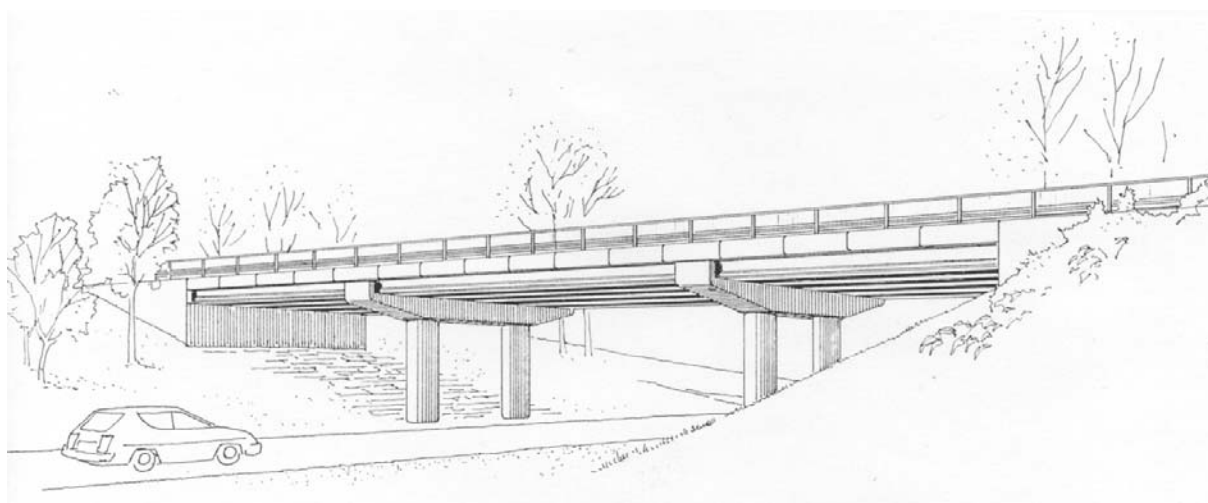


Bruhåndbok – 3

Elementbruer



Håndbøger i Statens vegvesen

Forord

Normalene er utgitt med hjemmel i Forskrifter etter veglovens § 13, fastsatt av Samferdselsdepartementet i brev av 24. mars 1987.

Følgende normaler og retningslinjer danner grunnlag for, og supplerer håndbok 100 og gjelder foran disse ved eventuelle uoverensstemmelser:

- Lastforskrifter for bruer og ferjekaier i det offentlige vegnett
- Prosjekteringsregler for bruer
- Prosesskode - 2

Håndbok – 100 serien er under revidering. Noen av kapitlene blir slått sammen, og kapittelnummer endres. Denne normalen erstatter kapittel 08, 09 og 11.

De nye normalene har følgende nr. og navn:

- 1 – Konstruksjoner i fylling
- 2 – Støttekonstruksjoner
- 3 – Elementbruer
- 4 – Plassproduserte platebruer
- 5 – Gangvegbruer

Denne håndboken inneholder normaler med komplette form og armeringsdata for ett- og flerspenns elementbruer med påstøp, samt et kapittel som behandler estetiske forhold.

De normerte elementene består av prefabrikerte, forspente betongbjelker, kalt MOT- bjelker, og prefabrikerte, forspente plateelementer, kalt PLA – elementer.

For MOT – bjelkene inneholder normalen også ferdig dimensjonerte forskalingsplater for støp av dekke. Disse inngår som en konstruktiv del av brudekket.

For begge elementtypene er det utviklet et kantelement, slik at forskaling av brukant unngås ved bruk av disse.

Statens vegvesens normaler er å anse som interne retningslinjer som skal følges så langt dette er mulig. Normaler er ikke forskrifter, og kan ikke påberopes av publikum. Eventuelle avvik fra interne retningslinjer vil bare være gjenstand for intern påpekning og forføyelse, og gir ikke publikum klagerett.

Vegdirektoratet
april 2002-04-10

Ansvarlig avdeling:
Bruavdelingen

3 ELEMENTBRUER

3.1	GENERELT	
3.1.1	Innledning.....	7
3.1.2	Anvendelsesområder.....	8
3.1.3	Dimensjoneringsgrunnlag.....	9
3.1.4	Utførelse og kontroll.....	10
3.1.5	Tverrbjelker ved bruene.....	11
3.2	ESTETIKK	
3.2.1	Generelt.....	12
3.2.2	Stedsvurdering og valg.....	15
3.2.3	Linjeføring.....	16
3.2.4	Valg av spennvidder.....	17
3.2.5	Søyler og overbygning.....	18
3.2.6	Landkar.....	19
3.2.7	Rekkverk, kanter og overflater.....	20
3.2.8	Terrengbehandling.....	21
3.2.9	Nye normerte elementbruer.....	22
3.3	BRUK AV ELEMENTENE PLA OG MOT	
3.3.1	Generelt.....	23
3.3.2	Bruk av de normerte elementer.....	26
3.4	ARMERING AV ELEMENTER	
3.4.1	Armering av PLA-elementer utene samvirke.....	27
3.4.2	Armering av PLA-elementer med samvirke.....	27
3.4.3	Armering av MOT-elementer uten samvirke.....	29
3.4.4	Armering av MOT-elementer med samvirke.....	31
3.4.5	Armering av kantelementer.....	33
3.4.6	Armering av forskalingsplater.....	33
3.5	DETALJMÅL BRUPLATE OG TVERRBJELKER	
3.5.1	Bru og bruplate.....	34
3.5.2	Tverrbjelker, opplegg.....	35
3.5.3	Overgangsplater... ..	37
3.5.4	Detaljer ved brukant.....	37
3.6	ARMERING AV PLASSTØPT BETONG	
3.6.1	Generelt.....	38
3.6.2	Armering av bruplate for PLA.....	39
3.6.3	Armering av bruplate for MOT.....	40
3.6.4	Armering av endetverrbjelke	41
3.7	LAGRING, TRANSPORT OG MONTASJE	
3.7.1	Generelt.....	42
3.7.2	Transport av elementene.....	42
3.7.3	Montasje av elementene PLA og MOT.....	43
3.7.4	Montasje av forskalingsplatene.....	44
3.7.5	Montasje av kantelementene.....	44
3.8	LAGRE	47
3.9	FLERSPENNS/KONTINUERLIGE BRUER	
3.9.1	Generelt.....	47
3.9.2	Flerfelts, ikke kontinuerlige bruer.....	48
3.9.3	Kontinuerlige bruer.....	49
3.9.4	Søyler og fundamenter.....	49

3 ELEMENTBRUER

3.1 GENERELT

3.1.1 INNLEDNING

Denne normalen er for plate- og bjelkebruer bestående av en plasstøpt bruplate som er understøttet av prefabrikerte, normerte plateelementer (PLA) eller bjelker (MOT). Disse plate- og bjelketyper skal erstatte de tidligere normerte bjelker for elementbruer (NIB, NOT, Elementbru nr. 1 og 2).

Til bruk sammen med elementene PLA og MOT er det også normert forskalings- og kantelementer. Derved er det gitt en totalløsning slik at en kan bygge elementbruer uten forskaling på stedet, når en ser bort fra landkar og endeavslutninger. på brua Se fig. 1.1.

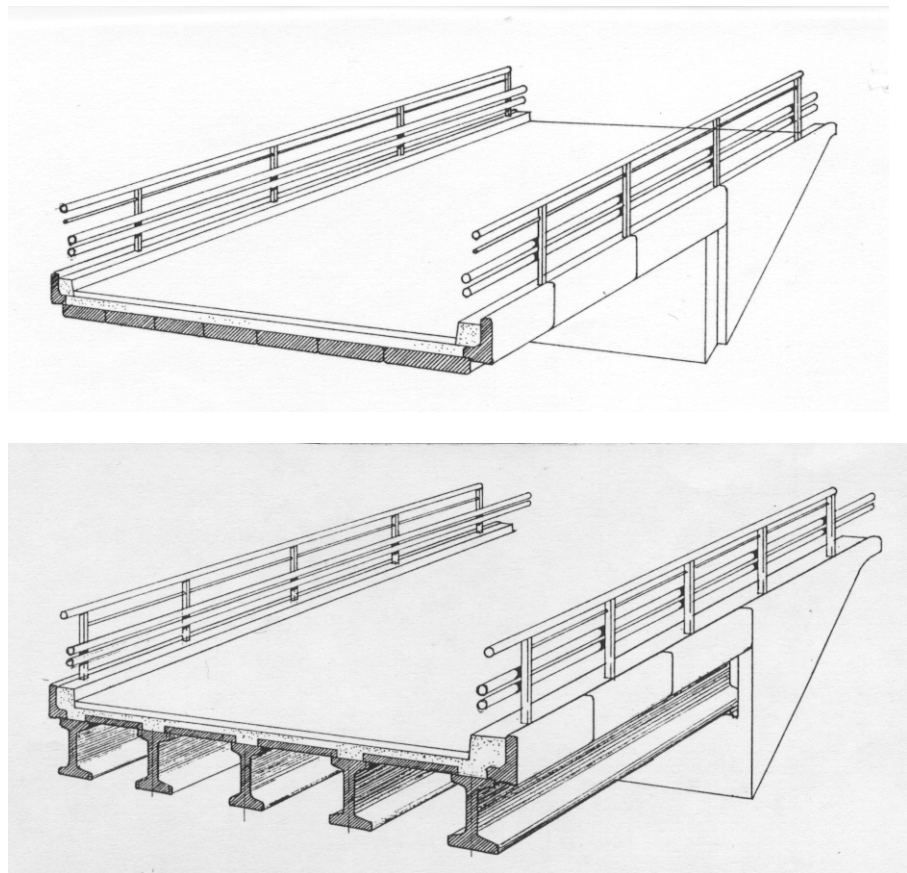


Fig. 1.1 Perspektivtegning av en PLA- og MOT-bru

I kapittel 3.2 er det vist hvordan de normerte elementene kan benyttes til brukonstruksjoner som også estetisk sett er fullt ut på høyde med de beste plasstøpte konstruksjoner.

I kapittel 3.9 er det vist hvordan de normerte bjelkeelementene kan benyttes for flerspenns eller kontinuerlige bruer.

3.1.2 ANVENDELSESOMRÅDER

Normalen inneholder ferdig dimensjonerte prefabrikerte plater, PLA, for spennvidder fra 5 til 14,5 m og prefabrikerte bjelker, MOT, for spennvidder fra 12 til 32 m for enfelts og flerspenns vegbruer. Total brubredde er regnet for å dekke opp til 3 kjørefelt. Normalen kan anvendes for rette bruer og for bruer med skjevhet på opp til 10° . Løsningen kan også benyttes for bruer med større skjevheter, men det må da utføres en kontrollberegning for bjelkene og bruflaten.

Normalens anvendbarhet for vegbruer i kurver må forøvrig vurderes i hvert enkelt tilfelle. Det gjøres oppmerksom på at moderat kurvatur kan opptas ved at kantbjelker og rekkverk utføres med kurve.

Når brubredde og spennvidde er fastlagt, inneholder normalen de data som er nødvendige for å fremstille produksjonstegninger for bruplate, kant-, forskalings- og bruelementer (PLA og MOT).

Bruk av de normerte elementer i sterkt kloridholdig atmosfære, f.eks. direkte utsatt for sjøsprøyt, bør vurderes spesielt.

Det gjøres spesielt oppmerksom på at de armeringsmengder som er gitt i denne normal for PLA- og MOT-elementene er for full utnyttelse av disse. Den standardiserte bølgearmering er basert på maksimum behov for alle MOT-typer og antall bjelker. Dessuten er det regnet med et tillegg for å dekke en skjevhet på 10° . En spesiell beregning og dimensjonering kan derfor ofte føre til at antall spenntau, bølgearmering og antall blendede spenntau kan reduseres betraktelig. Ved en slik beregning skal det påses at elementene har en viss oppbøyning for de permanente laster.

De normerte elementene kan også benyttes for andre formål enn dekket av denne normal, men må da beregnes og dimensjoneres spesielt.

3.1.3 DIMENSJONERINGSGRUNNLAG

Generelt

Horisontalkrefter som virker vinkelrett på senterlinje bru (sidekrefter) er forutsatt opptatt av vingene i sidestyringsfuger. Horisontalkrefter som virker parallelt med senterlinje bru, opptas ved passivt jordtrykk mot bruplatens endeflater og delvis av overbyggets opplegg på landkarene.

Materialer

Generelt gjelder kravene gitt i Prosesskode -2, "Standard arbeidsbeskrivelse for bruer og kaier", siste gyldige utgave og med eventuelle offisielle rettelselser, endringer og tillegg.

Betong:	C65 SV-30 i prefabrikerte elementer. C55 SV-30 i påstøp.
Spennarmering:	Spenntau St. 1700/1900 ifølge NS. Bruelementene armeres med ½" spenntau med forutsatt areal $A_s = 99 \text{ mm}^2$ pr. spenntau.
Slakkarmering:	B 500 C
Flattstål:	S235 J2G3
Hylser:	Av en slik kvalitet og utforming at de gir full forankring av de angitte stenger.

Hvis andre stålqualiteter for spennarmering eller slakkarmering benyttes, må armeringsmengdene justeres i henhold til stålets 0,2-grense eller flytegrense slik at armeringens kapasitet i bruddgrensetilstanden blir den samme som angitt i denne normal. Spennkraftens totale størrelse må ikke forandres.

Belastninger, prosjektering

Lastforskrifter:	Statens vegvesens håndbok 184, "Lastforskrifter for bruer og ferjekaier i det offentlige vegnett", 1995. Bruplaten er dessuten dimensjonert for et slitelag av betong eller asfalt med vekt $2,5 \text{ kN/m}^2$.
Prosjektering:	Statens vegvesens håndbok 185, "Prosjekteringsregler for bruer", 1996.

3.1.4 UTFØRELSE OG KONTROLL

Generelt

Utførelsen skal være ifølge kravene gitt i Prosesskode -2, "Standard arbeidsbeskrivelse for bruer og kaier", siste gyldige utgave og med eventuelle offisielle rettelser, endringer og tillegg.

Toleransekrav

Følgende toleransekrav gjelder for elementene:

	Tillatt avvik mm
Lengde	L/1000
Elementhøyde	±15
Øvrige tverrsnittsmål	±5
Rettkantethet, avvik fra den rette linje for trykk- og strekkgurt målt som pilhøyde (sideveis), maks. dog begrenset til maksimum 30 mm	L/750
Armeringsplassering (i tverretningen) Vertikalt, se under armeringsoverdekning.	±5

L er elementlengden i mm.

For øvrig skal utførelsen være i henhold til nøyaktighetsklasse B ifølge prosess 84.

Kontroll

Kontrollen skal være utvidet ifølge prosess 84.

Armeringsoverdekning

Følgende regler for nominell overdekning av armering skal følges:

- Prefabrikerte elementer, generelt: 45 ± 5 mm
- Prefabrikerte elementer, ok før påstøp: 25 ± 5 mm
- Prefabrikerte elementer, uk bjelker: 50 ± 10 mm
- Betong støpt på stedet 55 ± 15 mm til konstruktiv armering og 45 ± 5 mm til monteringsjern

Herdning, opp- og avspenning

Det er forutsatt at elementene det første døgnet herdner innendørs ved en lufttemperatur på ca. 20°C og de neste døgn ved en kontrollert herdning frem til at den spesifiserte 28-døgns trykkfasthet er oppnådd. Denne herdning kan eventuelt skje utendørs forutsatt at lufttemperaturen er min. 5°C .

Spenntauene oppspennes til følgende krefter før støping:

- I ok bjelke: 100 kN/spenntau
- I uk element: 120 kN/spenntau

Dersom 0,6 mm spenntau benyttes, må den totale spennkraft av alle tau være som angitt for ½ ” spenntau.
Elementene er forutsatt støpt uten pilhøyde i forskalingen.

