



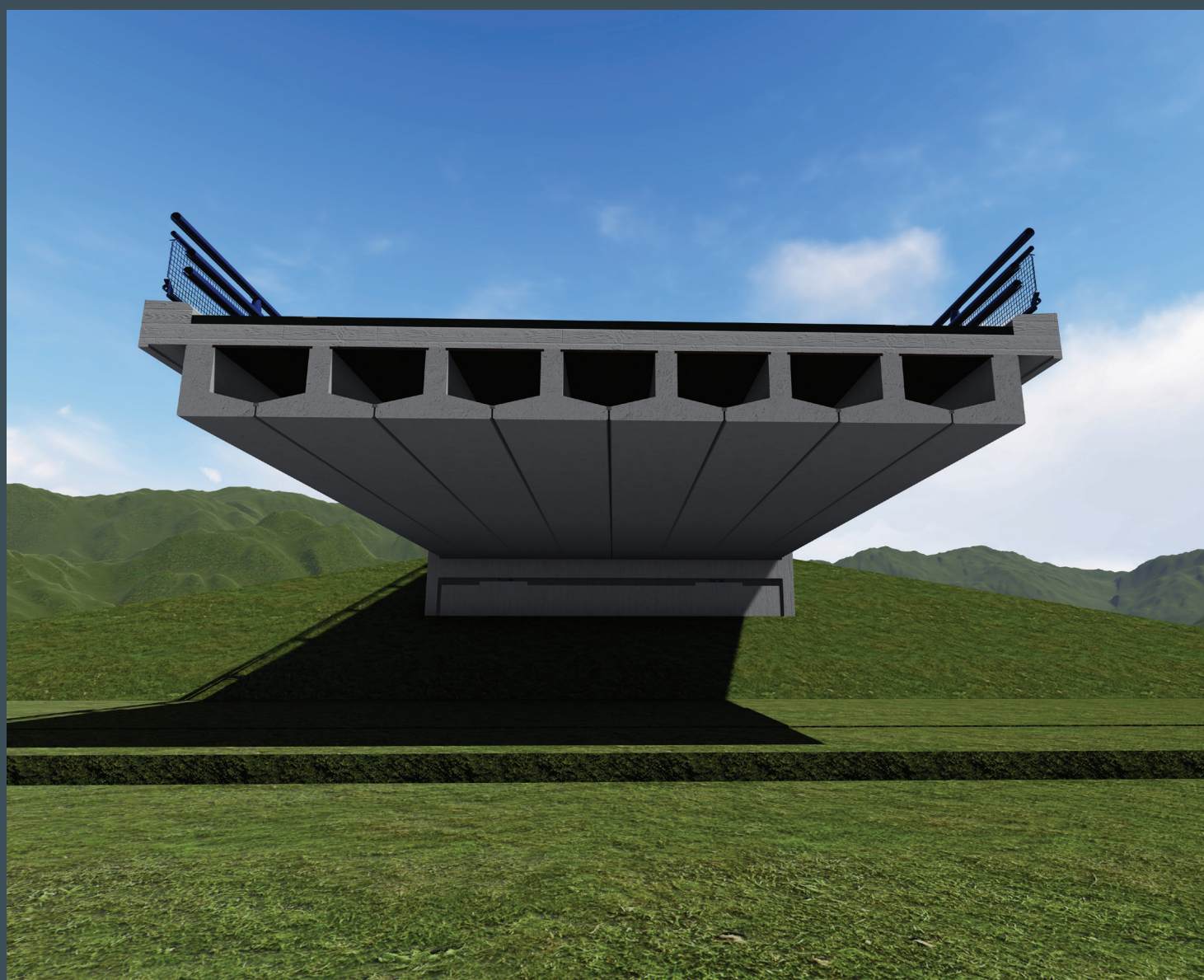
Prefabrikkerte brubjelker

Normerte T-bjelker – NTB

Kant T-bjelker – KTB

VEILEDNING

Håndbok V426



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.

Prefabrikkerte brubjelker

V426 i Statens vegvesens håndbokserie

Forside: Illustrasjon av Statens vegvesen

ISBN: 978-82-7207-743-2

Forord

Håndbok V426 Prefabrikkerte brubjelker gir teknisk veiledning om bruk av forhåndsgodkjente brubjelker.

Håndboka er utarbeidet i et samarbeid mellom Betongelementforeningen og Statens vegvesen.

Håndbok V426 Prefabrikkerte brubjelker gjelder fra juni 2019. Bruhåndbok-3 Elementbruer (2002) er tidligere trukket tilbake, og håndbok V426 er dermed et supplement i arbeid med planlegging av prefabrikkerte betongbjelkebruer.

Forhåndsgodkjenningen omfatter formtegninger og armeringstegninger av de prefabrikkerte betongbjelkene. Brukonstruksjonen må prosjekteres, kontrolleres og godkjennes i henhold til kravene i vegnormalen N400 Bruprosjektering, men forhåndsgodkjenningen av bjelkene legger til rette for en forutsigbar, rasjonell og effektiv prosess i alle ledd. Veiledningen bidrar også til en mer ensartet bransjepraksis.

Håndboka er tilgjengelig på www.vegvesen.no under temaet fag/håndbøker.

