
- Belastning: Overbelastning kan gi avskallingsskader f.eks. nær lager.
- Ulykkeslast: Påkjørsel av overgangsbruer og søyler kan føre til avskalling av betong.
- Bruksskade: F.eks. følgeskade

Forslag til tiltak

- Fjerning av løs betong
- Mekanisk reparasjon
- Nedsetting av tillatte trafikkklaster

Aktuelle oppmålinger/materialundersøkelser

- Oppmåling av omfang

6.3.8 Armeringskorrosjon

Beskrivelse

Korrosjonsangrep på slakkarmering og spennarmering i betong. Armeringskorrosjon fører til at armeringstverrsnitt reduseres. Volumutvidelsen som korrosjonen medfører, kan føre til avskalling av betongoverdekningen. Korrosjon på armeringen kan ofte sees som utfelling av korrosjonsprodukter på betongoverflaten og/eller lokale avskallinger. Pittingkorrosjon, kraftig korrosjon på en liten del av armeringsjernet, er vanlig når årsaken til korrosjonen er klorider. Dette er en farlig form for korrosjon som ofte først kommer til syne ved opphugninger. Se også skadetyperne 31 Liten/skadet overdekning, 34 Bom og 35 Avskalling.

Skadegrad

Skadegraden settes ut fra armeringens korrosjonstilstand.

Følgende skala benyttes for fastsettelse av skadegrad:

Skadegrad 1	Ståloverflate er generelt uten rust.
Skadegrad 2	Ståloverflate har begynt å ruste og løsne.
Skadegrad 3	Ståloverflate der glødeskallet er rustet bort eller kan skrapes av. Noe synlige rustgroper.
Skadegrad 4	Ståloverflate der glødeskallet er rustet bort. Synlige rustgroper er dannet i stor utstrekning.

Skadekonsekvens

Bæreevne:

Spennarmering er korrosjonsømfintlig og samtidig avgjørende for bruas bæreevne. Elementer som er spesielt sårbare for armeringskorrosjon er bærende deler av bruoverbygningen og slanke søyler.

I fuktige miljøer vil armeringskorrosjon utvikle seg raskt og påvirke bæreevnen.

Avskalling av overdekning som følge av armeringskorrosjon kan også påvirke bæreevnen. Dette fordi omfaringsskjøter og forankring/heft svekkes når overdekningen forsvinner.

Korrosjon på armering i massive søyler, landkar, føringskanter og kantelementer har som oftest liten betydning for bruas bæreevne.

Korrosjon på enkelte armeringsstenger i bruplater kan ha liten betydning for den totale bæreevnen av et brudekke. Dette må vurderes i hvert enkelt tilfelle avhengig av omfang og utnyttelse.

Vedlikeholdskostnader:

Ved begynnende armeringskorrosjon, men med få eller ingen avskallinger, kan vedlikeholdskostnadene øke med tiden etter som omfanget av avskallinger tiltar.

Miljø og estetikk:

Synlige korrosjonsprodukter på betongoverflaten eller områder med frilagt korroderende armering kan påvirke miljøet ved at brua er stygg og trafikanter føler at sikkerheten er dårlig.

Skadeårsak

- Prosjekteringsfeil: Det er prosjektert med for liten overdekning, for lav fasthet eller høyt v/c-tall. Uheldig utforming.
- Materialfeil: Feil sammensetning av betongen kan gjøre den porøs.
- Utførelsesfeil: Armeringen har for liten overdekning. Betongen er dårlig komprimert (porøs) og/eller herdevilkår og -temperatur har gitt en opprisset betongoverflate.
- Miljøangrep: Brua ligger i et aggressivt miljø der den er utsatt for karbonatisering, klorider, sulfater osv.
- Ulykkeslast: Armeringen kan ha blitt avdekket av en avskalling som skyldes en påkjørsel e.l.

Forslag til tiltak

- Overflatebehandling
- Mekanisk reparasjon, kloriduttrekk eller katodisk beskyttelse
- Forsterkning eller ombygging
- Nedsetting av tillatte trafikklaster

Aktuelle oppmålinger/ materialundersøkelser

- Oppmåling av tverrsnittsreduksjoner
- Oppmåling av omfang
- Måling av karboniseringsdybde
- Måling av kloridinnhold
- EKP-målinger
- Opphugninger

6.3.9 Utvasking

Beskrivelse

Utvasking kan forekomme på betong under vann som er støpt som undervannsstøp. Svakhetssoner kan oppstå etter f.eks. lekkasje i forskalingen. På sikt kan bindemiddelet i disse sonene omformes til kalk eller gipslignende stoffer med liten eller ingen bæreevne eller vaskes helt bort. Skadetype 36 Armeringskorrosjon kan opptre sammen med utvasking under vann. Dette kan være alvorlig i slanke og hardt utnyttede fundamenter.

Skadegrad

For hjelp til å angi skadegrad, se vedlegg V1 Eksempelsamling til skadetyper.

Skadekonsekvens

Utvasking vil i de fleste tilfellene påvirke bæreevnen. Dette vil imidlertid avhenge noe av elementets størrelse og funksjon.

Skadeårsak

- Prosjekteringsfeil: Uheldig utforming
- Materialfeil: Betongen er feil sammensatt
- Utførelsesfeil: Utett forskaling, vann i støperør, dårlig flyt i betongen, for få støperør, avbrudd i støpen, osv.