Ved påføring av spennkraften er det forutsatt at betongen har en fasthet på min. 70 % av 28-døgnsfastheten. Eventuelt samvirke med påstøp er forutsatt etablert etter ca. 28 døgn. Det er forutsatt at spenntauene avspennes etter minimum ett døgn.

På grunn av oppspenningen, svinn og kryp vil elementene få en overhøyde. Denne overhøyden vil øke med tiden, spesielt hvis det går lang tid før elementene belastes med den plasstøpte bruplaten og ev. samvirke etableres. Normalen vil også være anvendbar i de tilfeller herdeforhold, tidspunkt for avspenning og tidspunkt for påføring av vekt fra plasstøpt betong eller eventuelt etablering av samvirke, avviker fra det forutsatt ovenfor. Det må imidlertid tas hensyn til elementets (ekstra) overhøyde. Det vises også til pkt. 3.7.1.

Slitelag

I overkant forsynes bruplaten med slitelag. Slitelaget kommer i tillegg til overdekningen og kan være av membran og asfaltbelegg eller av betong. Bruplaten og elementene er dimensjonert for et slitelag av asfalt eller betong med vekt 2,5 kN/m². Det vises til Statens vegvesens håndbok 145, ”Brudekker, fuktisolering og slitelag”, 1997.

3.1.5 TVERRBJELKER VED BRUENDENE

Normalen er basert på at bruplaten støpes sammen med endetverrbjelker med vinger ved opplegg. Spenntauene bør derfor gis et utstikk på f.eks. min. 200 mm for forankring til tverrbjelken.

3.2 ESTETIKK

3.2.1 GENERELT

Bruer bygget av prefabrikerte elementer har de senere år hatt en relativ lav status når estetiske kvaliteter skal bedømmes. Det er enkelt å finne eksempler til skrekk og advarsel. Resultatet har ofte vært slik at kritikken har vært berettiget, men den er for unyansert.

Viktigere enn om brua plasstøpes eller prefabrikeres er vurderingene av de viktige hovedprinsipper som lokalisering av brusted, linjeføring, landkarutforming, proporsjoner og detaljering. Det vil si *valgene* vi foretar. Her, på *dette* stedet, bør vi kanskje ikke velge elementbru, mens et annet sted gir elementbrua den gode løsningen, både konstruktivt, økonomisk og estetisk.

Som kriterier for en arkitektonisk vellykket bru, bør særlig fremheves:

- Naturlig brusted, f.eks. der man finner en innsnevring av en dal eller elv, og hvor sideterrenget ligger godt til rette for en helhetlig formløsning.
- God linjeføring.
- Innbyrdes harmoniske dimensjoner i spenninndeling.
- Gode proporsjoner i pilarer, søyler og overbygning.
- Landkarutforming egnet for det terreng brua skal møte, og med gode proporsjoner i forhold til brospenn.
- God utforming av rekkverk med særlig vekt på avslutninger.
- God materialvirkning, overflater, fargebruk.
- Omsorgsfull terrengbehandling.

Det er verdt å legge merke til at alle disse kriterier kan oppfylles ved bruk av elementbruer. Det er derfor lite klokt å gjøre elementbruer generelt til sydebukk for en periode med lite omtanke for estetikk. Det er bedre å gjøre en innsats for å forbedre utformingen av bruene, og fremfor alt å sette søkelys på de riktige valgene.



Elementbru med gode proporsjoner og linjeføring



Enkel og harmonisk elementbru

3.2.2 STEDSVURDERING OG VALG

Elementbruer hører til, og bør høre til, den gruppe av enkle og forholdsvis «anonyme» bruer som bygges i stort antall. Det betyr at de først og fremst er egnet for situasjoner der det er lite ønskelig med en markant, fremhevende virkning. Det vil si at utformingen bør være enkel og stedsnøytral. Fordi produktene skal kunne gjentas på mange forskjellige steder, sier det seg selv at dette bør stille høye krav til produktenes design.

Eksempler på særlig aktuelle steder, *kan* være:

- Serier av kryssende bruer over en vei, som oppleves tett etter hverandre og som derfor bør ha et formmessig slektskap, eller være like. Nettopp i slike situasjoner er enkelhet viktig.
- Enkle bruer, gjerne kombinert med dempet materialvirkning eller fargebruk kan også være egnet i visse typer naturområder, f.eks. naturskog, hvor helhetsresultatets kvalitet skal være dominert av *omgivelsene* og ikke av brua.
- Vegbruer over lite eksponerte dalsøkk eller steder med liten eller ingen ferdsel. Det betyr ikke at det på slike steder spiller mindre rolle hvordan byggverk utformes, men det er ikke her man legger innsatsen i spesiell design eller ornamentikk.

Man bør være spesielt nøye med valg av brutype i følgende situasjoner:

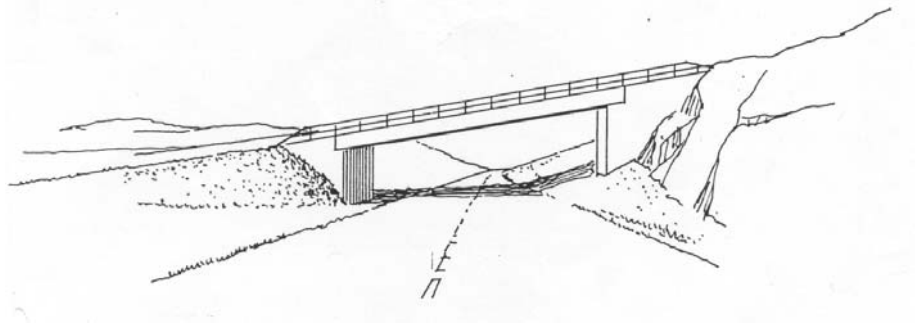
- I byer eller tettsteder, hvor samspill med omkringliggende bebyggelse er viktig.
- Steder der omgivelsene til brustedet har særegne kulturtrekk som inviterer til spesiell form- og materialvirkning.
- Situasjoner hvor spesiell identitetsskapende formgivning er aktuell, f.eks. portal til et tettsted, ved et gammelt kirkested eller i et spesielt landskap.

Utbyggerens valg av brutype for en bestemt situasjon, gjøres betydelig lettere ut fra en etterrettelig og realistisk visualisering som en god perspektivtegning eller fotomontasje.

Det forutsetter at stedet gjengis korrekt og gjenkjennelig, og fortrinnsvis slik folk flest vil oppleve brua.

3.2.3 LINJEFØRING

Gode prinsipper for å krysse en hindring på det smaleste sted - dalen, elva eller sjøen - er trolig enda viktigere når prefabrikerte løsninger velges, fordi utformingen er mer eller mindre gitt og derved gir mindre spillerom for spesiell tilpasning. Man bør tilstrebe å få til en så lik landkarhøyde på begge sider som mulig. Skal man lære noe av de mange negative eksempler på bruer som er bygget, finner man ofte grunnen i den vertikale linjeføringen.



Slike eksempler er historie

Ved en situasjon hvor brustedet er fastlåst og hvor linjeføringen åpenbart blir uheldig, f.eks. en sterkt fallende brulinje, bør større terrenginngrep som kan bedre forholdet, vurderes. Selvsagt er det da en klar forutsetning at inngrepet formes bevisst og settes skikkelig i stand. Alternativt kan brua utføres asymmetrisk. Det krever en annen løsning enn en enkel elementbru og er en mer avansert designoppgave.

Det beste er naturlig nok at man har mulighet til å flytte brustedet til et sted hvor terrenget ligger til rette for en enkel og naturlig kryssing.

Vi må nå ha tilbakelagt det stadium hvor overgangsbruer med en eller flere knekker får lov til å vansire omgivelsene.

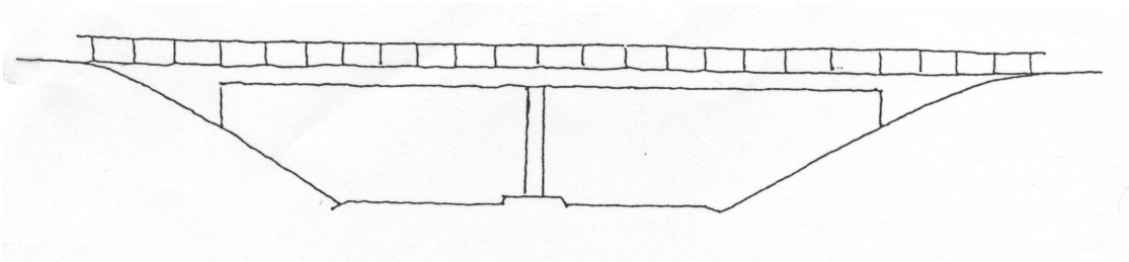
Det viktigste er at den vertikale linjeføringen har kontinuitet. Svært ofte virker en tydelig krumming, pilhøyde, positivt på inntrykket av bruas spenst.

3.2.4 VALG AV SPENNVIDDER

Formgivning og innbyrdes avstemming av søyler, overbygning og landkar er de viktigste elementer når lokalisering og linjepålegg er valgt. Det er ingen motsetning mellom estetikk og fornuft. Vurderingen bør derfor også ha en klar forankring i statiske vurderinger.

Tospenns bruer

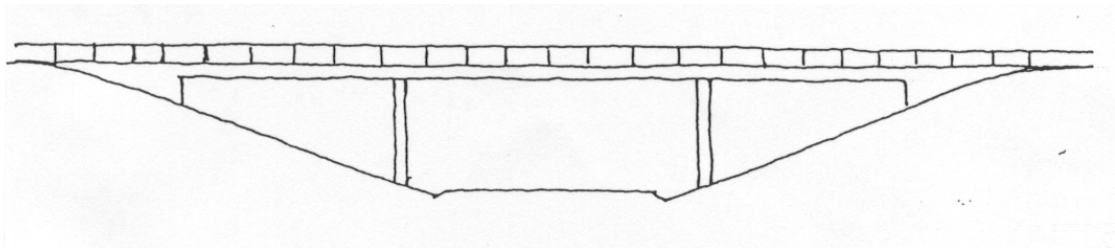
Tospenns bruer kan ofte virke stive, særlig når de er symmetriske. Det behøver ikke nødvendigvis være negativt.



Tospenns bru

Trespenns bruer

Trespenns bruer vil utgjøre den største gruppen av elementbruer og kan med enkel omtanke bli fine bruer. En naturlig balanse mellom midtspenn og sidespenn vil naturlig skape et godt spenningsforhold mellom de volumer bæresystemet deler inn. Normalt vil et spennviddeforhold mellom hovedspenn og sidespenn på ca. 1:0,7 gi en harmonisk spenninndeling.

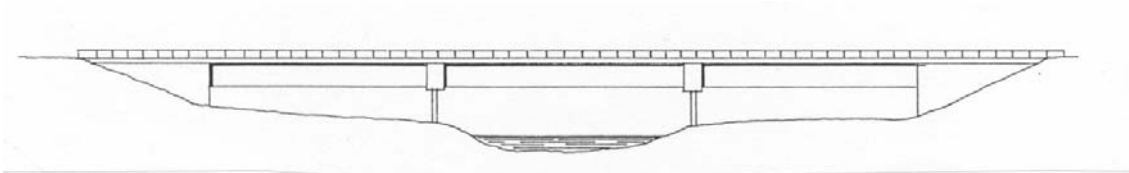


Trespenns bru

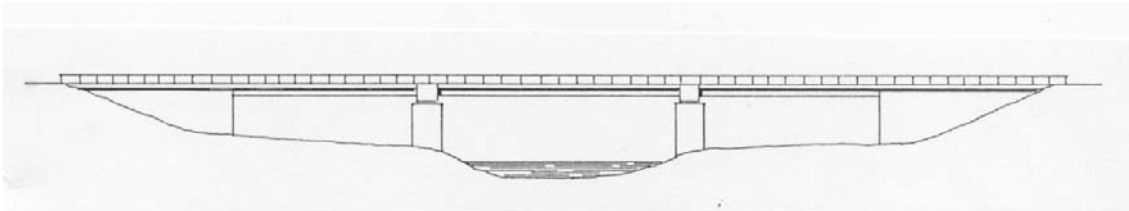
3.2.5 SØYLER OG OVERBYGNING

Erfaringsmessig bør man være varsom med å pine ned dimensjoner til minimalisert statikk. Estetiske vurderinger tilsier at man bør gå noe opp i dimensjoner. Det er viktig at en søyle har en dimensjon som er harmonisk avstemt med tyngdevirkningen av overbygningen den skal bære. Søylene kan med fordel trekkes godt inn fra gesimsen for å gi et spenningsforhold i tverretningen.

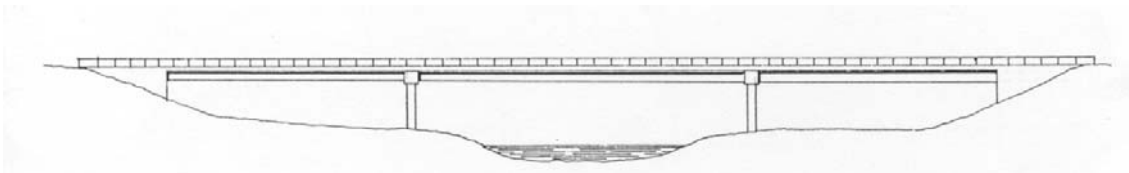
Søylens form velges ut fra det helhetsuttrykk man tilstreber. Et sirkeltverrsnitt er behagelig og enkelt, men gir et noe tyngre uttrykk enn en skarpskåren form. Ved store brubredder kan det være aktuelt med pilarer der man ønsker en kraftig og ren virkning. Alternativt kan søyler plasseres i grupper, som kan gi en mer spenningsfylt virkning enn jevn søyleavstand i tverretningen.



Grove brubjelker og tynne søyler gir et disharmonisk visuelt inntrykk



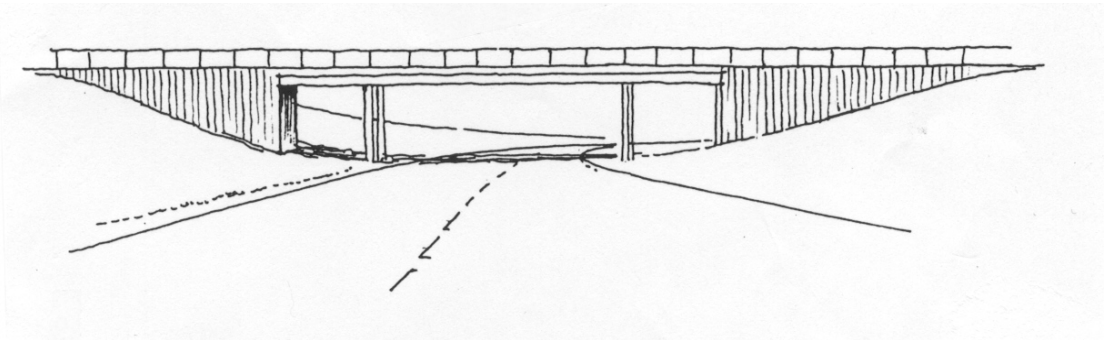
For grove søyler og unødig store landkar



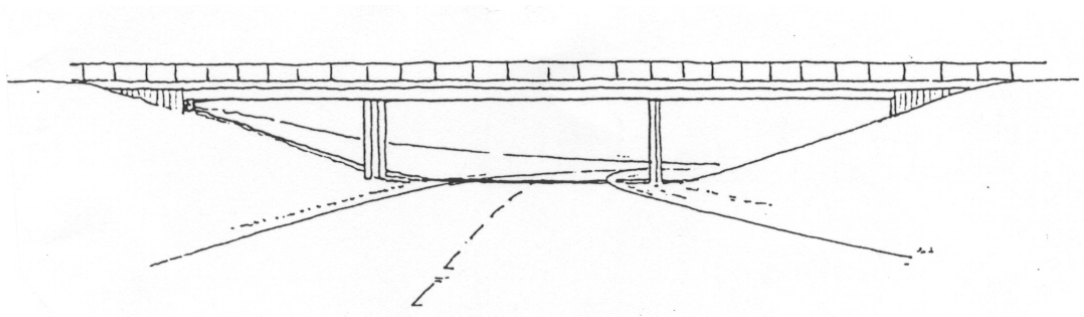
Harmonisk dimensjonering og spenninndeling – mindre landkar

3.2.6. LANDKAR

Det er ikke nok med en velproporsjonert brukonstruksjon hvis ikke landkaret gis den samme oppmerksomhet som bruas øvrige elementer. Dimensjonene skal avstemmes med øvrig dimensjonering og med spennvidder. Landkarutforming medvirker til bruas virkning i landskapet. For eksempel kan overdimensjonerte landkar få den virkning at brua «demmer» opp landskapet og svekker en forøvrig elegant bruform. Landkarets funksjon er å være opplegg for overbygningen, og å fungere som funksjonelle terrengstøttmurer. Utformingen skal klart uttrykke dette og heller ikke mer. De enkle løsningene er de estetisk beste - og ofte de rimeligste. Skrå vingemurer (dvs. vinger som danner en vinkel med bruas senterlinje) får ofte et tilfeldig preg og gir et tungt og rotete helhetsinntrykk. Å føre støttmurene langs brua og veien så langt det er nødvendig for å få planert pent inntil, vil være en nett og fin løsning på bruas møte med terrenget.