Vegdirektoratet, mai 2019

Ansvarlig enhet: Vegdirektoratets bruseksjon

Innhold

	Forord	3
1	Generelt	7
1.1	Innledning	7
1.2	Anvendelsesområder	7
1.2.1	Brutyper	7
1.2.2	Begrensninger	8
1.2.3	Oppleggskonstruksjoner	8
1.2.4	Arbeidstegninger	8
1.3	Brubredder og spennvidder	9
1.3.1	Standardiserte brubredder og spennvidder	9
1.3.2	Reduserte brubredder og bjelkebredder	12
1.3.3	Oppleggsdetalj, spennvidde	13
1.3.4	Brukant	14
1.4	Avrenning og fall	15
1.5	Skjeve bruer og horisontalkurvatur	16
1.5.1	Skjeve bruer, bjelkeender	16
1.5.2	Horisontal kurvatur, plateutstikk	16
1.6	Kabelføringer	16
2	Dimensjoneringsgrunnlag/forutsetninger	17
2.1	Generelt beregningsgrunnlag	17
2.1.1	Generelle standarder	17
2.1.2	Statens vegvesens dokumenter	17
2.1.3	Andre dokumenter	18
2.2	Laster og lastplassering	18
2.2.1	Trafikklast – vertikale laster	18
2.2.2	Egenlaster	20
2.2.3	Påkjøringslaster	20
2.3	Dimensjoneringsgrunnlag	20
2.3.1	Samvirkestøp	20
2.3.2	Deformasjonslaster	20
2.3.3	Minimumskrav til armering	21
2.4	Materialer	22
2.4.1	Betong	22
2.4.2	Spennarmering	22
2.4.3	Slakkarmering	23
2.4.4	Ståldeler	23
2.5	Armeringsoverdekning	23
2.5.1	Minimumskrav	23
2.6	Krav til utførelse og kontroll	25
2.6.1	Generelle henvisninger	25
2.6.2	Toleranser bjelker	25
2.6.3	Herdeforløp	25
2.6.4	Overflater	25
2.6.5	Sikring av armeringsoverdekning	26
3	Dimensjonering og armering av bjelker	33
3.1	Beregningsprogrammer og dimensjonering	33
3.2	Spennvidder og bjelketyper	35
3.3	Armering av bjelker	36
3.3.1	Hovedgeometri og formbygging	36
3.3.2	Tverrsnitt og armering	37
3.3.4	Bøylearmering	58
3.4	Reduserte brubredder og bjelkebredder	68

3.5	Økt plateutstikk	70
3.5.1	Generelt	70
3.5.2	Definisjoner av moment og skjærkraft	70
3.5.3	Momentkapasitet og oppleggslast for NTB	71
3.5.4	Momentkapasitet og oppleggslast for KTB	72
4	Lagring, transport, montasje og etterarbeider	73
4.1	Generelt	73
4.2	Lagring og transport	73
4.3	Plassering av løftepunkt og lagringspunkt	73
4.4	Vekt- og løftetabell	74
4.4.1	Generelt	74
4.4.2	Kuleanker	75
4.4.3	Ståltau	76
4.4.4	Bolt i boltehull	77
4.5	Montasje	78
4.5.1	Generelt	78
4.5.2	Midlertidig sideavstiving	78
4.5.3	Tverroppspenning	80
4.6	Etterarbeider	81
4.6.1	Tetting av hull i KTB	81
4.6.2	Tetting mellom bjelker ved bunn flens	81
4.6.3	Justering av fugesprang	82
5	Bruplate og tverrbjelker	83
5.1	Dimensjonering	83
5.2	Forskaling	83
5.2.1	Plate mellom bjelker	83
5.2.2	Platekant	83
5.2.3	Tverrbjelke	85
5.3	Armering av plate og platekant	86
5.4	Armering av tverrbjelke og tverrhull	88
5.5	Støping av plate og platekant	88
6	Brulager	89
6.1	Generelle krav	89
6.2	Oppleggslaster	89
7	Landkar, vingemurer og overgangsplater	91
7.1	Utforming	91
7.2	Dimensjonering	91
7.3	Henvisninger	91
8	Eksempel på bruk av anvisningene	93
8.1	Generelt	93
8.2	Bjelker	93
8.2.1	Tverrsnitt	93
8.2.2	Armering	93
8.2.3	Løftepunkt	93
8.2.4	Arbeidstegninger NTB og KTB	93
8.3	Plate og platekant	94
8.3.1	Geometri og armering	94
8.4	Tverrbjelke	94
8.5	Brulager	94
8.6	Landkar, vingemurer og overgangsplater	94
8.7	Brutegninger	94

1 Generelt

1.1 Innledning

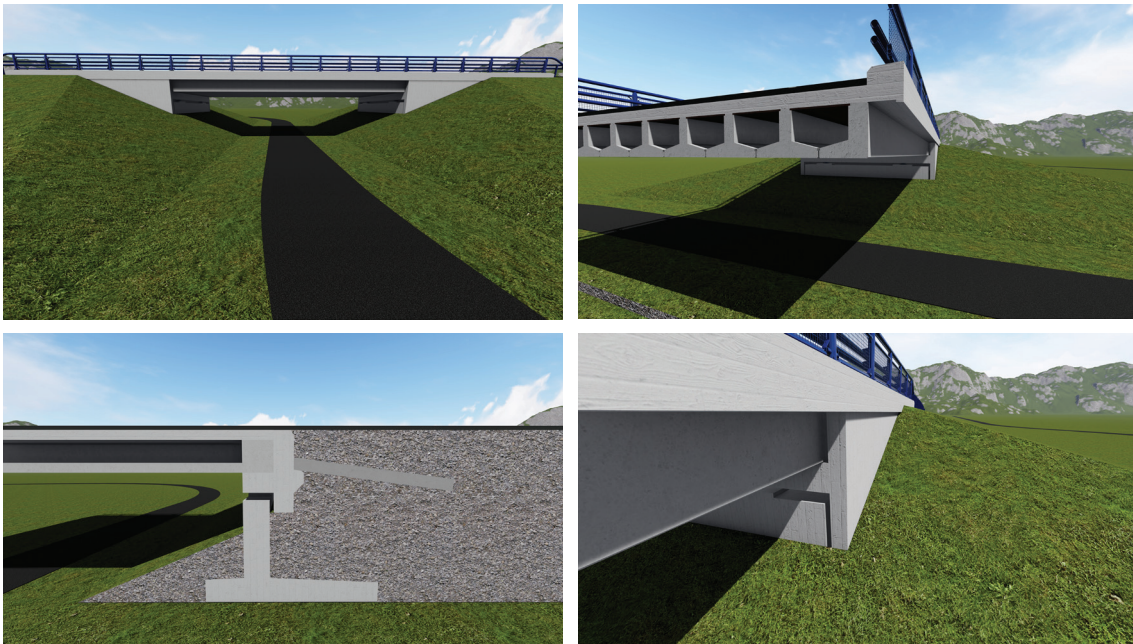
Det er utarbeidet forhåndsgodkjente brubjelker, hvor den plasstøpte bruplata understøttes av prefabriserte betongbjelker omtalt som normert T-bjelke (NTB) og kant T-bjelke (KTB). Etter tetting av den langsgående bjelkefugen får konstruksjonen en tett underside før utstøping av bruplata. Den utstikkende platekanten krever forskaling, som festes til ytterbjelken KTB. Bjelkene trenger ikke midlertidig understøttelse i støpefasen.