Forslag til tiltak

- Mekanisk reparasjon
- Forsterkning eller ombygging
- Nedsetting av tillatte trafikklast

6.4 Skade på stål

Skade på stål er inndelt i følgende skadetyper:

- 14 Riss/sprekk
- 16 Skade på overflatebehandling
- 41 Løse skruer/nagler
- 42 Korrosjon
- 43 Slitasje/gnisning
- 44 Trådbrudd

6.4.1 Riss/sprekk i stål

Beskrivelse

Skadetyperen omfatter sprekker i stålkonstruksjoner, sveiser, skruer og nagler. Ikke alle sprekker vil være synlige med det blotte øye, spesielt på overflatebehandlet stål. Dersom det er mistanke om sprekkdannelse, f.eks. på gammelt stål, kan det være nødvendig å utføre magnetpulverkontroll for å synliggjøre eventuelle sprekker.

Skadegrad

For hjelp til å angi skadegrad, se vedlegg V1 Eksempelsamling til skadetyper.

Skadekonsekvens

Sprekker er et tegn på overbelastning eller utmatting og kan påvirke bæreevnen. Sprekker kan ha betydning for trafikksikkerhet og vedlikeholdskostnader.

Skadeårsak

- Prosjekteringsfeil: Uheldige konstruksjonsdetaljer som kan føre til utmatting
- Materialfeil
- Utførelsesfeil: Feil i sveisingen
- Belastning: Overbelastning fra trafikk, setning
- Ulykkeslast: F. eks. påkjørsel

Forslag til tiltak

- Reparasjon av skadede elementer
- Utskifting av skadede elementer
- Forsterkning eller ombygging
- Nedsetting av tillatte trafikkklaster

Aktuelle materialundersøkelser

- Magnetpulverkontroll
- Ultralyd
- Røntgen

6.4.2 Skade på overflatebehandling

Beskrivelse

Skader på overflatebehandling på bruelementer av stål, dvs maling/belegg. Skadene kan være avflaking, blæring, oppsprekking, kritting/misfarging, porer, hvitfarging eller mekanisk påvirkning. Overflatebehandling på stål beskytter stålet mot miljøpåvirkning og forbedrer utseendet.

Nedbrytningsskader og nedbrutt malingsbelegg fører ofte til korrosjon på stålet. Se også skadetype 42 Korrosjon.

Skadegrad

Følgende skala benyttes for fastsettelse av skadegrad:

Skadegrad 1	Kritting/misfarging av overflaten
Skadegrad 2	Porer/blæring/krakelering/avflaking
Skadegrad 3	Nedbrytning til sink-/aluminiumsprimer (grunning)
Skadegrad 4	Eksposering av metalloverflaten

Skadekonsekvens

Skade på overflatebehandling vil påvirke vedlikeholdskostnader og miljøet.

All overflatebehandling vil brytes ned over tid. Dersom overflatebehandlingen er brutt helt ned, er det fare for at det kan utvikle seg korrosjonsskader (f.eks. gravrust) på stålet som kan påvirke bæreevnen, trafiksikkerhet og miljø.

Skadeårsak

- Prosjekteringsfeil: Det er beskrevet feil type overflatebehandling for aktuell miljøbelastning, brutype eller geometri.
- Materialfeil: Det er benyttet feil type overflatebehandling.
- Utførelsesfeil: Dårlig forbehandling, mangelfull påføring f.eks. for tynt belegg eller påføring i fuktig/kaldt klima. Montasjeskader.
- Manglende drift/vedlikehold: Av malingsbelegget.
- Miljøangrep: Aggressivt miljø kan bryte ned overflatebehandlingen raskere enn forutsatt.
- Ulykkeslast: Påkjørsel eller annen mekanisk skade.
- Bruksskade: F.eks. normal nedbrytning/slitasje/mekanisk skade.

Forslag til tiltak

- Regelmessig vasking
- Flekking av mindre skader
- Fornying av dekkstrøk inkludert flekking av mindre skader.
- Fjerning av eksisterende overflatebehandling (blåserensing) og påføring av ny.

6.4.3 Løse skruer/nagler

Beskrivelse

Skruer og nagler i stålkonstruksjoner som har løsnet.

Skadegrad

For hjelp til å angi skadegrad, se vedlegg V1 Eksempelsamling til skadetyper.

Skadekonsekvens

I friksjonsforbindelser vil løse skruer virke inn på bæreevnen. I avskjæringsforbindelser (gjelder både skruer og nagler) vil normalt vedlikeholdskostnadene påvirkes, men det kan være unntak der årsaken er overbelastning.

Skadeårsak

- Materialfeil: I skruer og nagler
- Utførelsesfeil: Feil tiltrekning, feil klinking
- Overbelastning

Forslag til tiltak

- Tiltrekning av løse skruer
- Utskifting av løse skruer/nagler

6.4.4 Korrosjon**Beskrivelse**

Korrosjon oppstår vanligvis ved at stål reagerer med oksygen og vann og blir til rust. Rustproduktene har 4-8 ganger større volum enn stål. Korrosjon som gir gropdannelser med dybde >1 mm, kalles groptæring. Eventuelle tverrsnittsreduksjoner må registreres.

Skadegrad

Skadegraden angis etter nivået til rustangrepet i korrosjonsprosessen.

Følgende skala benyttes for fastsettelse av skadegrad:

Skadegrad 1	Ståloverflate helt dekket av fastsittende overflate, generelt uten rust.
Skadegrad 2	Ståloverflate som har begynt å ruste, hvor overflaten har begynt å løsne.
Skadegrad 3	Ståloverflate der overflaten er rustet bort eller kan skrapes av. Synlige rustgroper er ikke dannet.
Skadegrad 4	Ståloverflate der overflaten er rustet bort. Synlige rustgroper er dannet i stor utstrekning.