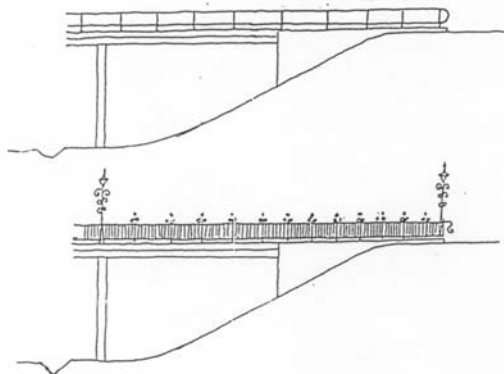
For grove landkar demmer opp landskapet



Mindre landkar gir en god og åpen virkning

3.2.7 REKKVERK, KANTER OG OVERFLATER

Generelt henvises til rekkverksnormalen. Spesielt bør man vise omtanke for rekkverkets avslutninger slik at det ikke slutter på et tilfeldig sted med neglisjert detaljering. Særlig overganger til vegrekkverk blir ofte svært skjemmende hvis detaljene ikke løses skikkelig. De enkle bruer som elementbruer er, bør ha enkelt detaljerte rekkverk uten overeksponert pynt.



Det bør være enkle rekkverk på enkle bruer

Gesimsavslutning av bruplate er en viktig del av fasaden. Ofte skjemmes kanten av at overflatevann føres ut over denne, og av uregelmessigheter i betongen. Kantelementer vil rette opp dette, løse avvaningen og gi brua et presist uttrykk. Elementene bør ha en inndeling som stemmer med rekkverksstolpenes avstand og avslutningene ved landkar.

Bruk av betongelementer kan kvalitetssikre overflater og god utførelse av profiler. Dette vil bedre det estetiske inntrykket. Eventuell fargesetting forutsetter at dette gjøres bevisst i forhold til form, konstruksjon og bruas helhetsvirkning i landskapet. En frisk og lys fargesetting kan være raffinert, men vil fremheve brua og eksponere den sterkere i landskapet. Stedet må være avgjørende eller medvirkende til vurderingen. Fargesetting må utføres ved tilsetning av fargepigment i den ferske betongen.

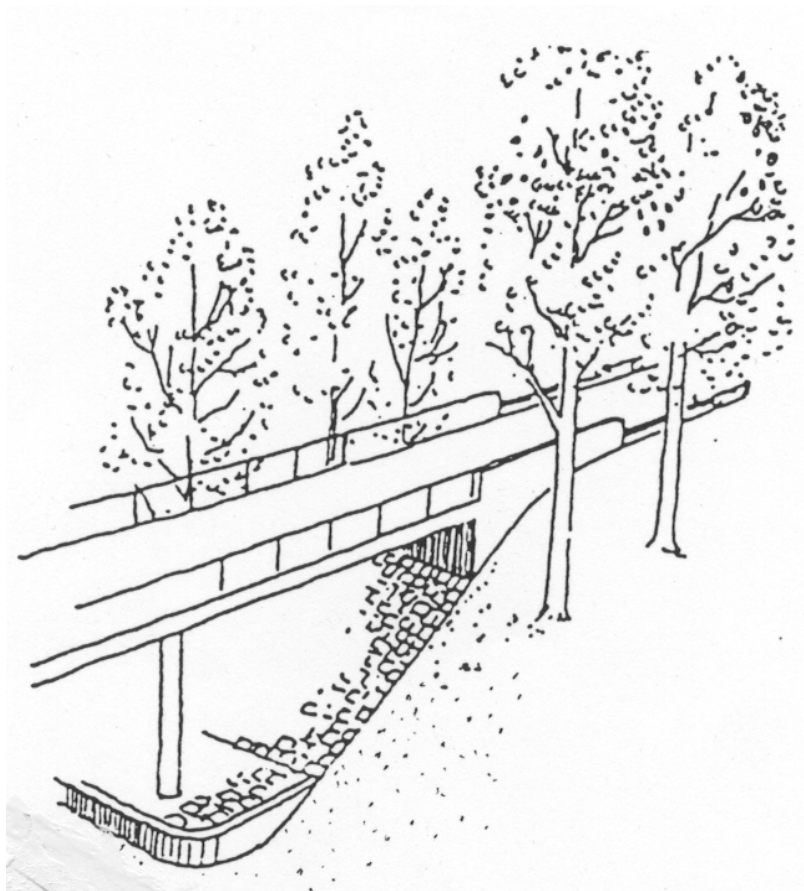
For betongelementer som for plasstøpte konstruksjoner, er valg av forskaling viktig og bør gi betongen et presist og naturlig uttrykk for materialets egenart. Selv om elementer benyttes til brua, vil plasstøping av landkar være aktuelt. Derfor skal man være spesielt oppmerksom på overgangene og sammensetning av overflater med forskjellig preg.

Eventuell lyssetting av brua, master og armerer må planlegges sammen med det øvrige for å sikre at også disse elementene blir en integrert del av helheten.

3.2.8 TERRENGBEHANDLING

De terrennginngrep bruanelgget medfører, skal formgis og vegetasjonsbehandles slik at berørt terreng blir en naturlig del av omgivelsene. For å få et vellykket resultat må man ofte håndtere en større del av terrenget enn det som er strengt tatt nødvendig for funksjonelle hensyn. Særlig der brustedet er vanskelig, kan det ligge et stort potensial i terrengbearbeidelse. Dette krever naturligvis at terrengformingene blir en del av prosjekteringen og ikke noe man gjør etterpå. Godt kartgrunnlag for brustedet må alltid være en forutsetning- og at det brukes.

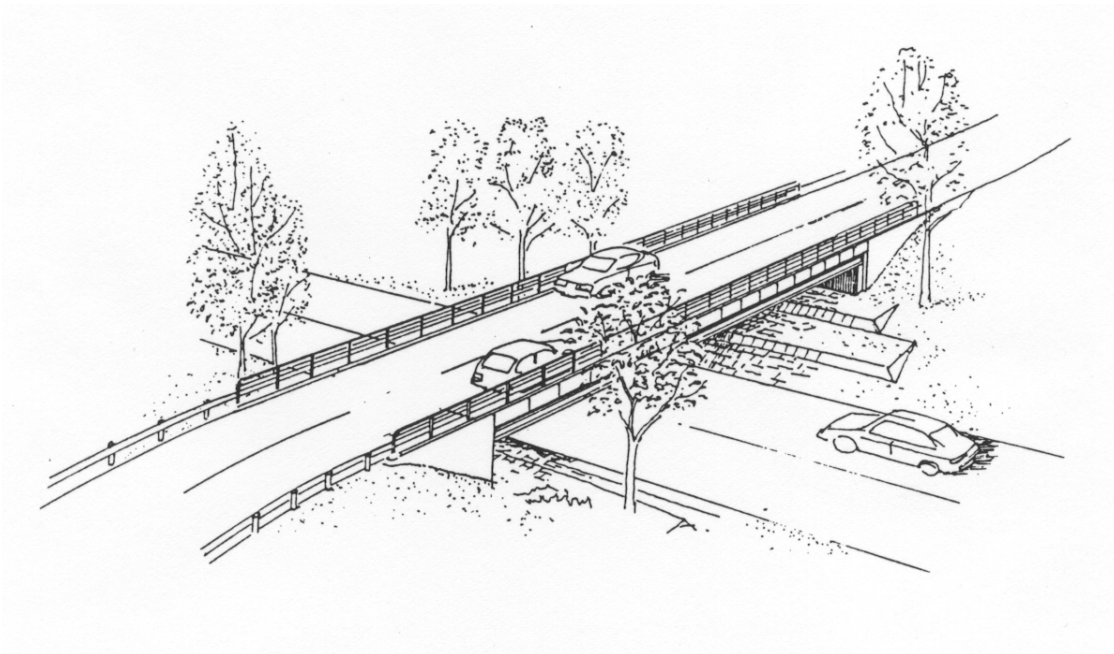
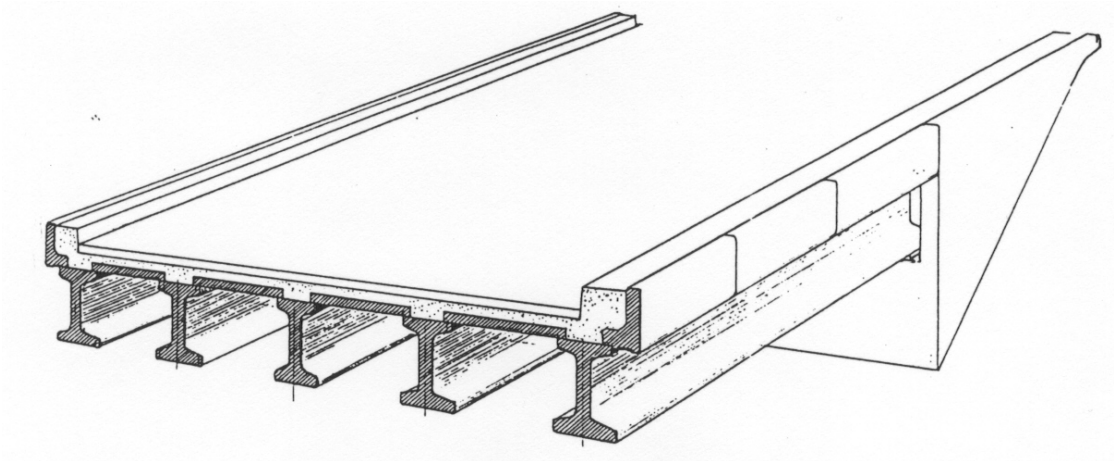
Et tilbakevendende problem er arealet under bruplata, hvor det vil være dårlige forhold for vegetasjonsetablering. Steinsetting vil som regel være det beste, gjerne utformet med velordnet natursteinsplastring. Arealet bør ikke virke for markert i forhold til utenforliggende terreng. Overgangssonene mellom gress og steinsatte arealer, kan med fordel utformes som armerte gressarealer, det vil si steinsetting med tilsådde fuger.



Steinsetting under brua

3.2.9 NYE NORMERTE ELEMENTBRUER

De nye elementbruene har blant annet som mål å etablere totalløsninger som reduserer byggetiden. Elementene som beskrives her, skiller seg fra tidligere normerte løsninger ved at kantelementer og brubjelker er gitt beslektet design med presist avrundede kanter. Perspektivskissene antyder også løsninger for utforming av rigler og landkar. Intensjonen er å gi den nye generasjonen elementbruene et mer bearbeidet og raffinert uttrykk.



3.3 BRUK AV ELEMENTENE PLA OG MOT

3.3.1 GENERELT

Fig 1.1 er en perspektivtegning av bruer hvor henholdsvis PLA - og MOT- elementer er benyttet (henholdsvis en PLA- og en MOT- bru).

Plate-elementene PLA settes inntil hverandre, et spesielt kantelement monteres og det hele støpes sammen med en plasstøpt betongplate. Før støp av bruplate legges skumgummistrimler i topp fuge mellom platene for å hindre lekkasje av sementslam.

Bjelke-elementene MOT monteres med lik avstand mellom bjelkene. Som forskaling mellom bjelkene brukes slakkarmerte plater, for kantene brukes den samme type kantelement som for PLA og det hele støpes sammen med plasstøpt betong.

Fig. 3.1 viser dimensjonene for de to PLA-elementene som er blitt normert.

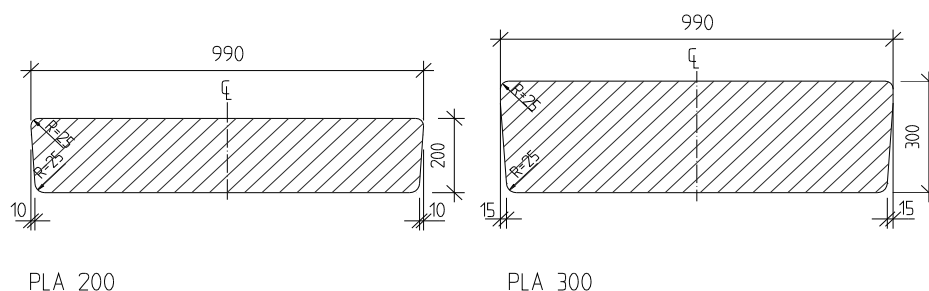


Fig. 3.1 Normerte PLA-elementer

Fig. 3.2 viser dimensjonene for de tre MOT-elementene som er blitt normert.

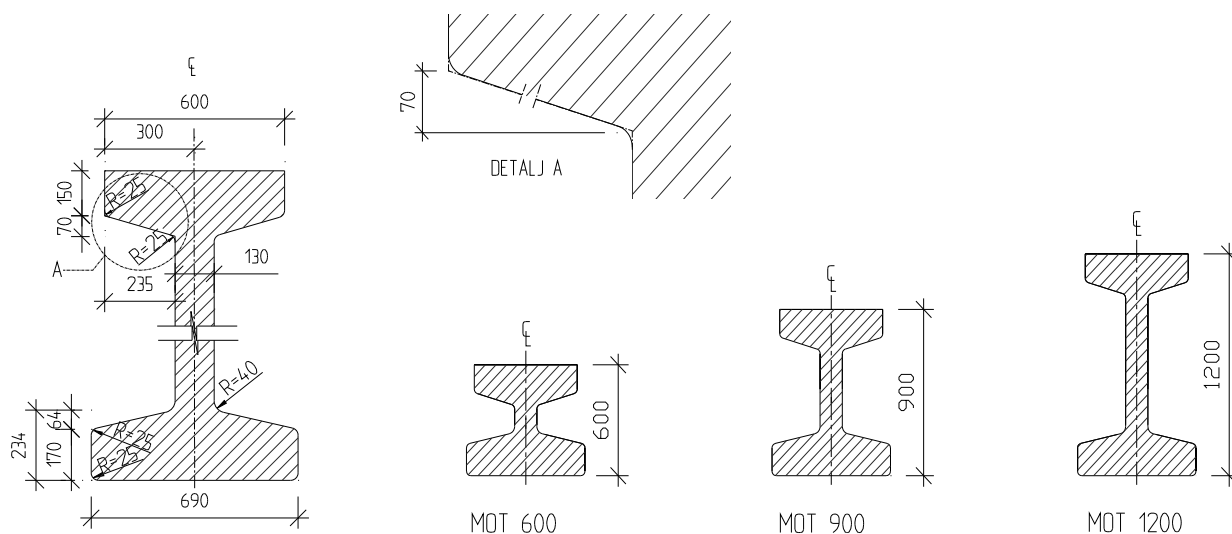


Fig. 3.2 Normerte MOT-elementer

Fig. 3.3 viser dimensjonene for kantelementet som brukes både for PLA- og MOT-bruer. Noen små endringer i dimensjonene kan foretas for å oppnå nødvendig slipp.