Eksempeltegninger og tegninger av brubjerkene er tilgjengelig på www.vegvesen.no/fag/teknologi/Bruer/

1.2 Anvendelsesområder

1.2.1 Brutyper

Brutypene tilfredsstiller dagens (2019) krav til prosjektering iht. håndbok N400 Bruprosjektering. Håndboka inneholder ferdige dimensjonerte fritt opplagte bjelker for spennviddene 12 m til 40 m. Det er kun de prefabriserte brubjerkene NTB og KTB som er forhåndsgodkjente. Det vises eksempel på dimensjonering og armering av den resterende overbygningen, men alle deler av overbygningen prosjekteres og godkjennes i det enkelte prosjekt. Det samme gjelder underbygning og fundamentering som ikke er vist med eksempel i dette dokumentet.



Figur 1.2.1: 3D illustrasjoner

1.2.2 Begrensninger

Maksimal bjelkelengde kan bli begrenset av transporthensyn, for eksempel vegkurvatur, underganger og trafikkhensyn m.m. Bjelkeleverandørene kan ha begrensninger på krankapasiteter eller spennbukker i sine produksjonsanlegg. Det anbefales derfor å kontakte potensielle leverandører tidlig i utredningsfasen for å kontrollere eventuelle begrensninger, spesielt for de lengste bjelkene. Den største bjelkelengden i dokumentet er 40,6 m, største bjelkevekt er ca. 50 tonn og samlet spennkraft er maksimum 760 tonn.

1.2.3 Oppleggskonstruksjoner

Oppleggskonstruksjoner som tverrbjelker, endeskjørt, lager, landkar, vingemurer og overgangsplater, prosjekteres for hver enkelt bru i henhold til gjeldende regelverk, men det gis noen anvisninger i pkt. 5, 6, 7 og 8, samt i tegningseksempel.

1.2.4 Arbeidstegninger

Det utarbeides egne arbeidstegninger for hvert enkelt prosjekt i henhold til håndbok N400 Bruprosjektering, se pkt. 8.7 og eksempel i vedlegg (kun overbygning vist).

Elementleverandører utarbeider arbeidstegninger kun for elementene, se pkt. 8.2.4 og eksempel i vedlegg.

1.3 Brubredder og spennvidder

1.3.1 Standardiserte brubredder og spennvidder

Last og armeringstabeller i pkt. 3 baserer seg på brutverrsnitt som vist i figur 1.3.1a-e. Detaljerte bjelketverrsnitt er vist i pkt. 3.3. Hvordan valg av andre brubredder påvirker bjelketverrsnitt og armering er angitt i tekst tilhørende tabellene 1.3.1f, 1.3.2 og pkt. 3.4. Kapasitetstabeller for hver enkelt bjelke er vist i pkt. 3.5.

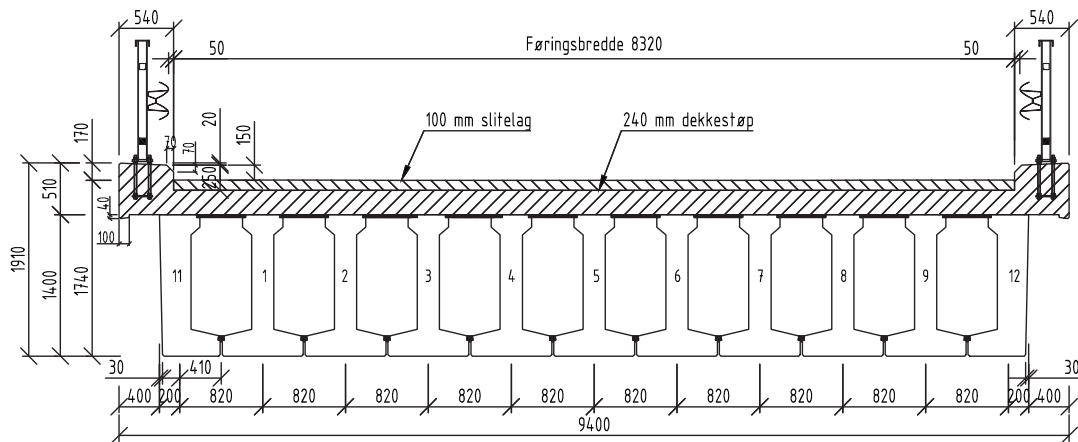
a)

BRUBJELKER NTB 800-400x1400 + KTB 570-400x1400

MAX SPENNVIDDE: 41 m (32-41 m).

VEKT BJELKE 1-9: 11,78 kN/m. VEKT BJELKE 11-12: 12,35 kN/m.

SUM BRUVEKT ca 22,3 kN/m² inkl. bruplate med oppkanter (25 kN/m³) og slitelag (20 kN/m³).