Skadekonsekvens

Korrosjon på bærende elementer vil påvirke bæreevnen da tverrsnittet vil bli redusert. Korrosjon på ikke-bærende elementer kan påvirke vedlikeholdskostnadene. Miljøet kan påvirkes ved at konstruksjonen ser stygg ut.

Skadeårsak

- | | |
|--------------------------------|---|
| - Prosjekteringsfeil: | F.eks. punkter som er vanskelig å male, fukt blir stående e.l. |
| - Manglende drift/vedlikehold: | F.eks. manglende overflatebehandlingen, rengjøring e.l. |
| - Miljøangrep: | Aggressivt miljø kan bryte ned overflatebehandlingen og akselerere korrosjonen. |

Forslag til tiltak

- Fornye korrosjonsbeskyttelse
- Reparasjon
- Utskifting
- Forsterkning eller ombygging

Aktuelle oppmålinger/ materialundersøkelser

- Oppmåling av tverrsnittsreduksjoner
- Ultralyd
- Røntgen

6.4.5 Slitasje/gnisning**Beskrivelse**

Slitasje og gnisning på kabler, hengestenger, hengestangsfester o.l. på grunn av bevegelser i brua.

Skadegrad

For hjelp til å angi skadegrad, se vedlegg V1 Eksempelsamling til skadetyper.

Skadekonsekvens

Slitasje på primære bæreelementer vil redusere bæreevnen.

Skadeårsak

- Prosjekteringsfeil: For små klaringer
- Utførelsesfeil: F.eks. feil montasje
- Belastning: Overbelastning fra trafikk

Forslag til tiltak

- Justering/reparasjon
- Utskifting av defekt element
- Forsterkning eller ombygging

Aktuelle oppmålinger

- Oppmåling av tverrsnittsreduksjoner

6.4.6 Trådbrudd**Beskrivelse**

Trådbrudd i hovedkabler og hengestenger av kabel på hengebruer o.l. Tegn på trådbrudd er langsgående riss i malingsbelegget langs kantene av den brukne tråden. Rissene kan strekke seg fra bruddet og flere meter langsetter kabelen.

Skadegrad

For hjelp til å angi skadegrad, se vedlegg V1 Eksempelsamling til skadetyper.

Skadekonsekvens

Trådbrudd vil virke inn på kablenes bæreevne, og kan ha betydning for vedlikeholdskostnadene.

Skadeårsak

- Prosjekteringsfeil: Feil utforming av f.eks. sadler, hengestangsfester e.l.
- Materialfeil
- Utførelsesfeil: F.eks. feil utførelse ved forankring av hovedkabler (innstøping).
- Belastning: Overbelastning fra trafikk.

Forslag til tiltak

- Forebyggende tiltak (overflatebehandling)
- Forsegling av trådbrudd (innloddning av tråder, bendsling e.l.)
- Utskifting av defekt kabel

6.5 Skade på stein

Skade på stein er inndelt i følgende skadetyper:

- 14 Riss/sprekk
- 51 Utglidning
- 52 Utrasing

6.5.1 Riss/sprekk i stein

Beskrivelse

Skadetypen omfatter riss og sprekker i stein.

Skadegrad

For hjelp til å angi skadegrad, se vedlegg V1 Eksempelsamling til skadetyper.

Skadekonsekvens

Riss/sprekker i stein er ofte et tegn på overbelastning og kan ha betydning for bæreevnen. I ikke-bærende elementer kan riss/sprekker i stein ha betydning for vedlikeholdskostnader.

Skadeårsak

- Prosjekteringsfeil: Det er ikke tatt hensyn til konsentrerte laster
- Materialfeil: Det er benyttet stein med for lav fasthet
- Utførelsesfeil: Oppbygging ikke utført i henhold til tegning
- Belastning: Økt trafikklast sammenlignet med prosjekteringstidspunktet, eller jordtrykk
- Ulykkeslast: F.eks. påkjørsel
- Bruksskade: F.eks. følgeskade (pga. setning)

Forslag til tiltak

- Utskifting av stein med riss/sprekker
- Injisering av riss/sprekker
- Forsterkning eller ombygging

Aktuelle oppmålinger

- Måling av riss-/sprekkvidder

6.5.2 Utglidning

Beskrivelse

Skadetypen omfatter utglidning av en eller flere steiner i landkar, pilarer, hvelv o.l. i forhold til sin opprinnelige plassering. For bevegelse av et helt element av stein vises det til skadetype 12 Bevegelse.

Skadegrad

For hjelp til å angi skadegrad, se vedlegg V1 Eksempelsamling til skadetyper.

Skadekonsekvens

Utgilidning vil i de fleste tilfellene påvirke bæreevnen.

Skadeårsak

- Prosjekteringsfeil: Det er ikke tatt tilstrekkelig hensyn til konsentrerte laster
- Belastning: Overbelastning på grunn av f.eks. trafikk eller jordtrykk
- Ulykkeslast: F.eks. påkjørsel, flom
- Bruksskade: F.eks. følgeskade (pga. setning/erosjon)

Forslag til tiltak

- Reparasjon
- Forsterkning

Aktuelle oppmålinger

- Måle opp utglidningens omfang ved å merke målepunkt med farge eller annet (bilder) som gjør det kan måles nøyaktig på samme sted neste gang.

6.5.3 Utrasing**Beskrivelse**

Skadetypen omfatter utrasing av steiner i konstruksjonen.

Skadegrad

For hjelp til å angi skadegrad, se vedlegg V1 Eksempelsamling til skadetyper.