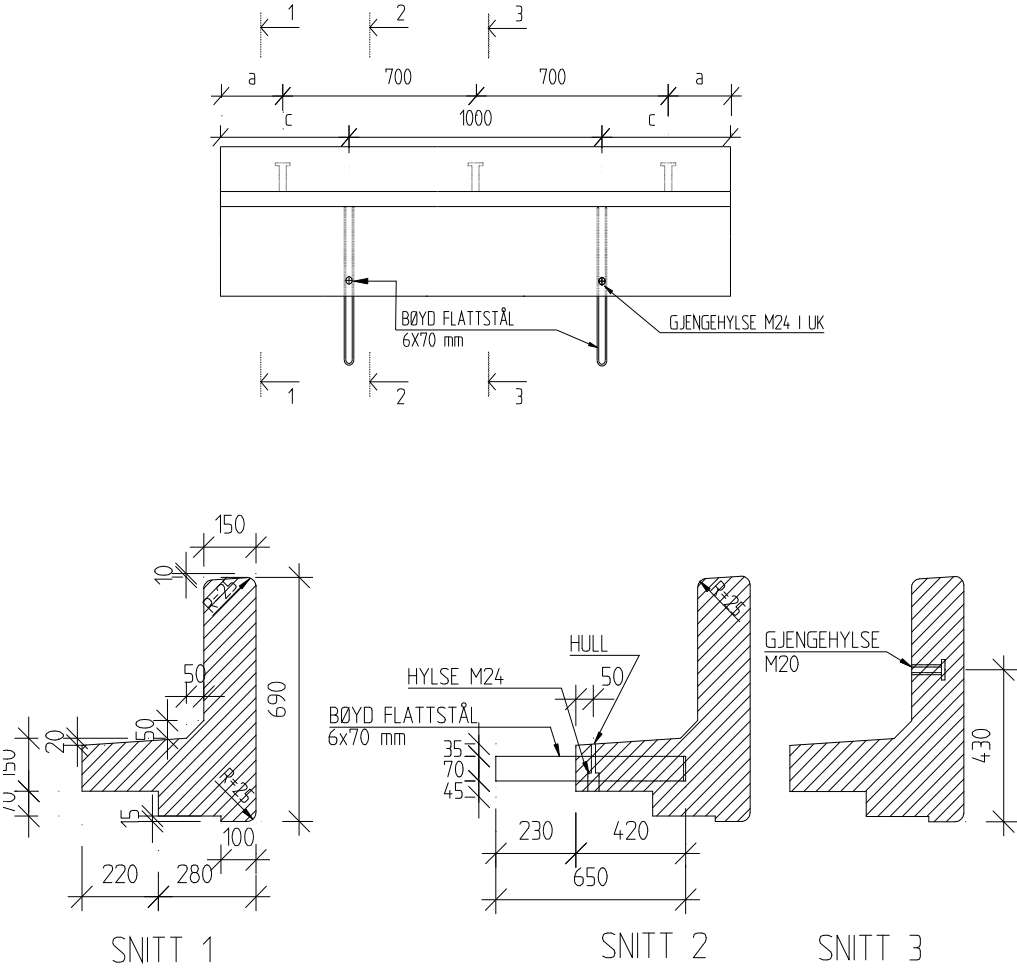


Fig. 3.3 Normerte kantelementer. Se også pkt. 3.7.5 hvor flere detaljer er vist

Fig. 3.4 viser dimensjonene for forskalingsplatene som benyttes som forskaling av bruflaten mellom MOT-elementene.

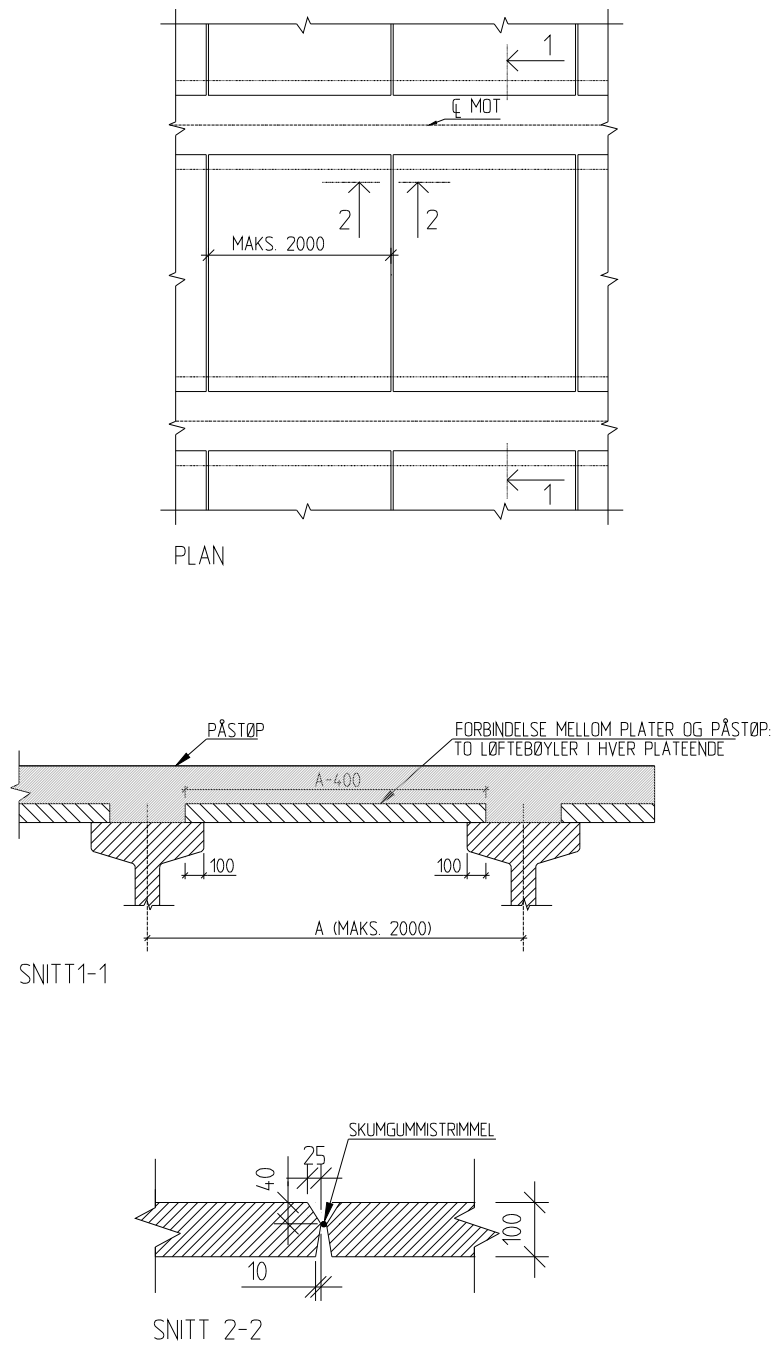


Fig. 3.4 Normerte forskalingsplater

Toppflatene som skal forsynes med påstøp, skal være ru, f.eks. ved en tverrgående kosting. De ytterste 100 mm på toppflensen av MOT skal være glatt for å gi et jevnt opplegg for forskalingsplatene.

3.3.2 BRUK AV DE NORMERTE ELEMENTENE

Fig. 3.5 viser begrensninger for bruk av de normerte elementene. Kurvene viser maksimum spennvidder for de to normerte PLA-elementene samt tilsvarende for MOT-elementene, med og uten samvirke, hvor også senteravstand mellom elementene naturligvis er et viktig valg. (max 2 m.)

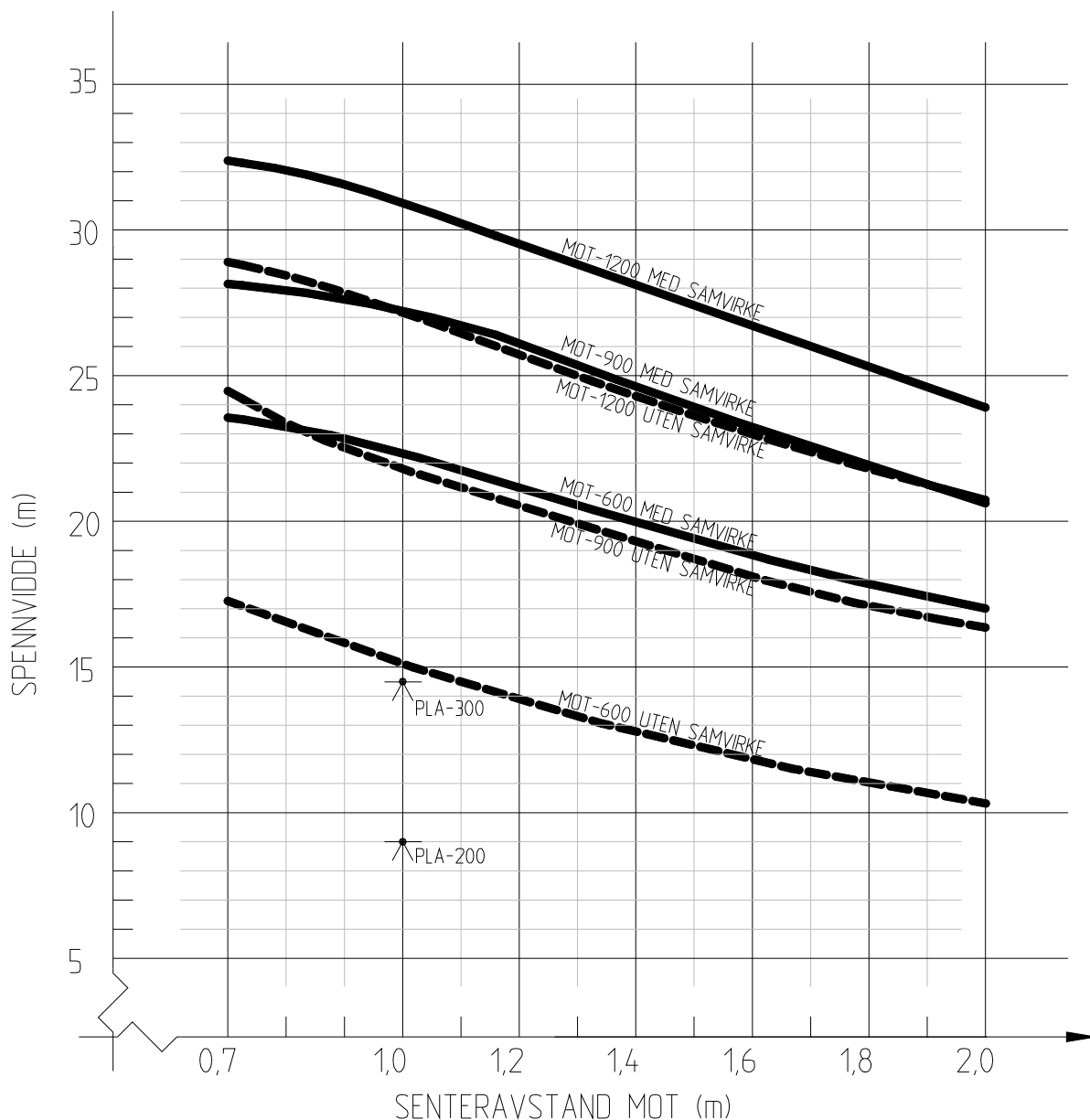


Fig. 3.5 Bruk av de normerte elementene basert på maksimal utnyttelse

Fig. 3.5 forutsetter bruk av de normerte kantelementene og forskalingsplatene som er beskrevet i denne normalen. Dersom bjelkene benyttes ved løsninger som avviker fra den normerte, må brua beregnes spesielt og godkjennes av Vegdirektoratets bruavdeling.

I hvert enkelt tilfelle vil det være konstruktøren som må foreta et valg om bruk av elementer med eller uten samvirke med den plasstøpte bruplatten. Når et slikt valg skal foretas, må elementstørrelse, ev. senteravstand, kostnader for ev. bøylearmering og ikke minst de forskjellige arbeidsoperasjoner og sikkerheten av disse, vurderes nøye.

3.4 ARMERING AV ELEMENTER

3.4.1 ARMERING AV PLA-ELEMENTER UTEN SAMVIRKE

PLA 200 og 300 kan benyttes uten at de har samvirke med den plasstøpte bruplatten. Denne løsningen er imidlertid ikke med i denne normalen da bruken av slike elementer vil være meget begrenset.

3.4.2 ARMERING AV PLA-ELEMENTER MED SAMVIRKE

Fig. 4.1 viser detaljert armering av elementene PLA 200 og 300 med samvirke med den plasstøpte bruplatten. Kfr. pkt. 3.1.4 for oppspenning av spenntauene.

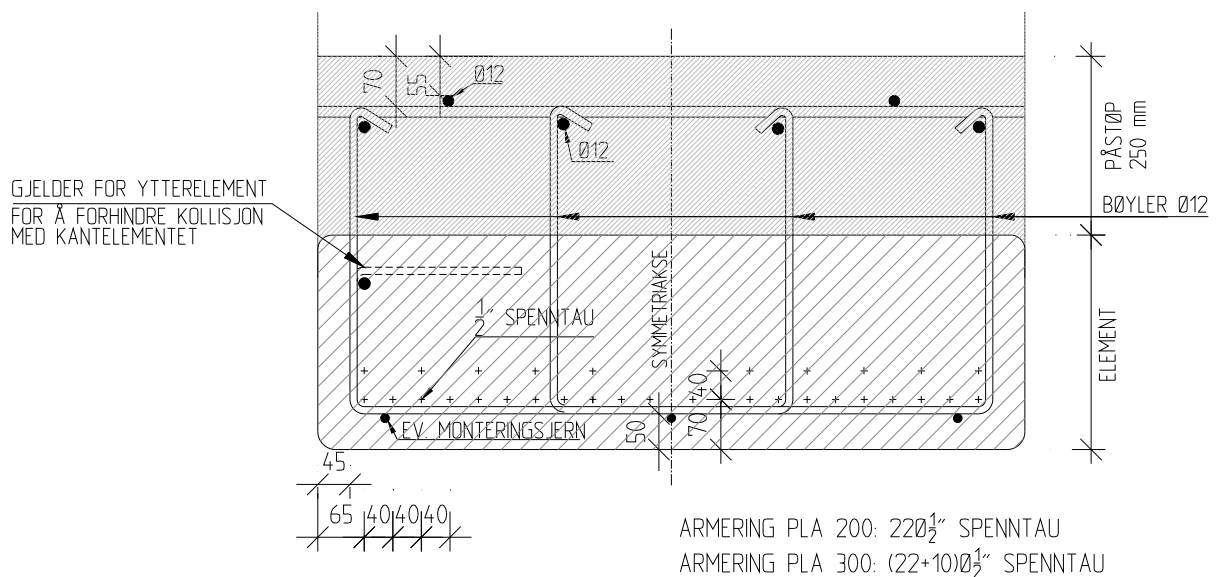


Fig. 4.1 Armering av PLA-elementer med samvirke

Se fig. 4.2 for senteravstand bøyler og fig. 4.3 for spaltstrekkarmering. Monteringsjern i topp plate for å sikre riktig plassering av bøyler er ikke vist.

I fig. 4.2 er senteravstand for bøyler vist.