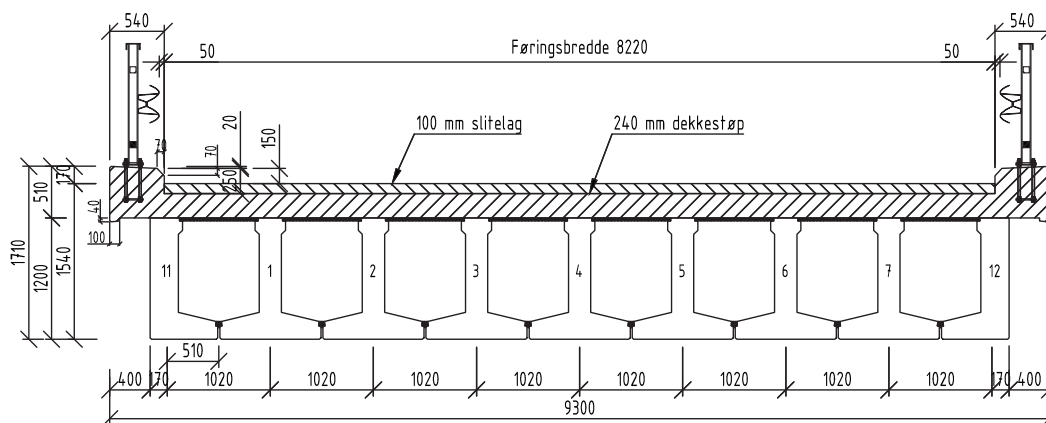
b)

BRUBJELKER NTB 1000-300x1200 + KTB 670-320x1200

MAX SPENNVIDDE: 36 m (25-36 m).

VEKT BJELKE 1-7: 11,16 kN/m. VEKT BJELKE 11-12: 10,68 kN/m.

SUM BRUVEKT ca 19,1 kN/m² inkl. bruplate med oppkanter (25 kN/m³) og slitelag (20 kN/m³).



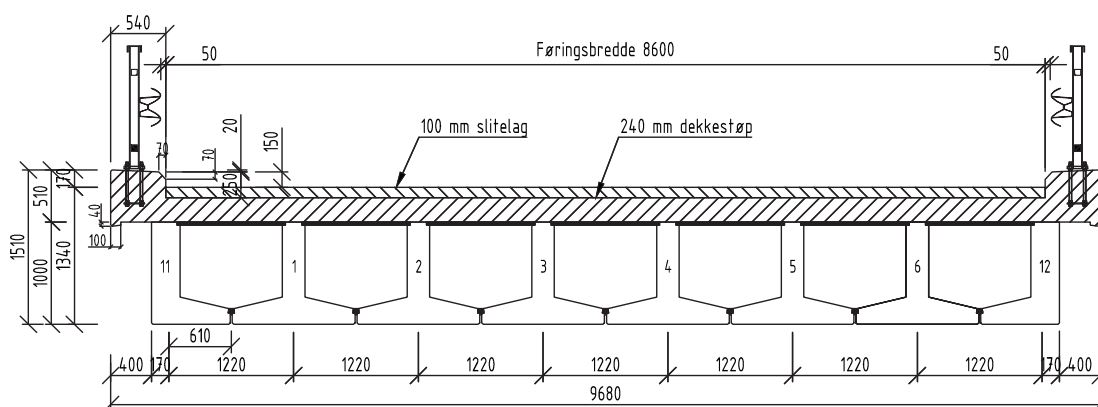
c)

BRUBJELKER NTB 1200-220x1000 + KTB 770-280x1000

MAX SPENNVIDDE: 29 m (21-29 m).

VEKT BJELKE 1-6: 10,58 kN/m. VEKT BJELKE 11-12: 9,54 kN/m.

SUM BRUVEKT ca 17,0 kN/m² inkl. bruplate med oppkanter (25 kN/m³) og slitelag (20 kN/m³).



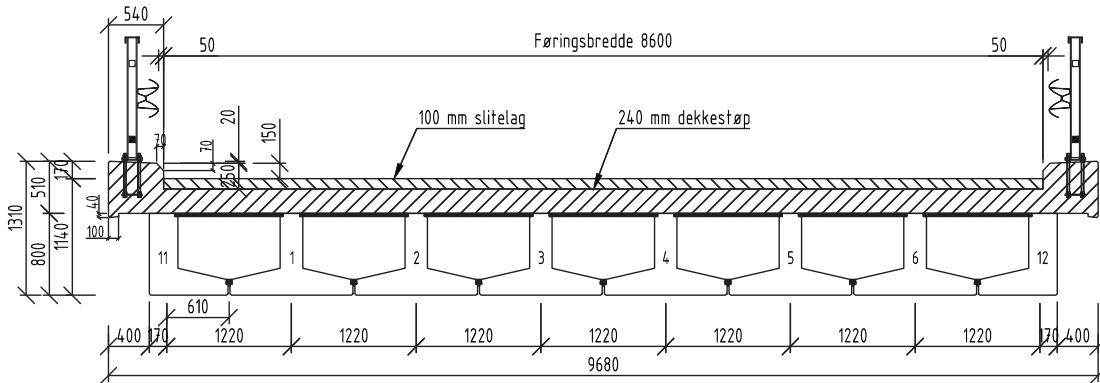
d)

BRUBJELKER NTB 1200-220x800 + KTB 770-280x800

MAX SPENNVIDDE: 24 m (15-24 m).

VEKT BJELKE 1-6: 9,48 kN/m. VEKT BJELKE 11-12: 8,14 kN/m.

SUM BRUVEKT ca 16,0 kN/m² inkl. bruplate med oppkanter (25 kN/m³) og slitelag (20 kN/m³).



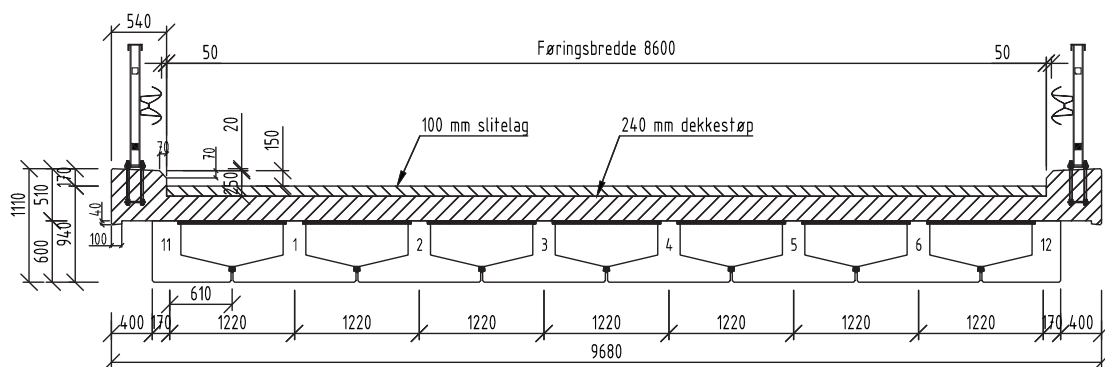
e)

BRUBJELKER NTB 1200-220x600 + KTB 770-280x600

MAX SPENNVIDDE: 18 m (12-18 m).