Skadekonsekvens

Utrasing kan påvirke bæreevnen, vedlikeholdskostnadene, trafiksikkerheten og miljøet.

Skadeårsak

- | | |
|-------------------------------|---|
| - Prosjekteringsfeil: | Grunnens bæreevne overvurdert, jordtrykk undervurdert
Det er ikke tatt tilstrekkelig hensyn til bortledning av overflatevann i planleggingen |
| - Materialfeil: | Feil masser i tilbakefylling |
| - Utførelsesfeil: | Ikke utført som beskrevet |
| - Manglende drift/vedlikehold | |
| - Ulykkeslast: | F.eks. flom |
| - Bruksskade: | F.eks. følgeskade |

Forslag til tiltak

- Oppfylling med nye egnede masser
- Oppbygging av utrast element
- Forbedret bortledning av overflatevann

6.6 Skade på tre

Skade på tre er inndelt i følgende skadetyper:

- 14 Riss/sprekk
- 16 Skade på overflatebehandling
- 61 Mekanisk skade
- 62 Råte/nedbrytning

6.6.1 Riss/sprekk i tre

Beskrivelse

Skadetypen omfatter skadelige sprekker i tre. Pga. uttørring vil tre som oftest sprekke opp over tid uten at dette er å betrakte som en skade.

Skadegrad

Følgende skala kan benyttes for fastsettelse av skadegrad:

Skadegrad 1	Oppsprekking på grunn av uttørring av impregnert trevirke
Skadegrad 2	Oppsprekking på grunn av uttørring av overflatebehandlet trevirke
Skadegrad 3	Oppsprekking på grunn av følgeskader som deformasjon
Skadegrad 4	Oppsprekking på grunn av mekanisk overbelastning

Skadekonsekvens

Sprekker i tre kan ha betydning for bæreevnen og framtidige vedlikeholdskostnader.

Det må vurderes om sprekken vil få innvirkning på elementets evne til å ta opp last eller elementets evne til å motstå nedbrytning.

Skadeårsak

- Materialfeil, f.eks. feil i trematerialet eller dårlige limfuger i limtre
- Utførelsesfeil
- Manglende drift/vedlikehold
- Belastning / overbelastning
- Ulykkeslast, f.eks. påkjørsel

Forslag til tiltak

- Reparasjon av skadede elementer
- Utskifting av skadede elementer
- Forsterkning eller ombygging

6.6.2 Skade på overflatebehandling

Beskrivelse

Skade på overflatebehandling på tre, dvs. maling/belegg eller impregnering. Skadene kan være generell nedbrytning som gjør at overflatebehandlingen ikke oppfyller de funksjonskravene som er satt eller det kan være andre skader som avflaking, krakelering, blæring og misfarging.

Skadegrad

For hjelp til å angi skadegrad, se vedlegg V1 Eksempelsamling til skadetyper.

Skadekonsekvens

Skader på overflatebehandlingen vil påvirke vedlikeholdskostnader og miljøet.

Skadeårsak

- | | |
|-------------------------------|--|
| - Prosjekteringsfeil: | Det er beskrevet feil type overflatebehandling. |
| - Materialfeil: | Det er benyttet feil type overflatebehandling. |
| - Utførelsesfeil: | Dårlig forbehandling eller påføring i fuktig/kaldt klima. |
| - Manglende drift/vedlikehold | Av overflatebehandlingen. |
| - Miljøangrep: | Sopp, begroing o.l. kan bryte ned overflatebehandlingen raskere enn forutsatt. |
| - Bruksskade: | Normal nedbrytning/slitasje. |

Forslag til tiltak

- Regelmessig vasking og fornying av overflatebehandling inkludert flekking av mindre skader
- Fjerning av eksisterende overflatebehandling (ved maling/belegg) og påføring av ny

6.6.3 Mekanisk skade

Beskrivelse

Med mekanisk skade menes at en trekonstruksjon har vært utsatt for f. eks. mekaniske påkjenninger som har ført til at deler av konstruksjonen har blitt ødelagt. Mekanisk skade kan videre føre til råteangrep, det vises til skadetype 62 Råte/nedbrytning.

Skadegrad

For hjelp til å angi skadegrad, se vedlegg V1 Eksempelsamling til skadetyper.

Skadekonsekvens

Mekaniske skader på bærende elementer vil ha betydning for bruas bæreevne, men trafiksikkerheten og framtidige vedlikeholdskostnader kan også påvirkes. Miljøet kan påvirkes dersom brua er skjemmende for miljøet den befinner seg i.

Skadeårsak

- | | |
|----------------|--------------------|
| - Ulykkeslast: | F.eks. påkjørsel |
| - Brukslast: | F.eks. brøyteskade |

Forslag til tiltak

- Reparasjon av defekte elementer
- Utskifting av defekte elementer
- Forsterkning eller ombygging

6.6.4 Råte/nedbrytning

Beskrivelse

Skadetyperen omfatter treverk angrepet av råtesopper. Soppene angriper celleveggene i treet og ødelegger veden, både når det gjelder styrke og struktur. I råteangrepet tre er veden mørk brun, krympet, oppsprukket og myk (styrken/strukturen er ødelagt). Vanninnhold over 20 % og temperatur over +20 C er gunstig for utvikling av råtesopper. Trevirke som ser friskt og uskadet ut på utsiden kan være sterkt angrepet av råte i kjernen.

Skadegrad

For hjelp til å angi skadegrad, se vedlegg V1 Eksempelsamling til skadetyper.