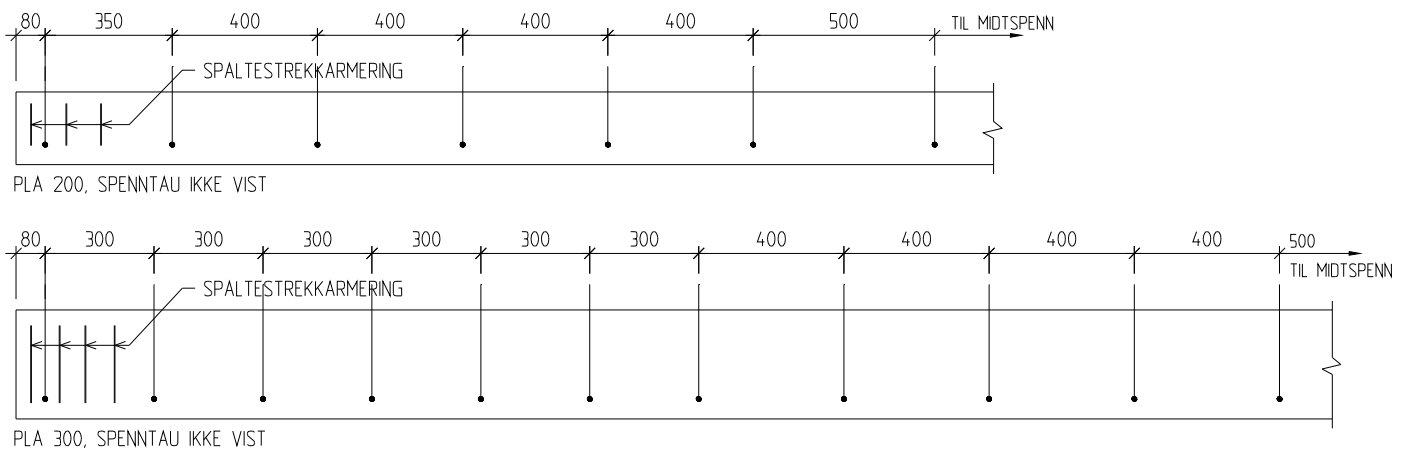


Fig. 4.2 Oppriss av PLA som viser senteravstand av de bøylerne som ikke er vist i fig. 4.1 .
For spalttestrekkarmering se fig. 4.3

Kfr. pkt. 3.1.4 for oppspenning av spenntauene.

I tillegg til armeringen vist i fig. 4.1. og 4.2 skal det legges inn spalttestrekkarmering som vist i fig. 4.3. Blending av spenntau ved elementene er unødvendig.

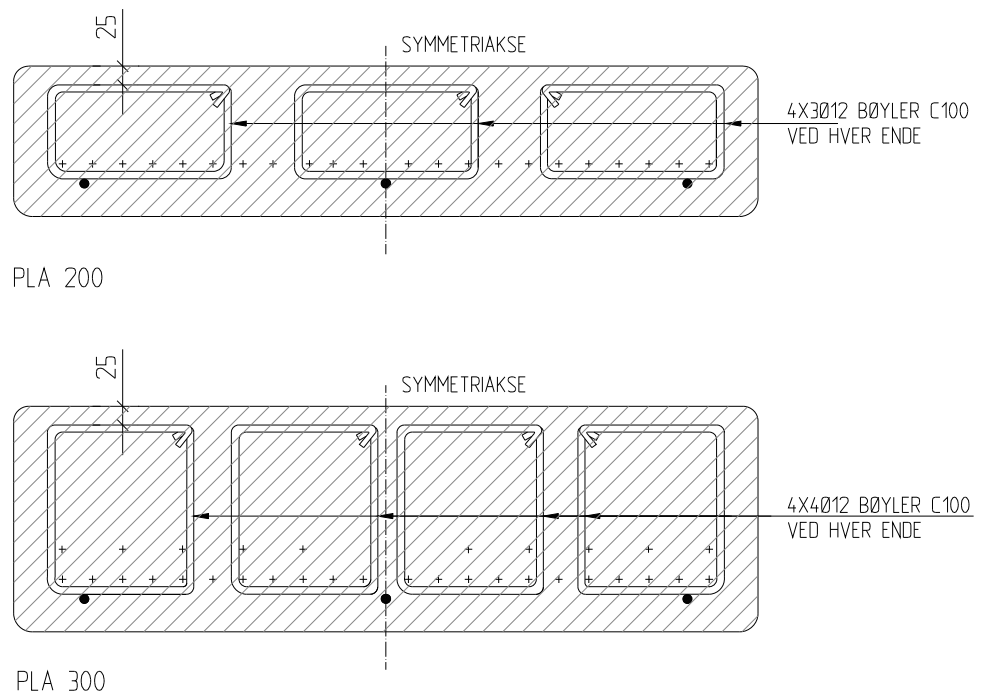


Fig. 4.3 Spalttestrekkarmering ved elementender. Ordinære bøyler og ev. ekstra monteringsjern er ikke vist

Produsenten av elementene må selv vurdere ev. ekstraarmering for løfting, transport og montasje. I pkt. 3.7.2 er angitt hva som er forutsatt for de normerte elementene.

3.4.3 ARMERING AV MOT-ELEMENTER UTEN SAMVIRKE

Fig 4.4 viser detaljert armering av MOT-elementene når de ikke har samvirke med den plasstøpte bruplatten.

Kfr. pkt. 3.1.4 for oppspenning av spenntauene.

Produsenten av elementene må selv vurdere ev. ekstraarmering for løfting, transport og montasje. I pkt. 3.7.2 er angitt hva som er forutsatt for de normerte elementene.

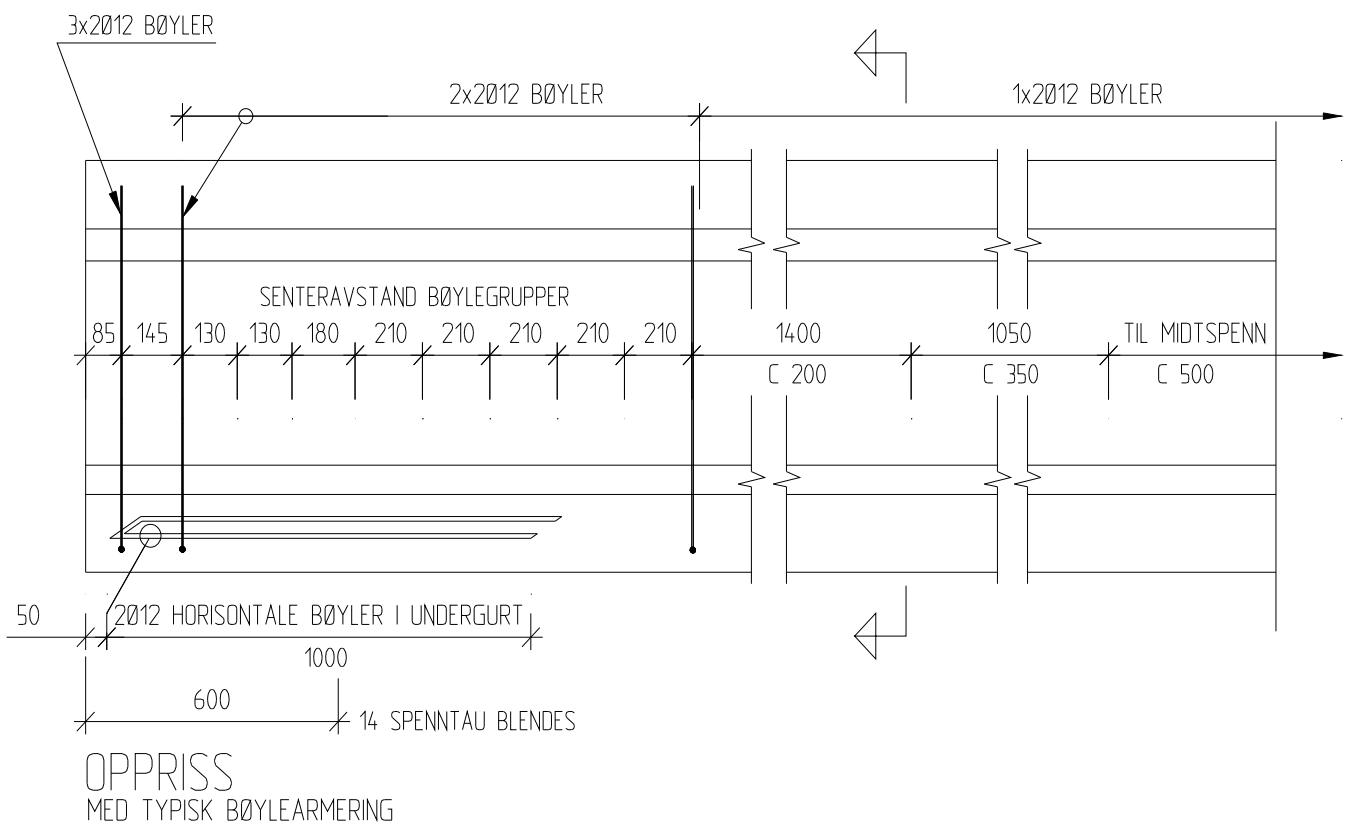
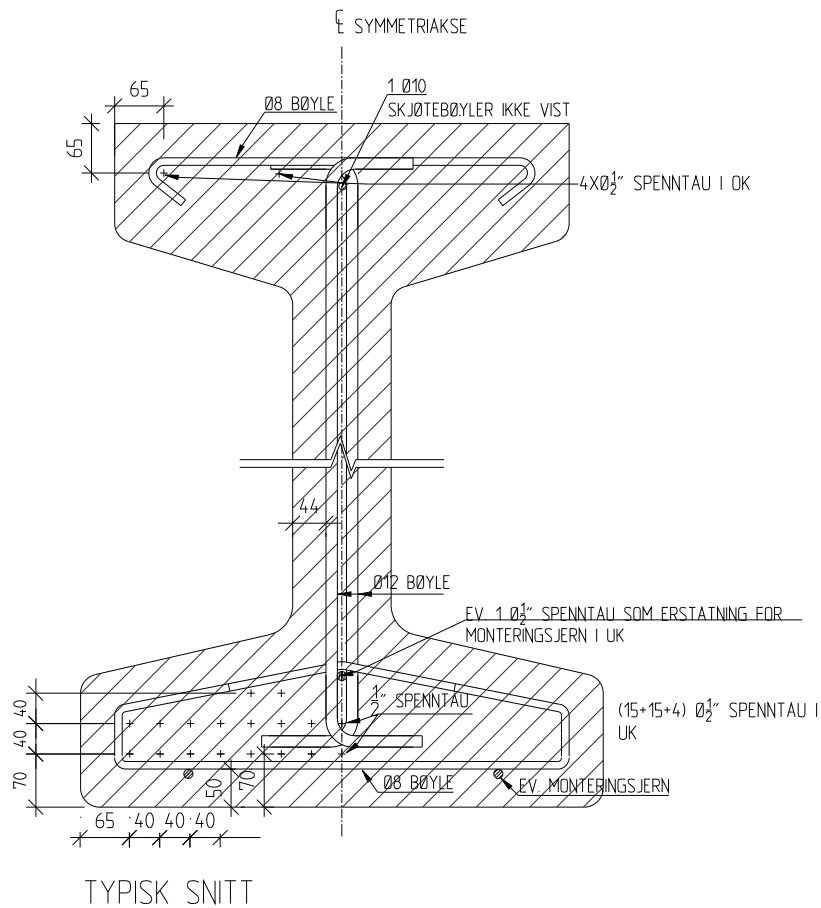


Fig. 4.4 Armering av MOT-elementer uten samvirke. Kfr. pkt. 3.1.2 for blanding av spenntau

3.4.4 ARMERING AV MOT-ELEMENTER MED SAMVIRKE

Fig. 4.5 viser detaljert armering av MOT-elementene når de har samvirke med den plasstøpte bruplatten.

Kfr. pkt. 3.1.4 for oppspenning av spenntauene.

Produsenten av elementene må selv vurdere ev. ekstraarmering for løfting, transport og montasje. I pkt. 3.7.2 er angitt hva som er forutsatt for de normerte elementene.

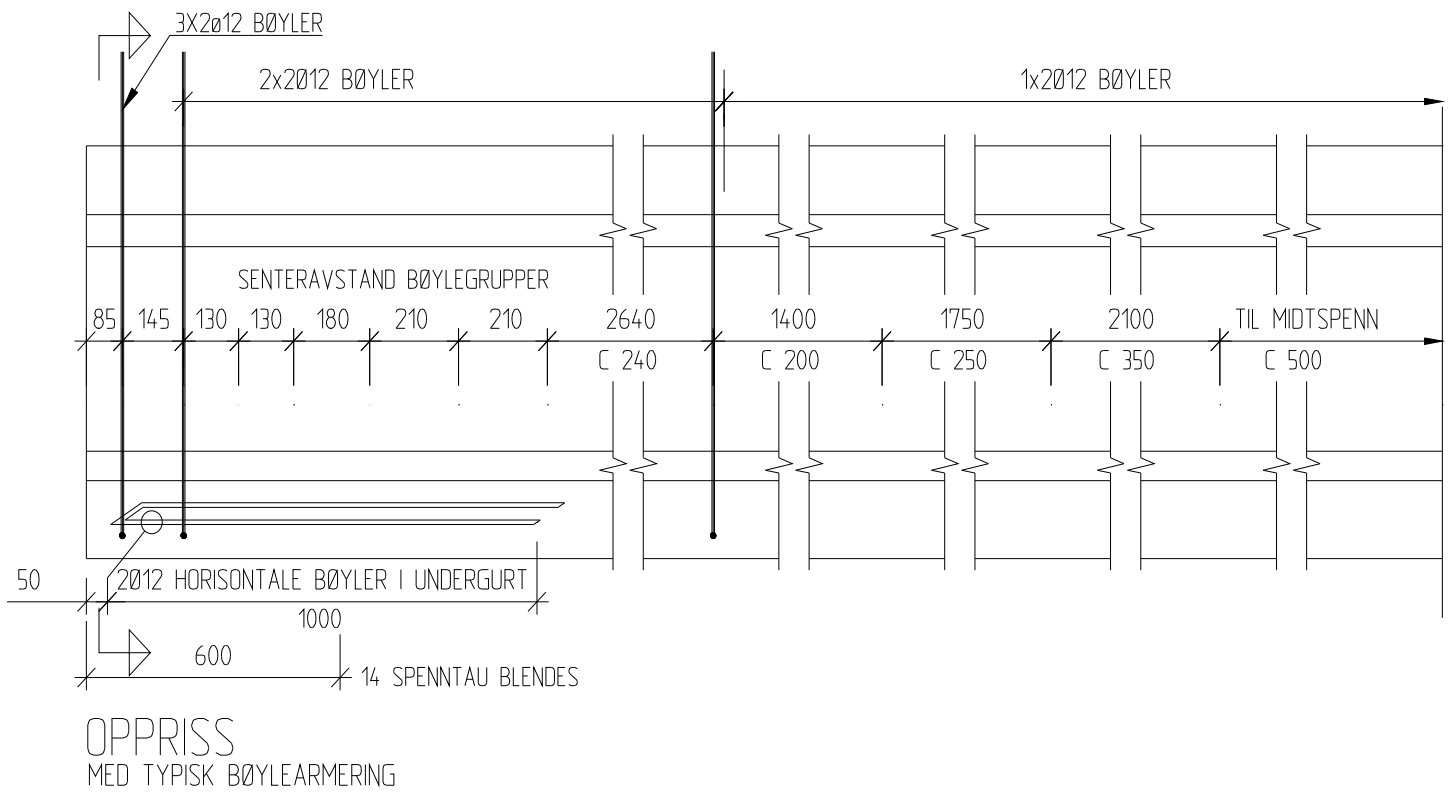
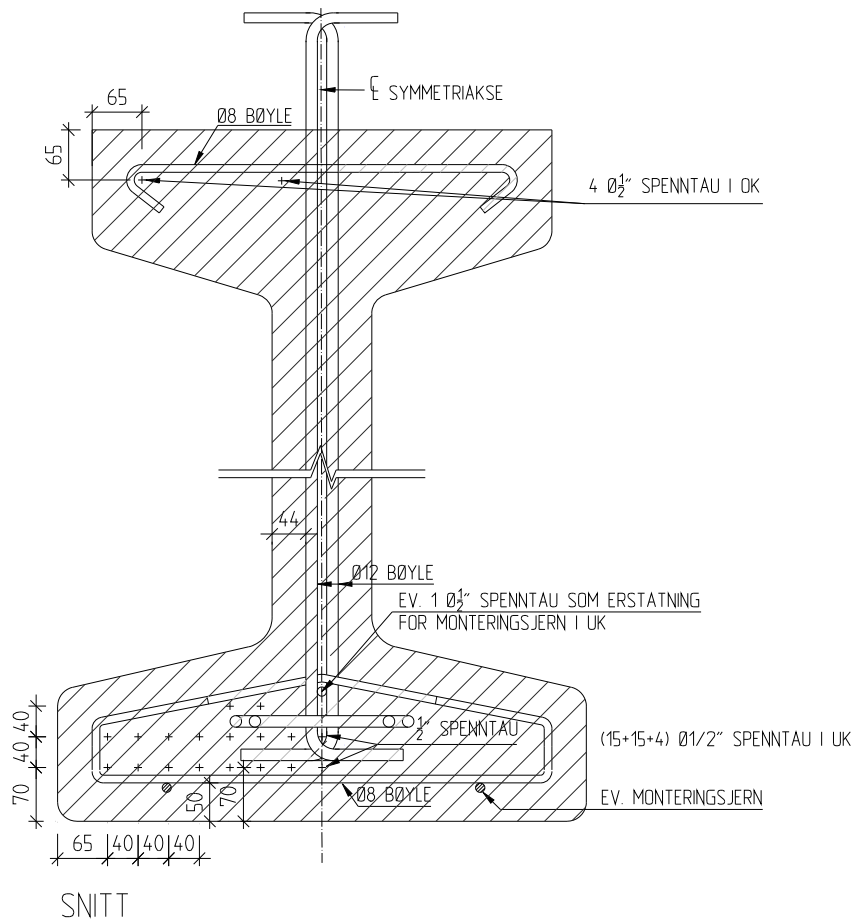


Fig. 4.5 Armering av MOT-elementer med samvirke. Kfr. pkt. 3.1.2 for blending av spenntau
32

3.4.5 ARMERING AV KANTELEMENTER

Fig. 4.6 viser detaljert armering av kantelementene.