VEKT BJELKE 1-6: 8,38 kN/m. VEKT BJELKE 11-12: 6,74 kN/m.

SUM BRUVEKT ca 15,0 kN/m² inkl. bruplate med oppkanter (25 kN/m³) og slitelag (20 kN/m³).



200/170 mm målene er avstanden fra utside KTB til en tenkt vertikal linje som ligger en halv senteravstand (for NTB) fra senter første fuge

Figur 1.3.1a-e: Standard brutversnitt

Figur 1.3.1 angir plateutstikk på 400 mm og en bredde på kantdrager lik 540 mm. Det er disse målene som er brukt i påfølgende tabeller. Kantdragerbredde er kontrollert for bredder i området 500 - 550 mm, men ved å benytte 540 mm vil de fleste H2-brurekkverkene i markedet passe uten å måtte tilpasse bredden til valgt rekkverk i byggefasen.

Med bruk av NTB/KTB 1400 kan brubredde reduseres med 820 mm ved å redusere med en bjelke. Dette gir en føringsbredde på 7500 mm, som tilfredsstiller minstekravet i håndbok N100 Veg- og gateutforming for to-felts bru. Det er kontrollert at dette kan gjøres uten nye beregninger.

Ved å bruke flere bjelker, kan brubredde økes. Økning av antall bjelker vil gi noe redusert belastning fra trafikk og platekant på bjelkene. De normerte bjelkene kan derfor brukes på større brubredder uten nye beregninger. I tabell 1.3.1f gis en oversikt over alternative brubredder med normerte bjelker iht. minstekrav gitt i håndbok N100 Veg- og gateutforming.

Bjelke	Bjelkebredde NTB i bunn (mm)	Bjelkebredde KTB i bunn (mm)	Alt. 1		Alt. 2		Alt. 3	
			Føringsbredde (mm)	Bru-bredde (mm)	Føringsbredde (mm)	Bru-bredde (mm)	Føringsbredde (mm)	Bru-Bredde (mm)
NTB/KTB 1400	800	570	9140	10220	13240	14320	23080	24160
NTB/KTB 1200	1000	670	9240	10320	13320	14400	23520	24600
NTB/KTB 1000, 800, 600	1200	770	9820	10900	13480	14560	23240	24320

Tabell 1.3.1f: Alternative brubredder med normert NTB og KTB

1.3.2 Reduserte brubredder og bjelkebredder

Dersom brubreddene ønskes nøyaktig tilpasset minstekravene til føringsbredder, gjøres dette enkelt ved å beholde antall bjelker som er grunnlaget for tabell 1.3.1f, men redusere bjelkebredden på bunn flens, se detaljer i pkt. 3.4.

Bjelke	Føringsbredde (mm)	Brubredde (mm)	Antall bjelker (stk)	Bjelkebredde NTB i bunn (mm)	Bjelkebredde KTB i bunn (mm)
NTB/KTB 1400	7500	8580	8 + 2	800 (std)	570 (std)
	9008	10088	10 + 2	788	564
	12504	13584	15 + 2	754	547
	23024	24104	27 + 2	798	569
NTB/KTB 1200	7500	8580	7 + 2	910	625
	9006	10086	8 + 2	974	657
	12502	13582	12 + 2	937	639
	23014	24094	22 + 2	978	659
NTB/KTB 1000, 800, 600	7502	8582	6 + 2	1043	692
	9004	10084	7 + 2	1098	719
	12502	13582	10 + 2	1111	726
	23012	24092	18 + 2	1188	764

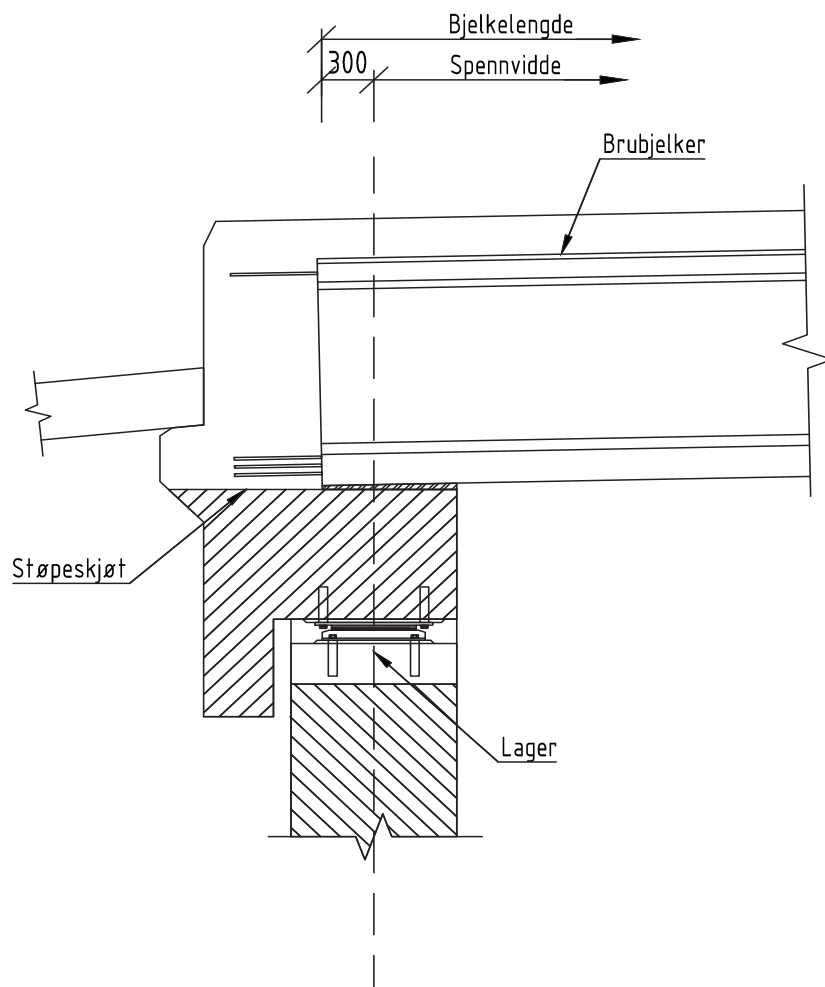
Tabell 1.3.2: Reduserte brubredder og bjelkebredder