Skadekonsekvens

Råte på bærende elementer vil virke inn på bæreevnen, men trafiksikkerheten, framtidige vedlikeholdskostnader og miljøet kan også påvirkes.

Skadeårsak

- | | |
|-------------------------------|---|
| - Prosjekteringsfeil: | F.eks. feil konstruktiv utforming/detaljering |
| - Materialfeil | |
| - Manglende drift/vedlikehold | |
| - Miljøangrep: | F.eks. biologisk angrep |

Forslag til tiltak

- Innføre råtedrepende tiltak
- Forbedre konstruktiv utforming
- Utskifting av råteskadet element
- Forsterkning eller ombygging

6.7 Skade på slitelag/membran

Slitelag på bru skal beskytte underliggende fuktisolering og bruplate mot mekanisk påkjenning.

Slitelag på bru er normalt av asfalt, epoksy, betong eller tre, og er inndelt i følgende skadetyper:

Slitelag av asfalt/ epoksy, betong og tre:

- 71 Sporslitasje
- 72 Ujevnhet

Slitelag av asfalt/ epoksy og betong:

- 73 Krakelering/hull

Slitelag av asfalt/ epoksy:

- 14 Riss/sprekk
- 74 Blæring (paddehatter)
- 75 Avflaking

Betongslitelag (beskrivelse av aktuelle skadetyper, se kapittel 6.3 Skade på betong)

- 14 Riss/sprekk
- 32 Forvitring
- 33 Støpesår
- 34 Bom
- 35 Avskalling

Treslitolag (beskrivelse av aktuelle skadetyper, se kapittel 6.6 Skade på tre)

- 14 Riss/sprekk
- 61 Mekanisk skade
- 62 Råte

6.7.1 Sporslitasje

Beskrivelse

Sporslitasje er langsgående spor i slitelaget.

Skadegrad

For hjelp til å angi skadegrad, se vedlegg V1 Eksempelsamling til skadetyper.

Skadekonsekvens

Sporslitasje vil primært påvirke trafiksikkerheten og framtidige vedlikeholdskostnader. Sporslitasje på slitelag av tre kan også påvirke bæreevnen.

Trafiksikkerhet:

Sporslitasje kan føre til vannplaning og forårsake problemer ved f.eks. forbikjøring.

Treslitolag blir ofte svært glatte i regnvær og i kombinasjon med spor kan dette påvirke trafiksikkerheten.

Vedlikeholdskostnader:

Sporslitasje kan føre til lekkasje der vann og salt kan komme gjennom til underliggende elementer og andre skader kan utvikle seg.

Ved gjennomsliting bedømmes videre skadeutvikling for underliggende elementer. Dette registreres på elementet dekke, eventuelt plate, og skadetyperne 31 Liten/skadet overdekning og 36 Armeringskorrosjon, se kapittel 6.3 Skade på betong.

Bæreevne:

For slitelag av trevirke vil sliteplankens tykkelse ha betydning for fordeling av laster på den underliggende strøveden. En reduksjon av sliteplankens tykkelse pga. sporslitasje vil føre til redusert kapasitet for strøveden. Sporslitasje vil derfor føre til redusert bæreevne dersom det ikke er tatt hensyn til et slitasjemonn for sliteplanken i beregningene.

Skadeårsak

- Manglende drift/vedlikehold
- Bruksskade: F.eks. normal nedbrytning/slitasje

Forslag til tiltak

Sporslitasje repareres normalt ved sporfylling eller ved å legge nytt slitelag på brua. Det må imidlertid kontrolleres at brua har tilstrekkelig kapasitet til å ta en eventuelt økt egenvekt. Dersom det eksisterende asfaltslitelaget allerede er for tykt kan sporslitasjen repareres ved fresing. Dersom asfalt og fuktisolasjon er gjennomslitt på større områder, fjernes slitelag og fuktisolasjon og ny fuktisolasjon og asfalt legges. Eventuelle skader på underliggende betong repareres.

Treslitelag skiftes ut når spordybden er mer enn 20 % av sliteplankens tykkelse. Skruer/spiker som stikker opp mer enn 5 mm, skal skrues/slås inn.

- Sporfylling
- Fresing
- Nytt slitelag/fuktisolasjon

Treslitelag

- Slå inn spiker
- Bytte ut spiker med skruer
- Skifte ut skadede/slitte enkeltplank
- Skifte strøvd for bedre feste av spiker/skruer
- Skifte ut hele slitelaget

Aktuelle oppmålinger

- Måling av spordybde

6.7.2 Ujevnheter

Beskrivelse

Skadetyperen omfatter alle typer ujevnheter og deformasjoner i slitelaget på bruer, unntatt sporslitasje og blæring (paddehatter). Se skadetyperne 71 Sporslitasje og 74 Blæring (Paddehatter). Setninger i masser bak landkar kan også være årsak til ujevnheter. Slike skader registreres på skadetype 11 Setning, se kapittel 6.1 Materialuavhengig skade.

Skadegrad

For hjelp til å angi skadegrad, se vedlegg V1 Eksempelsamling til skadetyper.

Skadekonsekvens

Ujevnheter i slitelaget kan ha betydning for trafiksikkerheten og framtidige vedlikeholdskostnader. Brua kan utsettes for store dynamiske belastninger ved belastning av tunge kjøretøyer på ujevnt slitelag.