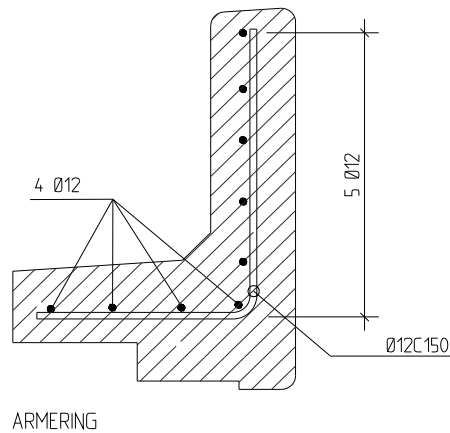


Fig. 4.6 Armering av kantelement

Produsenten av elementene må selv vurdere ev. ekstraarmering for løfting, transport og montasje

3.4.6 ARMERING AV FORSKALINGSPLATER

Fig. 4.7 viser armering av forskalingsplate.

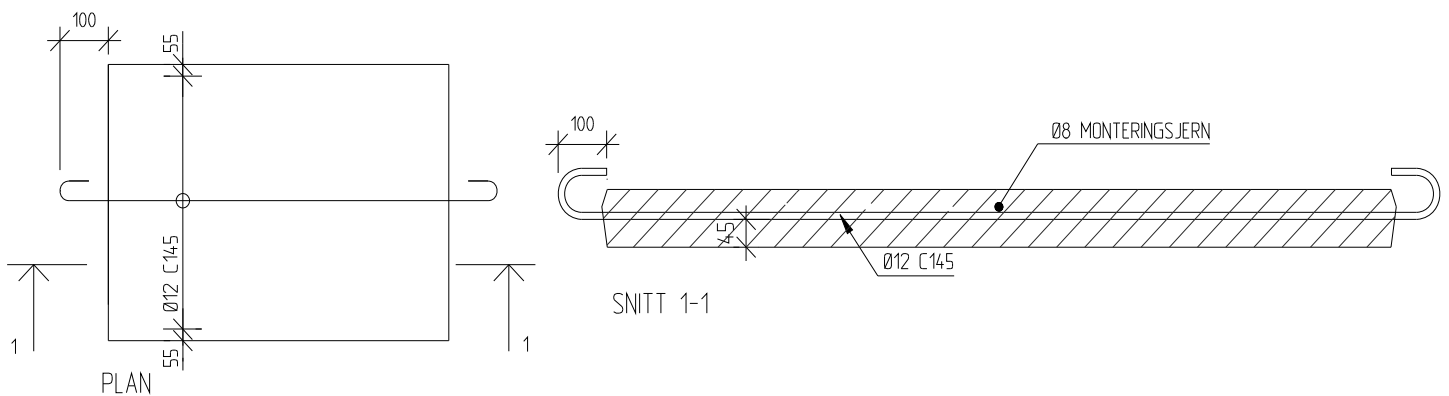


Fig. 4.7 Armering av forskalingsplate

Produsenten av elementene må selv vurdere ev. ekstraarmering for løfting, transport og montasje. Plassering av monteringsjern kan ev. kombineres med forankring av løftebøyler. Dersom det er aktuelt å kjøre på elementene, må disse dimensjoneres spesielt. Ved sterkt tverrfall må underkanten av platene skrås i nedre ende.

3.5 DETALJMÅL BRUPLATE OG TVERRBJELKER

3.5.1 BRU OG BRUPLATE

Fig. 5.1 viser en bru i oppriss og plan. Fig. 5.2 og 5.3 viser snitt normalt på bruaksen av henholdsvis en PLA- og en MOT-bru. Disse kan ha tosidig eller ensidig tverrfall.

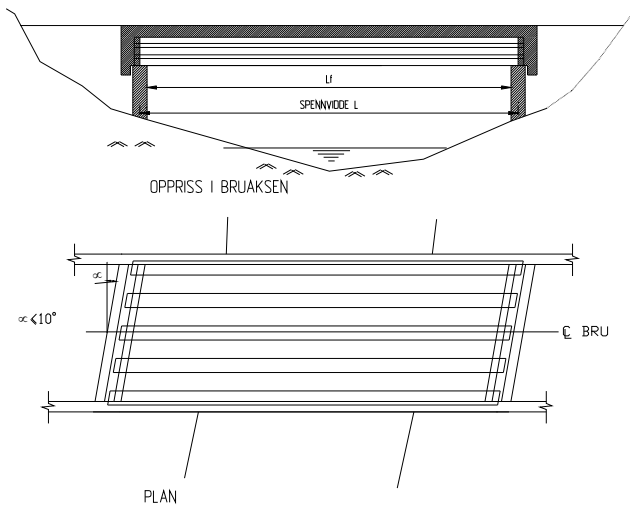


Fig. 5.1 Oppriss og plan av en elementbru

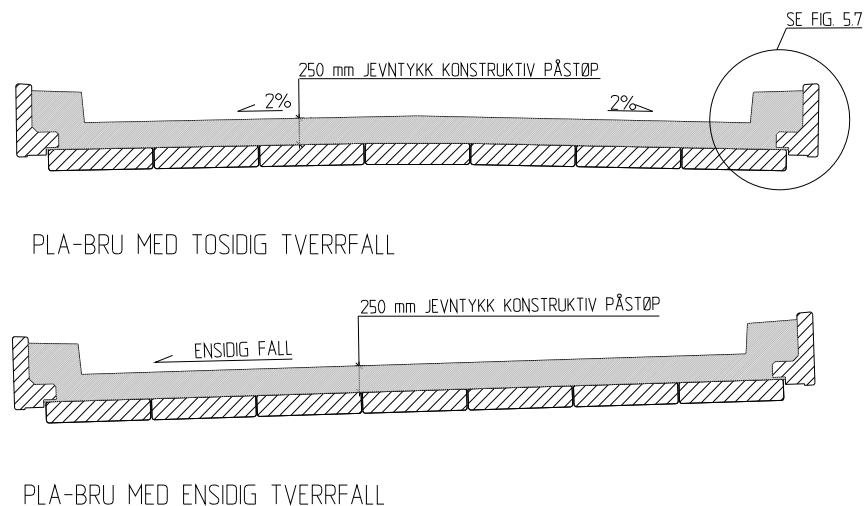
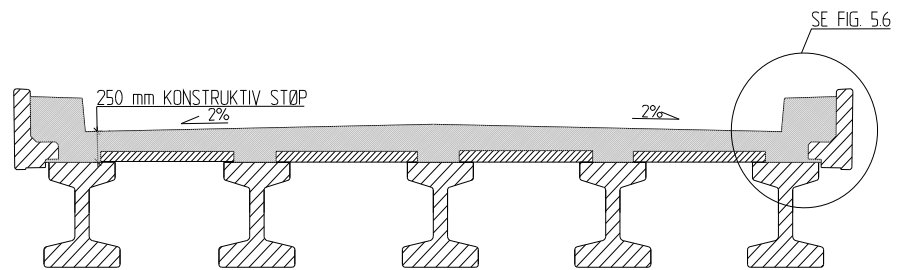
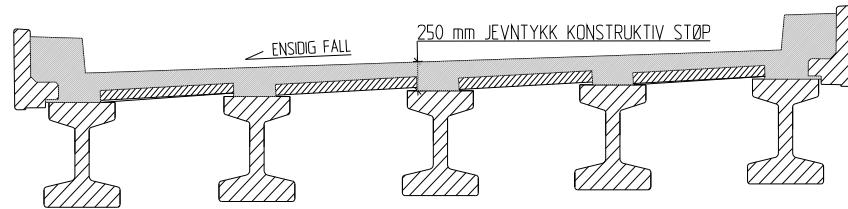


Fig. 5.2 Snitt av en PLA-bru med henholdsvis tosidig og ensidig tverrfall



MOT-BRU MED TOSIDIG TVERRFALL



MOT-BRU MED ENSIDIG TVERRFALL

Fig. 5.3 Snitt av en MOT-bru med henholdsvis tosidig og ensidig tverrfall

3.5.2 TVERRBJELKER, OPPLÈGG

Normalen er basert på bruk av endteverrbjelker med vinger støpt monolittisk til denne som vist på fig. 5.4. Dette betyr jordtrykket fra bakfyllmassen virker direkte mot tverrbjelke og vinger.

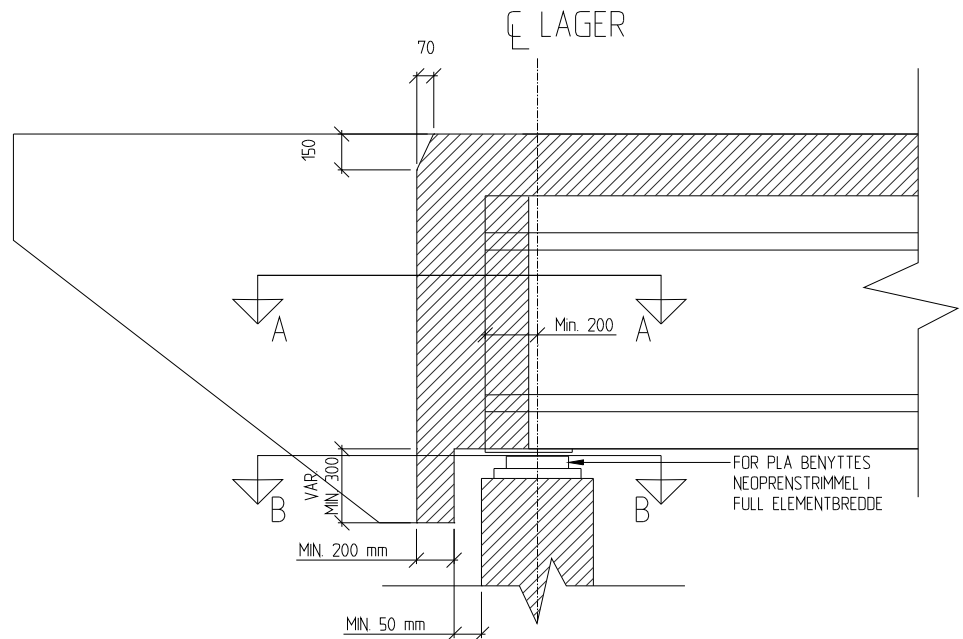


Fig. 5.4 Endteverrbjelke. Eventuell konsoll for overgangsplate er ikke vist. Se også fig. 5.5

Man må være oppmerksom på at det ved skjeve bruer kan påføres brua en jordtrykkskomponent normalt på bruaksen som det må tas hensyn til ved dimensjonering av vinger og lagre.

Fig. 5.5 viser oppleggsdetaljer. De målsatte detaljene er generelle for alle bruer, bjelkehøyden er avhengig av bjelketype, mens platetykkelsen er avhengig av brubredde og snittsted.

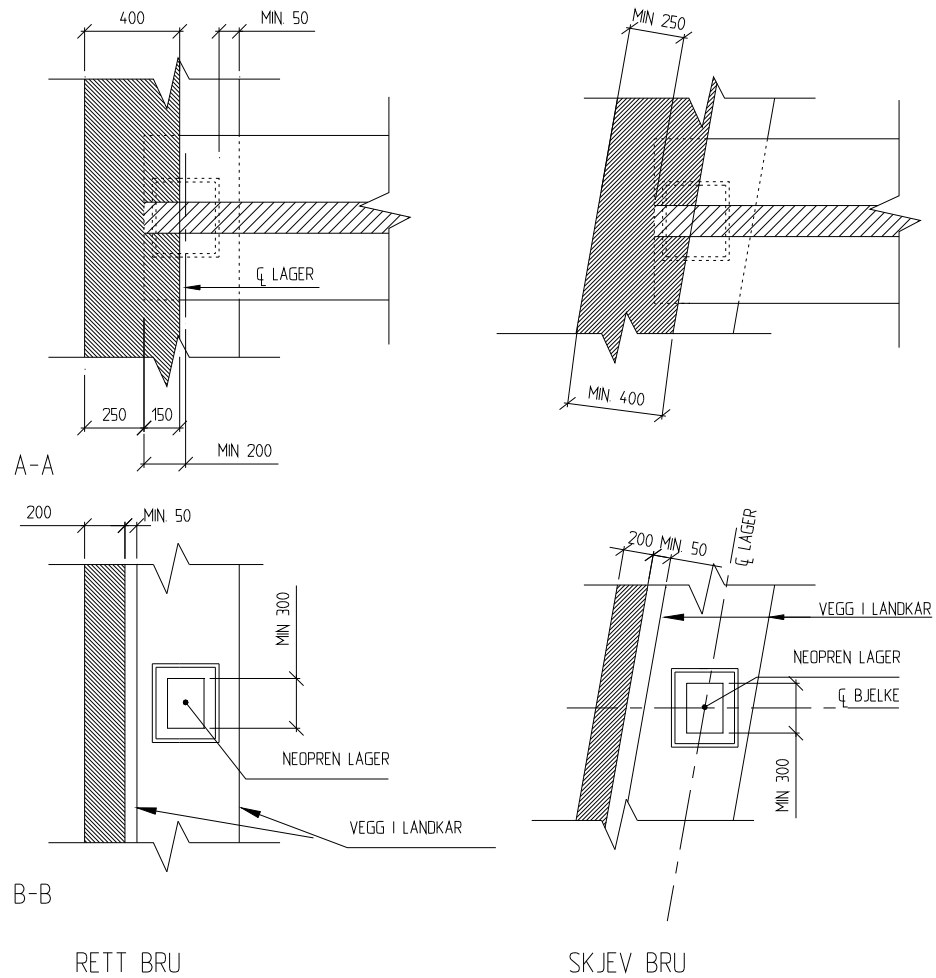


Fig. 5.5 Lagerplassering ved henholdsvis rett og skjev bru. Se også fig. 5.4

Lageret skal alltid ligge med sidekantene parallelt med bjelkeaksen. Hvis mulig bør bjelkene være rette i endene for å unngå vanskelig armeringsføring, oppsprekking i forankringssonen e.l.

For lengre bruer i flere spenn, enten kontinuerlige eller fritt opplagte, må fuger ved en eller begge bruender vurderes.

3.5.3 OVERGANGSPLATER

Overgangsplater ved bruender vurderes i hvert enkelt tilfelle.