Reduserte bjelkebredder fører blant annet til at de ytterste spenntauene i bjelkeflensene omplasseres. Hvordan dette gjøres, og hvilke konsekvenser dette gir, er anvist i pkt. 3.4.

Dersom brubreddene justeres ved å øke plateutstikket (større enn 400 mm), økes både egenvekt og trafikklaster på bjelkene. Dette kan ikke uten videre gjøres uten å beregne ny lastfordeling og ny bjelke dimensjonering. Bjelken kan gis mer armering, eller bjelkehøyden kan økes, se mer om dette i pkt. 3.5. Økte belastninger på de ytterste bjelkene kan føre til uønskede deformasjonsforskjeller på bjelkene.

1.3.3 Opplagsdetalj, spennvidde

Spennvidde og bjelkelengde er definert i figur 1.3.3, se også skjeve bruer i pkt. 1.5.1. Opplegg og utforming av bjelkeender er videre omtalt i pkt. 5.4, 6 og 8.6.

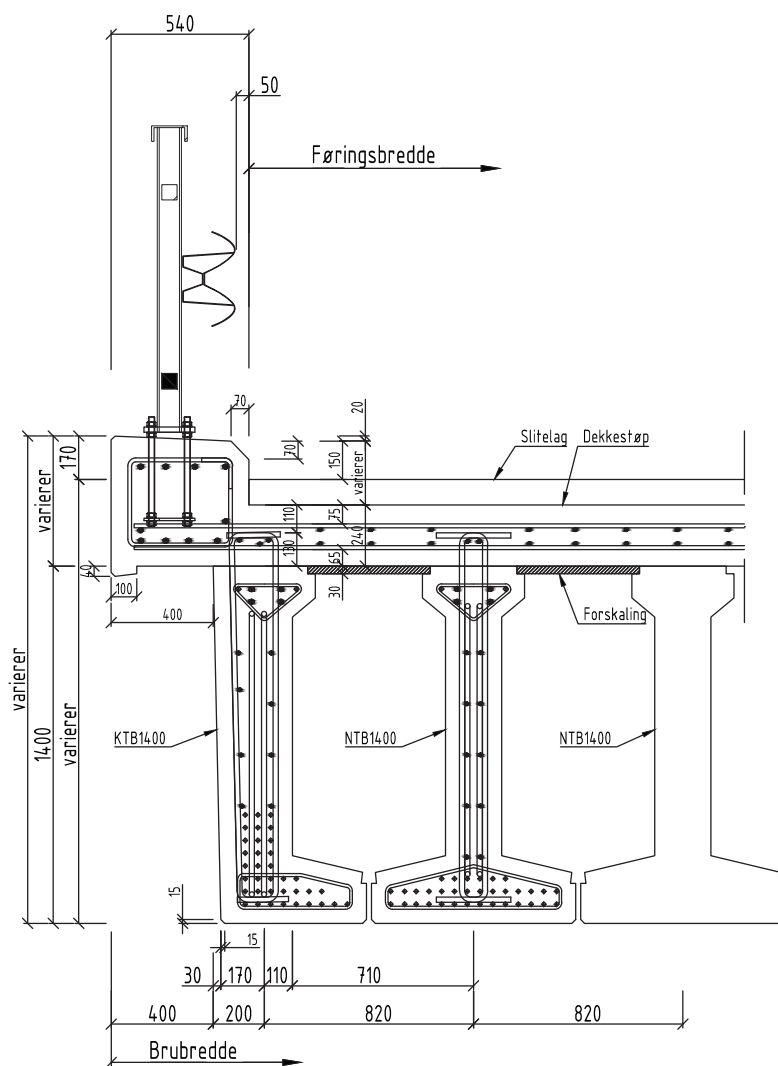


Figur 1.3.3: Definisjon av spennvidde og bjelkelengde for en rettinklet bru

1.3.4 Brukant

Standard mål på platekant med kantbjelker og rekkverk er vist på figur 1.3.4, se mer detaljerte anvisninger for platekant og rekkverk i pkt. 5. Eksempel på utførelse av dryppnese er vist, men andre utforminger kan også brukes. Behov for dryppnese i underkant av elementbjelke (KTB) i byggefasen vurderes i det enkelte prosjekt iht. håndbok N400 Bruprosjektering pkt. 7.9.1.