Skadeårsak

- | | |
|-----------------------|---|
| - Prosjekteringsfeil: | Feil materialvalg |
| - Materialfeil: | Feil sammensetning, for myk asfalt. |
| - Utførelsesfeil: | Ikke utført som beskrevet. |
| - Belastning | |
| - Bruksskade: | F.eks. brøyteskade eller følgeskade (setning, deformasjon av brua). |

Forslag til tiltak

- Frese slitelaget
- Avrette med asfalt
- Legge nytt slitelag

Forslag til tiltak på treslitelag

- Skifte ut skadede enkeltbord
- Skifte ut hele slitelaget

Aktuelle oppmålinger

- Jevnhetsmålinger
- Nivellement

6.7.3 Krakelering/hull

Beskrivelse

Skadetyperen omfatter krakeleringer og hull i slitelaget. Krakelering er et mønster av sprekker i flere retninger over større eller mindre områder. Ofte danner sprekken et rutemønster, men mønsteret kan også være helt uregelmessig.

Skadegrad

For hjelp til å angi skadegrad, se vedlegg V1 Eksempelsamling til skadetyper.

Skadekonsekvens

Krakelering og hull i slitelaget kan virke inn på trafiksikkerheten, framtidige vedlikeholdskostnader og miljøet.

Området rundt og under krakeleringer/hull svekkes og vann (og salt) trenger ned til underlaget. Dette kan føre til utvikling av andre skader. Hull har ofte skarpe kanter (er trafikkfarlige) og de har en tendens til å vokse raskt.

Skadeårsak

- | | |
|-----------------------|--|
| - Prosjekteringsfeil: | Underlaget er for mykt/løst |
| - Materialfeil: | Feil sammensetning av materialer i slitelaget. |
| - Utførelsesfeil: | Feil ved legging av slitelaget. |
| - Belastning: | F.eks. trafikklast. |

Krakelering/hull oppstår ofte når det blir heftbrudd mellom slitelag og underlag. Dette på grunn av en eller flere av skadeårsakene over.

Forslag til tiltak

- Reparasjon av krakeleringer
- Lapping/reparasjon av hull
- Utskifting av hele eller deler av slitelaget

6.7.4 Riss/sprekk**Beskrivelse**

Skadetypen omfatter alle typer sprekker som kan oppstå i slitelag av asfalt og epoksy unntatt krakeleringer. Se skadetype 73 Krakelering/Hull.

Skadegrad

Skadegrad settes ut fra sprekkens størrelse.

Følgende skala benyttes for fastsettelse av skadegrad:

Skadegrad 1	< 2 mm
Skadegrad 2	2-10 mm
Skadegrad 3	10-20 mm
Skadegrad 4	> 20 mm

Skadekonsekvens

Sprekker i asfalt og fuktisolasjon vil primært påvirke framtidige vedlikeholdskostnader. Sprekkene kan føre til lekkasje, vann og salt kan komme gjennom til underliggende elementer og andre skader kan utvikle seg.

Skadeårsak

- | | |
|-------------------------------|---|
| - Materialfeil: | Feil sammensetning av asfalt. |
| - Utførelsesfeil: | Ikke utført som beskrevet. Dårlige skjøter ved asfaltering. |
| - Manglende drift/vedlikehold | |
| - Belastninger: | F.eks. temperatur, svinn, trafikklast |
| - Bruksskader: | F.eks. følgeskader (fra setning, bevegelse, deformasjon). |

Forslag til tiltak

- Forsegling av sprekker
- Sporfylling
- Utskifting av fuktisolasjon/slitelag

6.7.5 Blæring (paddehatter)**Beskrivelse**

Blæring (paddehatter) er kuleformede opphøyninger i slitelaget, ofte opptil 10–15 cm i diameter.

Skadegrad

For hjelp til å angi skadegrad, se vedlegg V1 Eksempelsamling til skadetyper.

Skadekonsekvens

Blæring kan ha betydning for trafiksikkerheten og de framtidige vedlikeholdskostnadene. Manglende heft mellom underlag, fuktisolasjon og asfalt gjør at det er stor sannsynlighet for at det er sprekker slik at fuktisoleringen ødelegges.

Skadeårsak

- Prosjekteringsfeil: Feil materialvalg på fuktisolasjon.
- Materialfeil: Feil sammensetning av materialer i fuktisolasjon.
- Utførelsesfeil: Feil ved legging av fuktisolasjon.

Blæring kan forekomme når det er legges en fuktisolasjon på fuktig underlag ved stigende temperatur. Fuktigheten blir stengt inne og fuktisolasjonen hefter ikke til underlaget. Ved temperaturstigning omdannes fuktigheten til vanndamp og trykket øker under fuktisolasjonen. Det dannes blærer som deformerer fuktisolasjonen og asfalten. Ved synkende temperatur vil noe av deformasjonen i asfalten gå tilbake, men ikke alt. Problemet har vært størst når det benyttes fuktisolasjon av epoksy.

Forslag til tiltak

- Slippe ut vanndamp ved å stikke hull på hattene (mindre hatter). Ofte tettes membranen igjen av seg selv.
- Lokal reparasjon av blæring
- Fornying av fuktisolasjon og slitelag

6.7.6 Avflaking**Beskrivelse**

Skadetypen omfatter tynne slitelag av asfalt og epoksy som skaller av i større eller mindre flak slik at underliggende bruplate/-dekke blir synlig.

Skadegrad

For hjelp til å angi skadegrad, se vedlegg V1 Eksempelsamling til skadetyper.

Skadekonsekvens

Avflaking vil i de fleste tilfellene virke inn på vedlikeholdskostnadene ved at det blir mer kostbart å reparere dersom skaden får utvikle seg.

Skadeårsak

- Materialfeil: Feil sammensetning av materialer i slitelaget.
- Utførelsesfeil: Feil ved forbehandling og legging av slitelaget.