3.5.4 DETALJER VED BRUKANT

Fig. 5.6 viser snitt ved kant av en MOT-bru og fig. 5.7 et tilsvarende snitt for en PLA-bru.

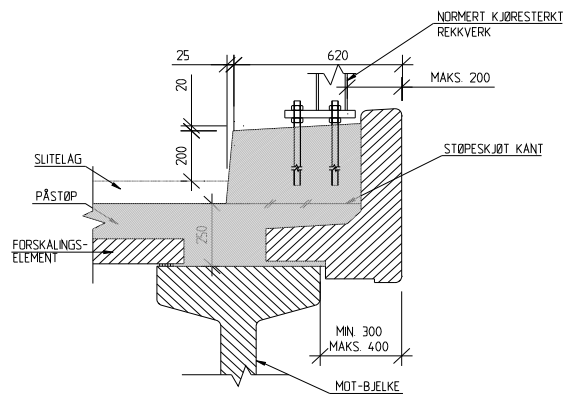


Fig. 5.6 Snitt ved kant, MOT-bru

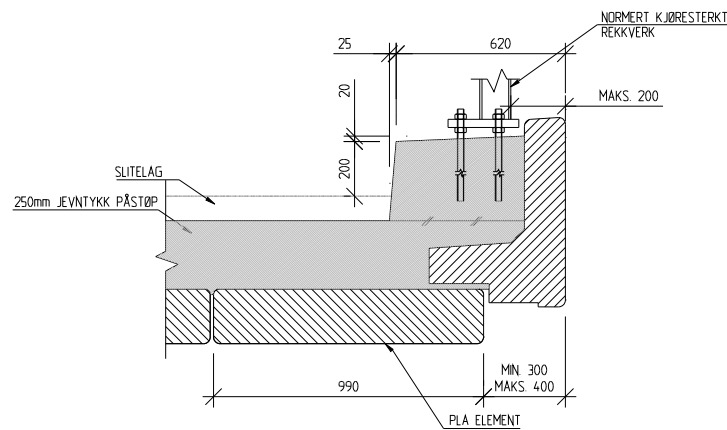


Fig. 5.7 Snitt ved kant, PLA-bru

Fig 5.8 viser en detalj av kant av en MOT-bru med vannavløp. For PLA-bruer er vannavløp vanskelig å montere, men ikke så aktuelt siden denne brutype vanligvis benyttes for relativt korte bruer.

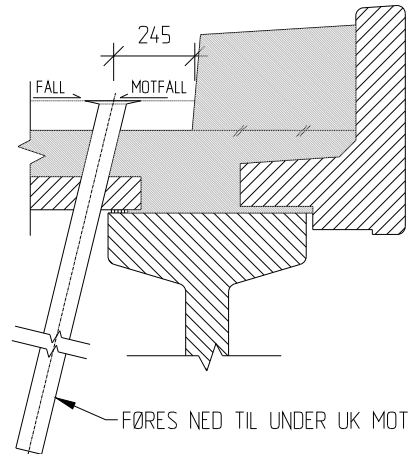


Fig.5.8 Detalj kant av en MOT-bru med vannavløp.

3.6 ARMERING AV PLASSTØPT BETONG

3.6.1 GENERELT

Skjøter i platens langsgående armering forskyves f.eks. annenhver i forhold til hverandre. Bøylene som eventuelt vil gå opp i platen fra bjelker og endetverrbjelke, er ikke vist på fig. 6.1 og 6.2. Dimensjon av monteringsjern i påstøpen velges slik at det er mulig å gå oppå armeringen.

Armering av bruplate ved bruender er vist på fig. 6.3.

For armering rundt utsparing for rekkverk vises til kapittel 3.7.5.

Det gjøres oppmerksom på at dersom bruplatten skal benyttes som horisontal plate, skive, for overførsel av sidekrefter må det utføres en spesiell beregning for dette.

3.6.2 ARMERING AV BRUPLATE FOR PLA

Fig. 6.1 viser armering av den plasstøpte bruplatten for PLA.

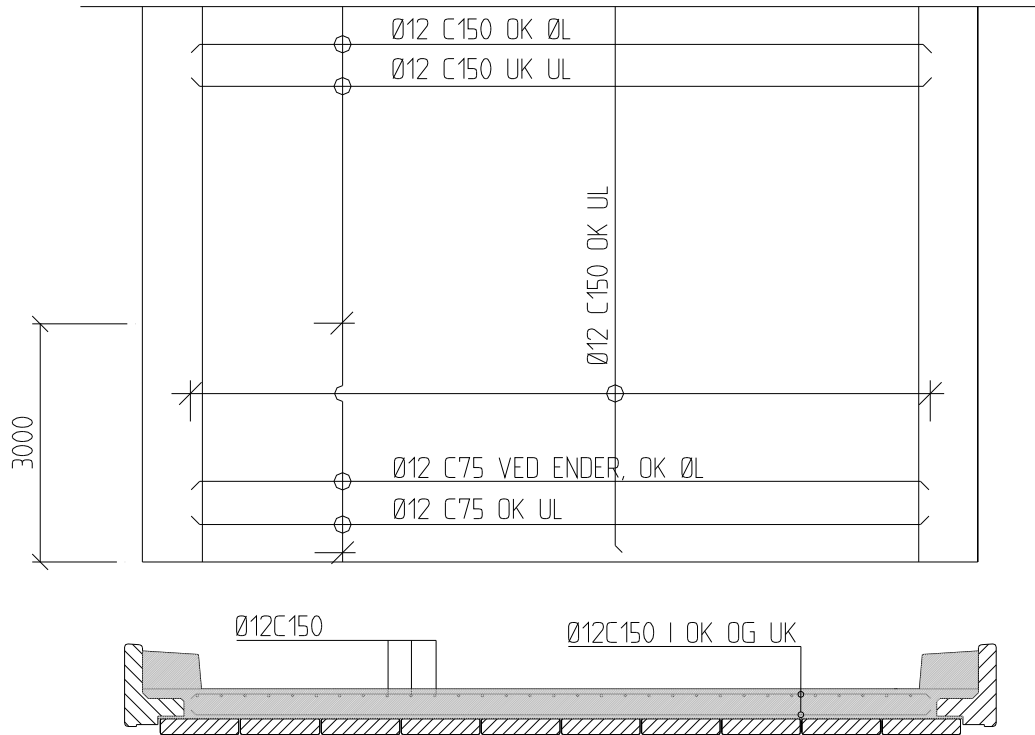


Fig. 6.1 Armering av plasstøpt bruplate for PLA. Se pkt. 3.7.5 for armering av kanter

3.6.3 ARMERING AV BRUPLATE FOR MOT

Fig. 6.2 viser armering av plasstøpt bruplate for MOT.

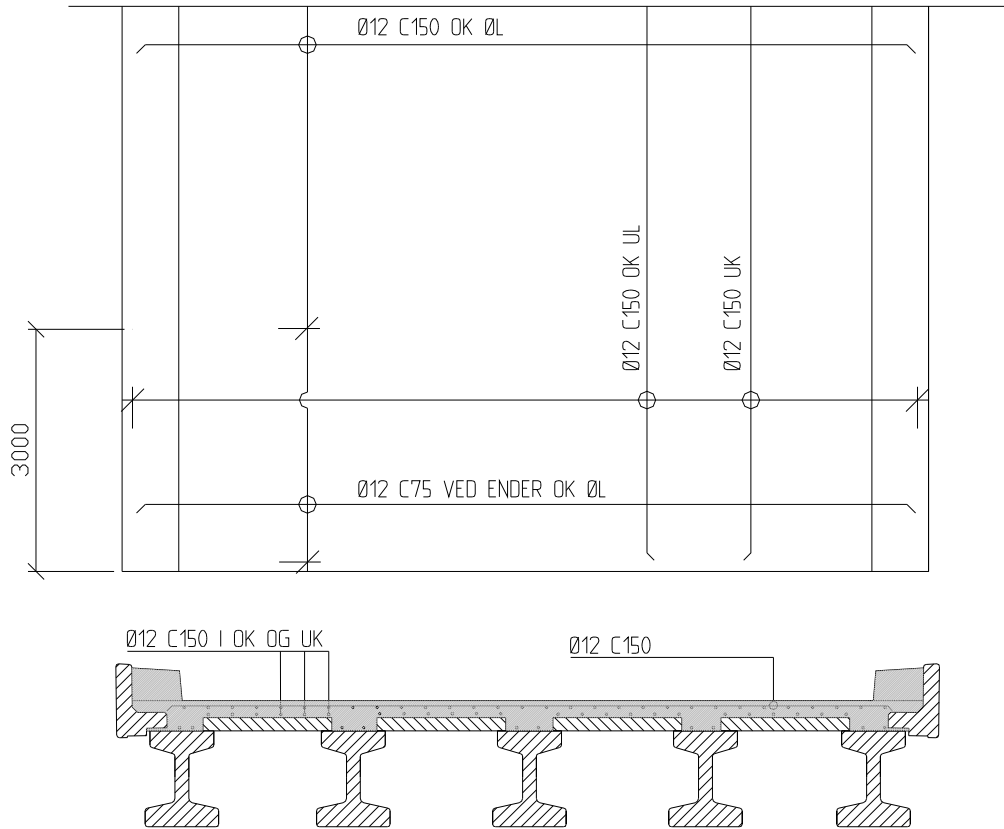


Fig. 6.2 Armering av plasstøpt bruplate for MOT. Se pkt. 3.7.5 for armering av kanter

3.6.4 ARMERING AV ENDETVERRBJELKE

Fig. 6.3 viser armering i endetverrbjelke for MOT. Bruplatearmering er ikke vist på figuren.

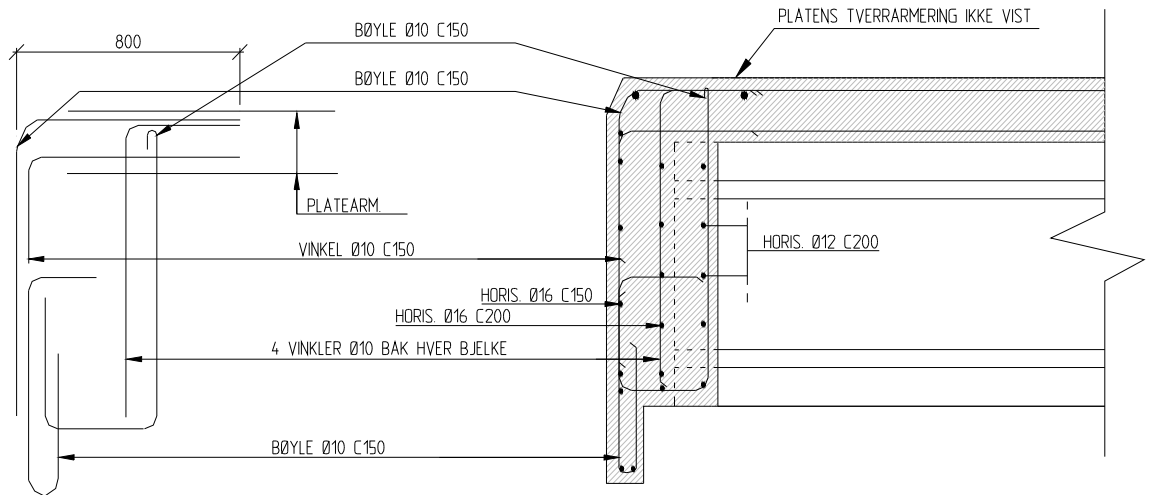


Fig. 6.3 Armering av endetverrbjelke

Armeringen av endetverrbjelker for PLA kan forenkles betraktelig i forhold til fig. 6.3. Armering av vinger er ikke vist da disse må dimensjoneres i hvert enkelt tilfelle. Det vises til fig. 5.4.

3.7 LAGRING, TRANSPORT OG MONTASJE

3.7.1 GENERELT

Elementene i en spennbenk skal støpes hurtigst mulig slik at ugunstige følger av stor forskjell i modenhet mellom det første og det siste elementet unngås.

Inntil elementene har oppnådd foreskreven trykkstyrke, skal herdningen foregå ved kontrollerte temperatur- og fuktighetsforhold. Spesielt må ugunstige følger av f.eks. forsinket herdning på grunn av kulde unngås. Se også pkt. 3.1.4.

Dersom det er ønskelig, kan løftepunktene for elementene avvike fra normalen. I så tilfelle skal spesielle beregninger foretas, og disse, samt eventuelle endringer i armeringen, skal forelegges byggherren til godkjenning.

Uansett om løftepunktene endres, skal elementene ved lagring alltid understøttes som forutsatt i normalen, kfr. pkt. 3.7.2. Det skal påses at understøttelsene er plane og stabile. Elementene skal i nødvendig grad avstives sideveis.

3.7.2 TRANSPORT AV ELEMENTENE

Under transport må det påses at elementene i nødvendig grad er avstivet. Transporten må foretas med så stor forsiktighet at skade som avskallinger, riss o.l. unngås.

Dersom ikke spesielle forhold tilsier noe annet, kan det være fordelaktig å begrense maksimum elementlengder til noe under det som fremgår av fig. 3.5.

For elementer under henholdsvis lagring, løfting og transport er det forutsatt at oppleggspunkter skal ha en maksimum avstand fra elementene som vist i følgende tabell:

Elementtype	Lagring	Transport og løfting
PLA	0,25 m	0,2 L
MOT	0,05 L	0,2 L, maks. 5 m

Dersom man ønsker å avvike fra disse maksimumsavstander, skal det utføres en spesiell dimensjonering som skal godkjennes av byggherren.

I følgende tabell er vekt pr. 1m for de normerte bjelker gitt:

Elementtype	Vekt i tonn/m
PLA 200	0,50
PLA 300	0,75
MOT 600	0,70
MOT 900	0,80
MOT 1200	0,90
KKantbjelke	0,38
FForskalingsplate	0,25 t/m ²

3.7.3 MONTASJE AV ELEMENTENE PLA OG MOT

Til montasje av elementene må det benyttes kranutstyr som er egnet til formålet. Ved løfting må elementene henge slik at de blir satt ned plant og forsiktig på underlaget.

Løfting av elementene skal bare foretas i de dertil innstøpte løfteinnretninger. Plasseringen av disse er angitt i pkt. 3.7.2. Normalt bør montasje av elementer samt de videre arbeider med forskaling og støp av bruplaten foregå som en kontinuerlig operasjon.

Produksjon, leveranse og montasje, samt nødvendig avstivning/sikring av elementer bør som regel utføres i samme entreprise. De ansvarlige for leveransen og montasjen av elementene skal påse at den ansvarlige for de videre arbeidene overtar tilsynet med elementene.

Montasje av MOT-bjelkene må bare foretas under gunstige værforhold. Selv ved forholdsvis moderate vindforhold kan sideavstivning være påkrevd.

Elementene som monteres i hver ytterkant, vil få eksentrisk belastning fra kantelementene. Dersom kantelementene monteres før endene på MOT-elementene er innstøpt i endetverrbærerne, må de ytterste bjelkene avstives som vist i prinsipp på fig. 7.1.

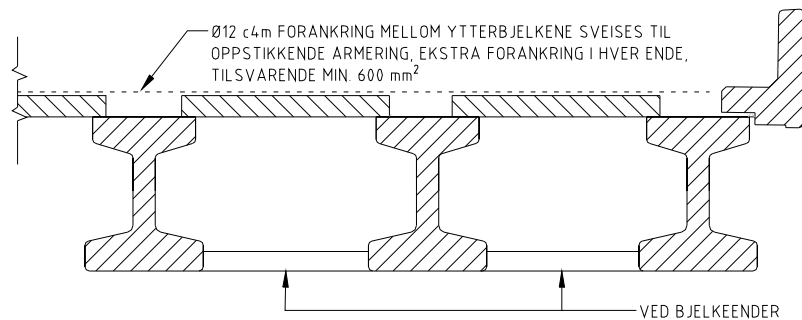


Fig. 7.1 Prinsipp for avstivning av ytterbjelker

3.7.4 MONTASJE AV FORSKALINGSPLATENE

Ved montasje av forskalingsplatene må det påses at disse er jevnt understøttet på bjelkeflensen og at de ikke rir på noen av kantene, spesielt for bruer med stort, ensidig tverrfall. Dette kan vanligvis oppnås ved å skrå underkant av nedre ende av platene og legge øvre ende opp på neoprenbånd eller tilsvarende, slik at en får tilstrekkelig klaring.