NTB800-400x1400 BRUTVERRSNITT MED KANTBJELKER 570-400x1400 DETALJ BRUKANT

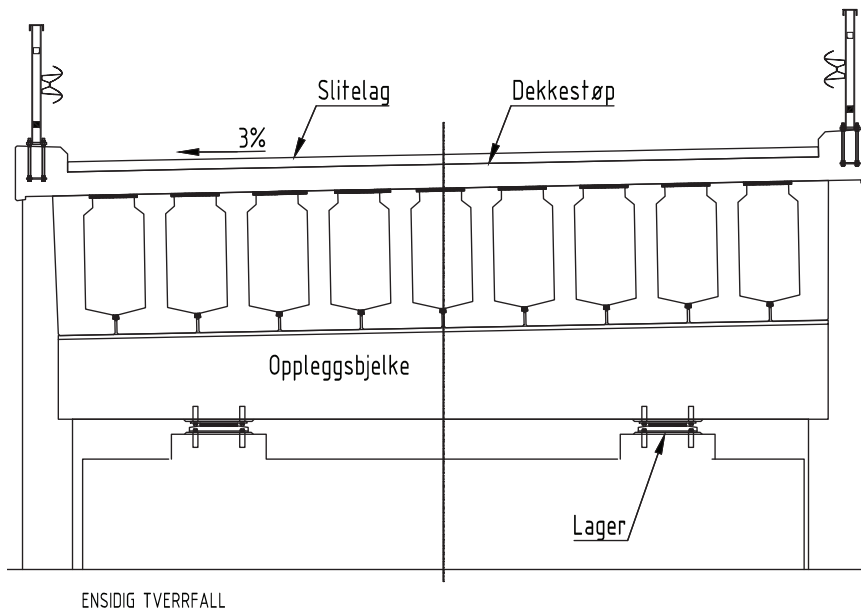


Figur 1.3.4: Brukant

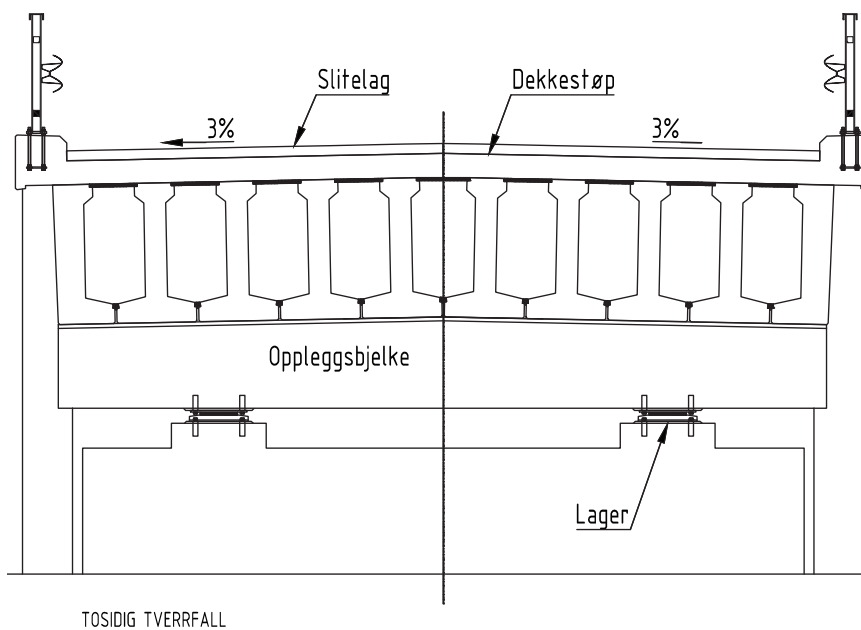
1.4 Avrenning og fall

Brubjelmene er dimensjonert for en samvirkende plate med konstant tykkelse. Nødvendig avrenning lages derfor med lengdefall og tverrfall som vist i figur 1.4.1a-b og iht. håndbok N100 Veg- og gateutforming. Oppleggsbjelken tilpasses tverrfallet på oversiden, og er horisontal på undersiden mot lager og plass til jekk. Det gjøres oppmerksom på at lengdefall prosjekteres iht. håndbok N100 Veg- og gateutforming (min. 2% på bru med kantdrager, siden tverrfallet ikke påvirker resultatene her). Det frarådes å benytte langsgående overvannsledning og sluk på disse bruene.

a)



b)

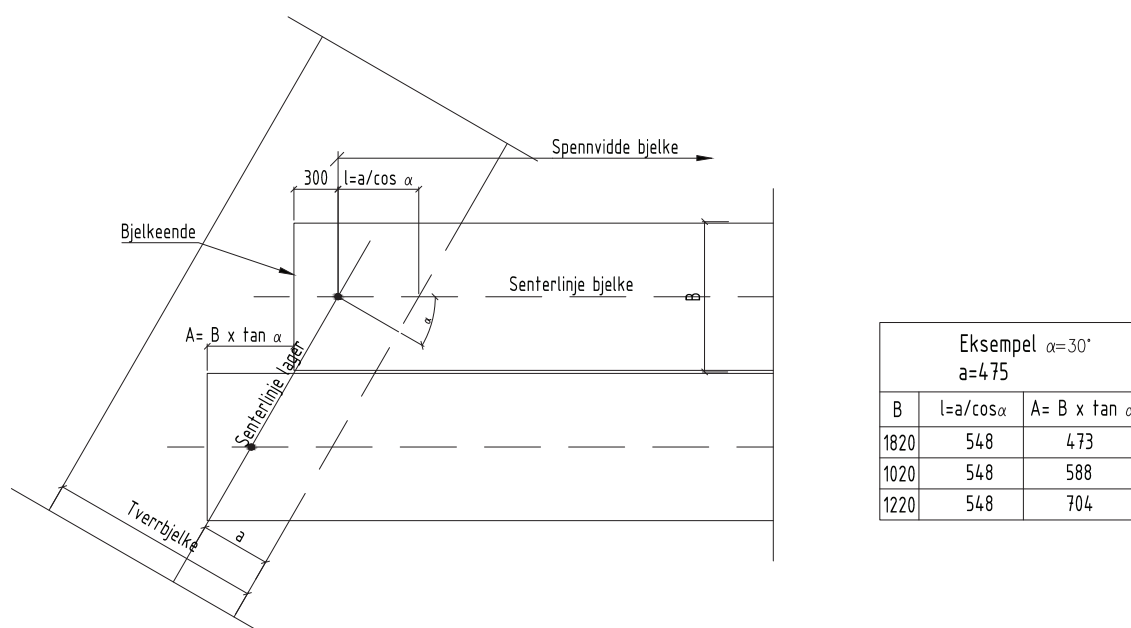


Figur 1.4.1a-b: Tverrfall

1.5 Skjeve bruer og horisontalkurvatur

1.5.1 Skjeve bruer, bjelkeender

Eventuelle skjevheter kan føre til endringer i tverrlastfordeling, og gi pilhøydedifferanser ved bjelkemontering. Bruene kan likevel normalt utføres med skjevhet opp til ca. 30 grader. Bjelkeendene ønskes vanligvis ikke utført med skrå ende. Ved forskjellig skjevhet mellom aksene, blir lengste bjelken i ytterkant dimensjonerende. Det anbefales at oppleggslengden justeres med hensyn til skjevhet og bjelkebredden i bunn, se figur 1.5.1. Det anbefales å unngå skjevhet som gir ulike bjelkelengder i samme spenn siden dette gir ulike overhøyder og nedbøyninger.