Forslag til tiltak

- Løse partier fjernes og det legges nytt slitelag
- Hele slitelaget skiftes ut

6.8 Mangel

Mangel er inndelt i følgende skadetyper og kan benyttes for alle element- og materialtyper:

- 81 Manglende rengjøring
- 82 Manglende del
- 83 Manglende opprydding/fjerning

6.8.1 Manglende rengjøring

Beskrivelse

Manglende rengjøring kan føre til ansamlinger av jord, sand og skitt som holder på fuktigheten og salter samt begroing av mose, gress og busker o.l.

For betong kan skadetyper som 32 Forvitring og 36 Armeringskorrosjon utvikle seg.

For stål kan skadetyper som 16 Skade på overflatebehandling og 42 Korrosjon utvikle seg.

For stein kan røtter (hører under 83 Manglende opprydding/ fjerning) som trenger inn mellom steinene føre til skadetype 51 Utglidning eller 52 Utrasing.

For tre kan skadetyper som 62 Råte/nedbrytning og 90 Annen skade/mangel utvikle seg.

Skadegrad

For hjelp til å angi skadegrad, se vedlegg V1 Eksempelsamling til skadetyper.

Skadekonsekvens

Manglende rengjøring påvirker normalt vedlikeholdskostnadene og miljøet. Manglende rengjøring av fuger kan føre til tvangskrefter og kan ha betydning for bæreevnen.

Skadeårsak

- Prosjekteringsfeil: Uheldig utforming fører til ansamling av smuss på steder som er vanskelig å rengjøre.
- Manglende drift/vedlikehold

Forslag til tiltak

- Fjerning av smuss og vegetasjon
- Periodisk rengjøring
- Forbedring av vannavrenning
- Tiltak for å hindre tilsmussing (f.eks. gjenmørtling av fuger for stein)

6.8.2 Manglende del

Beskrivelse

Skadetyperen omfatter manglende elementer eller deler av elementer. Dette gjelder f.eks. manglende skruer/nagler og elementer som iht. beskrivelser og standarder, skulle vært montert.

Skadegrad

For hjelp til å angi skadegrad, se vedlegg V1 Eksempelsamling til skadetyper.

Skadekonsekvens

Manglende del kan påvirke bæreevne, trafikksikkerhet, framtidige vedlikeholdskostnader og miljø.

Skadeårsak

- | | |
|--------------------------------|---|
| - Prosjekteringsfeil: | Avvik fra standarden eller feil utforming. |
| - Utførelsesfeil: | Elementet er ikke montert som beskrevet. |
| - Belastning: | Overbelastning har ført til brudd i festelement/skruer/nagler slik at disse har forsvunnet. |
| - Manglende drift/vedlikehold: | Elementer har blitt fjernet. |
| - Bruksskade: | F.eks. hærværk. |

Forslag til tiltak

- Manglende del erstattes
- Tiltak må vurderes i hvert enkelt tilfelle

6.8.3 Manglende opprydding/fjerning

Beskrivelse

Skadetyperen omfatter manglende opprydding etter bygging, manglende fjerning av vegetasjon under/inntil brua, samt manglende fjerning av materialer/utstyr som er lagret under brua. Eksempler er manglende eller ufullstendig fjerning av forskaling, forskalingsstag og båndstål. Kabler, ledninger og annet utstyr som ikke lenger er i bruk bør fjernes. Manglende opprydding/fjerning kan føre til at skadetyper som 16 Skade på overflatebehandling, 32 Forvitring, 36 Armeringskorrosjon og 42 Korrosjon utvikler seg.

Skadegrad

For hjelp til å angi skadegrad, se vedlegg V1 Eksempelsamling til skadetyper.

Skadekonsekvens

Manglende opprydding/fjerning påvirker normalt vedlikeholdskostnadene og miljøet. Kostnadene for opprydding/fjerning er ofte vesentlig lavere enn for reparasjon av følgeskader.

Skadeårsak

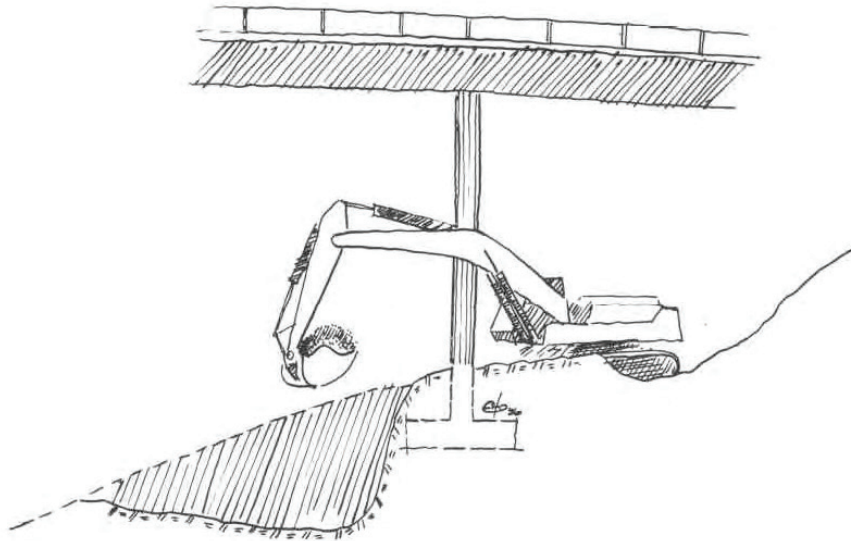
- | | |
|-------------------------------|-------------------------------------|
| - Utførelsesfeil: | Manglende opprydding etter bygging. |
| - Manglende drift/vedlikehold | |

Forslag til tiltak

- Opprydding/fjerning

6.9 Annen skade/mangel

Belastning på fundamentene



Figur 6-8 Annen skade/mangel

Et eksempel er at belastningene på fundamentene vil øke dersom det legges opp fyllinger inntil disse. Utgraving inntil fundamenter kan redusere bæreevnen. Graving i vannløp kan føre til at elven eroderer på en annen måte, noe som igjen kan være en fare for fundamenter.