3.7.5 MONTASJE AV KANTELEMENTENE

Kantelementene er en viktig del av denne brunormalen siden man ved bruk av disse kan sløyfe alt forskalingsarbeid på brukantene. Løftemetoden eller løfteanordningene må utformes spesielt slik at elementene alltid henger i lodd.

Kantelementene må monteres mest mulig samtidig på begge sider av brua.

I det følgende er de forskjellige fasene av monteringen vist i detalj.

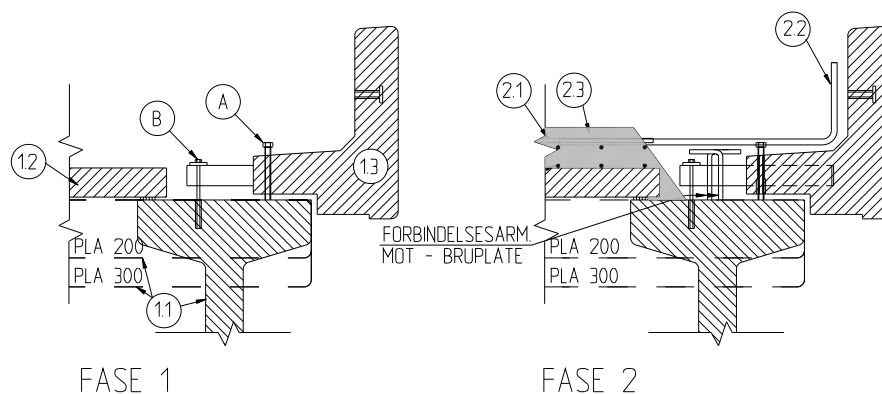


Fig. 7.2 Faser 1 og 2 for montering av kantelementer. Se også fig. 7.3 og 7.4

Fig 7.2 viser de to første fasene av monteringen. Disse er følgende:

Fase 1:

- 1.1 PLA eller MOT monteres.
- 1.2 Forskalingsplater monteres (gjelder for MOT).
- 1.3 Kantelementer monteres, festes og justeres foreløpig med bolter A og B, se fig. 7.2 og 7.4.

Fase 2:

- 2.1 Tverrarmring i underkant av påstøpen monteres for PLA, lengdearmeringen i underkant monteres for MOT og i overkant av påstøpen for PLA og MOT. Tverrarmeringen i påstøpen monteres for PLA og MOT. Se fig. 6.1 og 6.2.
- 2.2 Ekstraarmring monteres, 12 c 150. Denne armering skal ha min. 40 x diameteren omfar med tverrarmeringen i bruplatten.
- 2.3 Bruplaten støpes ut til nær kant.

Alternativt kan kantelementet festes til ytterbjelkene som vist på fig. 7.3.

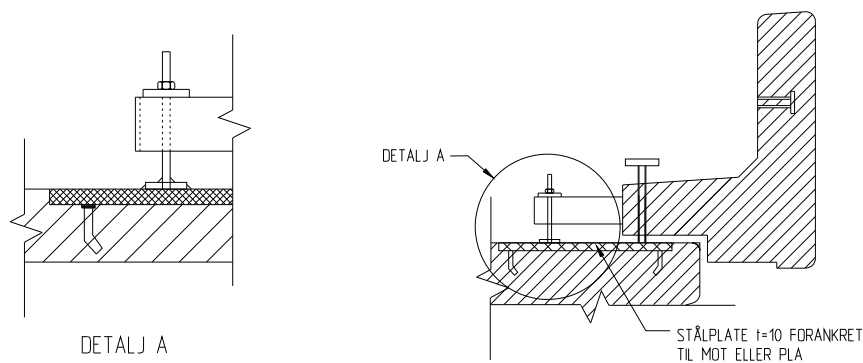


Fig. 7.3 Alternativt feste for kantelementet

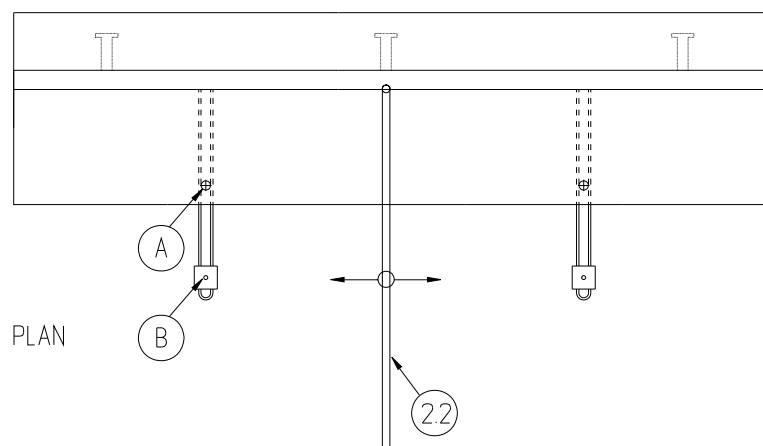


Fig. 7.4 Bolter for feste av kantelementet

Fig. 7.5 viser de to siste fasene for montering av kantelementer. Disse er følgende:

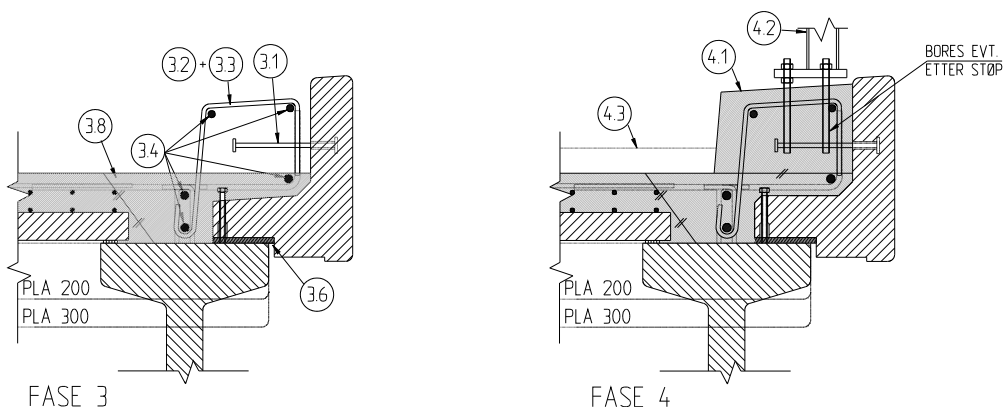


Fig. 7.5 Faser 3 og 4 for montering av kantelementer. Se også fig. 7.6

Fase 3:

- 3.1 3 stk. bolter monteres, se også fig. 7.6.
- 3.2 Kantarmering monteres, $\text{Ø}12$ c150 mellom rekkverksstolpene.
- 3.3 Ekstraarmering ved rekkverksstolper monteres, se også fig. 7.6 og rekkverksnormalen.
- 3.4 Langsgående jern monteres i ok, $\text{Ø}20$ c 150.
- 3.5 Kantelementer finjusteres med bolter A, se fig. 7.2.
- 3.6 Det tettes med mørtel mellom element og kantelement.
- 3.7 Det tettes i vertikale fuger mellom kantelementene.
- 3.8 Resten av bruplaten støpes.

Fase 4

- 4.1 Kant utstøpes.
- 4.2 Rekkverk monteres.
- 4.3 Membran og slitelag legges.

Fig. 7.6 viser plan av kantelementet med detaljer av armering og festebolter for bruk i faser 3 og 4.

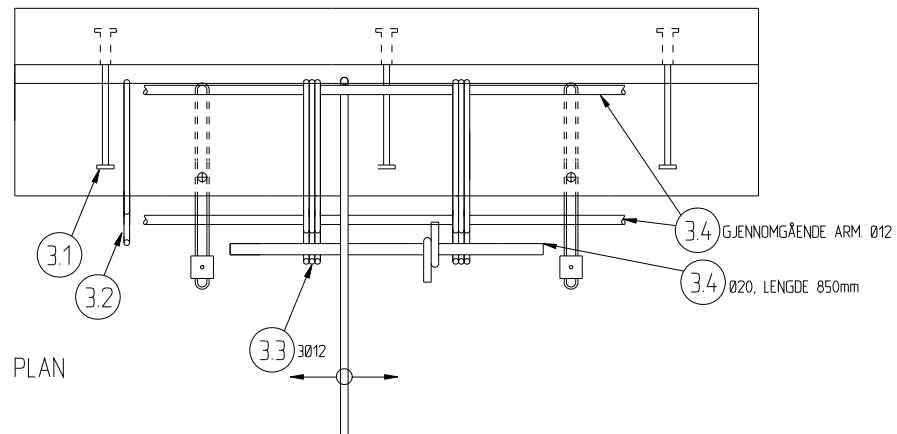


Fig. 7.6 Armering og festebolter

3.8 LAGRE

Bruelementene kan legges på neoprenlager som vist på fig. 5.4 og 5.5.

3.9 FLERSPENNS/KONTINUERLIGE BRUER

3.9.1 GENERELT

I de foregående underkapitler er det behandlet konstruksjoner i ett fritt opplagt spenn. Da det kan være meget aktuelt også å benytte PLA og MOT til bruer over flere spenn, er det i det følgende vist prinsipper for hvordan slike konstruksjoner kan utføres.

Det skilles mellom to forskjellige brutyper, henholdsvis flerspenns fritt opplagte bruer og kontinuerlige bruer. For begge brutyper er det kontinuitet i bruflaten over støttene, og for kontinuerlige bruer er det dessuten støpt ut mellom elementene over støttene. I det første tilfelle vil elementene være tilnærmet fritt opplagte, mens elementene i det andre tilfelle ved støp mellom elementene over støttene, vil være kontinuerlige for en del lastkombinasjoner.

I tilfeller hvor man er interessert i minst mulig konstruksjonshøyde, kan det være en fordel å velge en kontinuerlig bru fremfor en flerfelts bru, men økonomisk sett er det ofte lite å vinne.

3.9.2 FLERSPENNS, IKKE KONTINUERLIGE BRUER

Flerspenns, ikke kontinuerlige bruer, forutsettes å bestå av tilnærmet fritt opplagte elementer med plasstøpt bruplate ført kontinuerlig over støttene. Herved unngås fuger i bruplatten over støttene, noe som er en stor fordel.

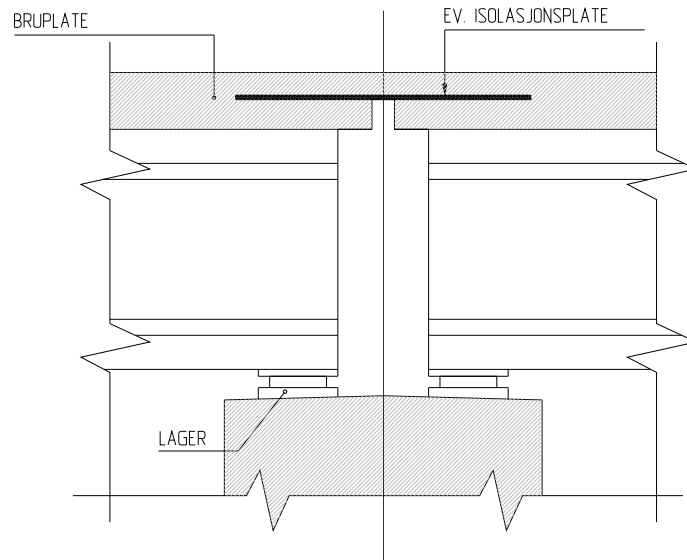


Fig. 9.1 Uten tverrbjelke mellom elementene ved mellomstøtte

Fig. 9.1 viser den utførelsen som er mest aktuell for flerspenns bruer. Utførelsen vist i fig. 9.2 kan være aktuell dersom det er nødvendig å forsterke tverrbjelker som er opplagt på søyler.

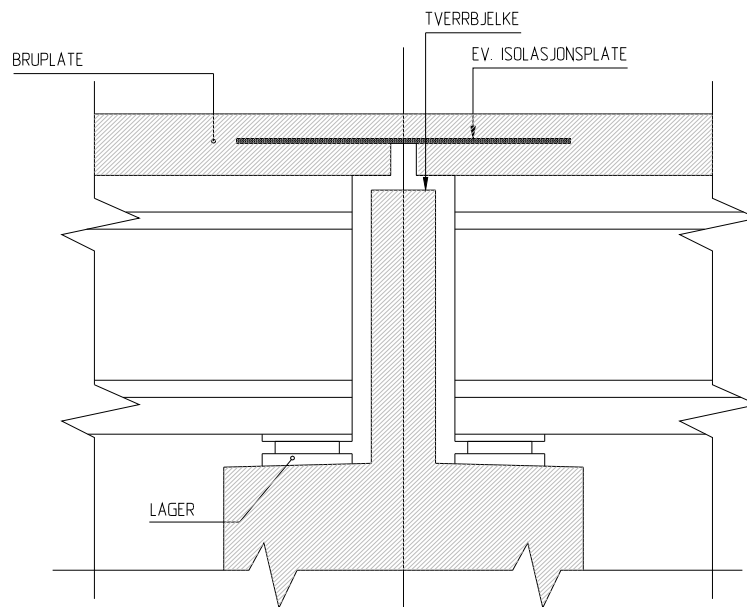


Fig. 9.2 Tverrbjelken ved mellomstøtte ikke støpt sammen med bruplatten

På grunn av rotasjon av elementene og ulik setning av lagrene vil en kontinuerlig bruplate få momentbelastning over støttene. Hertil kommer lokale belastninger fra hjul- og akseltrykk.

Vanligvis vil de påførte deformasjoner i den kontinuerlige bruplatten bli så store at det vil være nødvendig å fordele dem over en større lengde enn avstanden mellom elementene. På grunn av den relativt store bruplatetykkelsen vil det bare være aktuelt å føre den øverste del av platen kontinuerlig over støtten mens den underste del må forsynes med en åpen fuge for å redusere stivheten i platen. Dette kan oppnås ved å redusere høyden av den skjærarmring som går opp i platen, samt legge et noe ettergivende materiale over en viss lengde ved enden i den delen av platen som skal være kontinuerlig. Herved kan bruplatten få tilstrekkelig bevegelsesmulighet over støttene.

Det kan f.eks. benyttes en 20 mm isolasjonsplate av polystyren med lav densitet og styrke, dekket i overkant med en 5 mm hard fiberplate.

For beregning og dimensjonering henvises til Norsk Betongforenings publikasjon nr. 11, "Flerfelts NIB- og NOB-broer. Beregning og dimensjonering av kontinuerlig broplate over støttene", desember 1981. Ved bruk av denne publikasjonen må det tas hensyn til de nye elementtyper og endringene i NS 3473.

3.9.3 KONTINUERLIGE BRUER

Kontinuerlige elementbruer forutsettes å bestå av elementer med den plasstøpte bruplatten ført kontinuerlig over støttene. Videre er det utstøpt mellom elementene over støttene slik at trykkrefter i bjelkene fra negative momenter kan opptas. Derved vil elementene bli kontinuerlige for visse lasttyper.

Som nevnt tidligere viser det seg at det oftest ikke er noen økonomiske fordeler forbundet med denne løsning sammenlignet med flerfelts bruer. Av den grunn er løsningen ikke behandlet her. For noen holdepunkter som legges til grunn for løsningen vises til Norsk Betongforenings publikasjon nr. 10, "Beregning og dimensjonering av kontinuerlige NOB- og NIB-broer", november 1981.

3.9.4 SØYLER OG FUNDAMENTER

Søyler og fundamenter er forutsatt ivaretatt spesielt.