Mangler i grunnen

Skadetyperen omfatter også mangler i grunnen som kan føre til at skader oppstår. Eksempel på dette kan være manglende ledemurer for vann eller vanngjennomløpet som har for dårlig kapasitet. Andre eksempler er mangler fra byggeperioden som f.eks. at skråninger ikke er tilsådd eller at erosjonsbeskyttelse ikke er etablert.

Mangler på betong

Eksempler kan være f.eks. manglende tetting av hull etter forskalingsstag og dårlig/manglende fugemasse.

Skade/mangel på tre

Eksempler kan være f.eks. angrep av pelemark eller andre skadedyr. Skader på festelementer på tre, f.eks. korrosjon på skruer og andre ståldetaljer.

Beskrivelse

Skadetyperen omfatter skader/mangler som ikke dekkes av de skadetyperne som er beskrevet tidligere. Dersom noe ikke er utført i henhold til tegninger, beskrivelse, standarder osv. kan dette inngå her.

Skadegrad

Skadegrad settes ut fra hvor mye skaden har utviklet seg. Skadegrad benyttes for å angi en teknisk vurdering av skadens utvikling. Referansenivået er uskadet element.

Skadekonsekvens

Skadekonsekvens vurderes av bruinspektøren.

Skadeårsak

- | | |
|-------------------------------|---|
| - Prosjekteringsfeil | |
| - Materialfeil | |
| - Utførelsesfeil: | Ikke utført som beskrevet |
| - Manglende drift/vedlikehold | |
| - Miljøangrep | |
| - Belastning: | Overbelastning og/eller skjevbelastning |
| - Ulykkeslast | |

Forslag til tiltak

Tiltak må vurderes i hvert enkelt tilfelle.

7 Vedlegg (viser til egne filer)

Vedlegg V1	Eksempelsamling til skadetyper
Vedlegg V2	Metoder oppmålinger/ materialundersøkelser
Vedlegg V3	Utvidet inspeksjonsrapport

8 Referanser

Håndbøker

- Håndbok N401 Bruforvaltning fylkesveg
- Håndbok R411 Bruforvaltning riksveg
- Håndbok V440 Bruregistrering
- Håndbok R610 Standard for drift og vedlikehold av riksveger

Vedlegg V2 Metoder oppmålinger/ materialundersøkelser

Håndbøker

- Håndbok N200 Vegbygging
- Håndbok R210 Laboratorieundersøkelser
- Håndbok R211 Feltundersøkelser
- Håndbok N400 Bruprosjektering
- Håndbok R610 Standard for drift og vedlikehold av riksveger
- Håndbok R762 Prosesskode 2 Standard beskrivelse for bruer og kaier

Standarder

- NS-EN 351-2, Tre og trebaserte produkters holdbarhet – Heltre behandlet med trebeskyttelsesmiddel- Del 2: Veiledning i prøvetaking for analyse av behandlet trevirke.
- NS-EN 480-11
- NS-EN 932
- NS-EN 1014, Trebeskyttelsesmidler – Kreosot og kreosotimpregnert trevirke – Metoder for prøvetaking og analyse
- NS-EN 1062-3 Bestemmelse av vanngjennomtrengningsgrad (permeabilitet)
- NS-EN ISO 2178 Måling av beleggtykkelse – Magnetisk metode
- NS-EN ISO 2409 Gittersnittprøving
- NS-EN ISO 2360 Måling av beleggtykkelse – Amplitudesensitiv virvelstrømsmetode
- NS-EN ISO 3452-1
- NS-EN ISO 3452-2
- NS-EN ISO 3452-3
- NS-EN ISO 3452-4
- NS-EN ISO 3452-5
- NS 3512, Måling av fukt i trekonstruksjoner
- NS-EN ISO 4624 Prøving av vedheftingsevne ved avtrekk
- NS-EN 12504-2
- NS-EN 12504-3
- NS-EN ISO 17636-1:2013
- NS-EN ISO 17636-2:2013
- NS-EN ISO 17638:2016
- NS-EN ISO 17643:2015
- ISO 4628-1:2016 Generell introduksjon og betegnelsessystem
- ISO 4628-2:2016 Vurdering av grad av blæring
- ISO 4628-3:2016 Vurdering av grad av rusting
- ISO 4628-4:2016 Vurdering av grad av krakelering
- ISO 4628-5:2016 Vurdering av grad av avflaking
- ISO 4628-6:2011 Bedømmelse av grad av krittning ved tapemetoden
- ISO 4628-7:2016 Bedømmelse av grad av krittning ved fløyelsdukmetoden
- ISO 8501-1
- ISO 8502-06 Ekstraksjon av løselige forurensinger for analyse, Bresle metoden

ASTM D4752:10 MEK Test

Vedlegg V3 Utvidet inspeksjonsrapport
Håndbøker

Håndbok R210 Laboratorieundersøkelser

Håndbok R211 Feltundersøkelser

Håndbok N401 Bruforvaltning fylkesveg



www.vegvesen.no/Fag/Publikasjoner/Handboker

ISBN 978-82-7207-752-4

Trygt fram sammen