Figur 1.5.1: Skjeve bruer - oppleggsdetalj

1.5.2 Horisontal kurvatur, plateutstikk

Beregninger er utført med plateutstikk 400 mm som vist i figur 1.3.4. En eventuell økning i plateutstikk vil gi økt belastning på bjelkene, og vil medføre at tabellene i pkt. 3 ikke uten videre kan benyttes. Plateutstikk kan tilpasses en horisontal kurvatur så lenge den totale lastpåkjenningen av utstikk (summen av egenvekt og trafikk i hele bjelkelengden) ikke overstiger den ordinære lastpåkjenningen med 400 mm utstikk, se pkt. 3.5 for økt plateutstikk.

1.6 Kabelføringer

Trekkerør forutsettes opphengt i steg med en egnet løsning, f.eks. kabelstige innfestet på veggkonsoll eller direkte på gjennomgående gjengestag gjennom utsparinger i steg. Det benyttes helmetalliske låsemuttere i vibrasjonssikker utførelse til innfesting. Det vil sannsynligvis være krav til rustfri kvalitet for materialene som benyttes. Løsningen prosjekteres i det enkelte prosjekt og tilpasses antall, vekt og dimensjoner på trekkerør. Trekkerørene føres ut over overgangsplaten, se tegningseksempel i vedlegg.

Langsgående overvannsledning, spillvannsledning, vannledning eller fjernvarmeledning egner seg ikke opphengt i elementene.

2 Dimensjoneringsgrunnlag/ forutsetninger

2.1 Generelt beregningsgrunnlag

Aktuelle standarder, håndbøker og annen relevant litteratur for prosjektering av prefabrikkerte betongbjelkebruer er:

2.1.1 Generelle standarder

- /1/ NS-EN 1990: 2002 + A1: 2005 + NA: 2016. Eurokode: Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner.
- /2/ NS-EN 1991-1-1: 2002 + NA: 2008. Eurokode 1: Laster på konstruksjoner. Del 1-1: Allmenne laster. Tetthet, egenvekt, nyttelaster i bygninger.
- /3/ NS-EN 1991-1-4: 2005 + NA: 2009. Eurokode 1: Laster på konstruksjoner. Del 1-4: Allmenne laster. Vindlaster.
- /4/ NS-EN 1991-1-5: 2003 + NA: 2008. Eurokode 1: Laster på konstruksjoner. Del 1-5: Allmenne laster. Termiske påvirkninger.
- /5/ NS-EN 1991-1-7: 2006 + NA: 2008. Eurokode 1: Laster på konstruksjoner. Del 1-7: Allmenne laster. Ulykkeslaster.
- /6/ NS-EN 1991-2: 2003 + NA: 2010. Eurokode 1: Laster på konstruksjoner. Del 2: Trafikklast på bruer. - NS-EN 1991-2: 2003/AC: 2010. Rettelsesblad AC.
- /7/ Forskrift for trafikklast på bruer, ferjekaier og andre bærende konstruksjoner i det offentlige vegnettet (trafikklastforskrift for bruer m.m.) Samferdselsdepartementet. 2017.
- /8/ NS-EN 1992-1-1: 2004 + NA: 2008. Eurokode 2: Prosjektering av betongkonstruksjoner. Del 1-1: Allmenne regler og regler for bygninger.
- /9/ NS-EN 1992-2: 2005 + NA: 2010. Eurokode 2: Prosjektering av betongkonstruksjoner. Del 2: Bruer. - NS-EN 1992-2: 2005/AC: 2008. Rettelsesblad AC.
- /10/ NS-EN 1998-1: 2004 + A1: 2013 + NA: 2014. Eurokode 8: Prosjektering av konstruksjoner for seismisk påvirkning. Del 1: Allmenne regler, seismiske laster og regler for bygninger.
- /11/ NS-EN 1998-2: 2005 + A1: 2009 + A2: 2011 + NA 2014. Eurokode 8: Prosjektering av konstruksjoner for seismisk påvirkning. Del 2: Bruer. - NS-EN 1998-2: 2005/AC: 2010. Rettelsesblad AC.
- /12/ NS-EN 1337-2: 2004. Konstruksjonslager – Del 2: Glidekomponenter.
- /13/ NS-EN 13670: 2009 + NA: 2010. Utførelse av betongkonstruksjoner.
- /14/ NS 3576-3: 2012. Armeringsstål – Mål og egenskaper – Del 3: Kamstål B500NC.
- /14-1/ NS 3576-5 Armeringsstål - Mål og egenskaper - Del 5: Rustfritt kamstål B500NCR.
- /15/ FprEN 10138-3: 2009. Prestressing steels – part 3. Strand.
- /16/ NS-EN 13369: Prefabrikkerte betongprodukter – Allmenne regler, 2013.
- /17/ NS-EN 15050: 2007 + A1: 2002: Prefabrikkerte betongprodukter – Bruelementer.

2.1.2 Statens vegvesens dokumenter

- /18/ Håndbok N101 Rekkverk og vegens sideområder (2013).
- /19/ Håndbok V161 Brurekkverk (2016).
- /20/ Håndbok N200 Vegbygging (2018).
- /21/ Håndbok V220 Geoteknikk i vegbygging (2010).
- /22/ Håndbok N400 Bruprosjektering (2015).
- /23/ NA-rundskriv 2017/09 Rettelsesblad til håndbok N400 Bruprosjektering.
- /24/ Håndbok R412 Bruklassifisering (2003), NA-rundskriv 2017/10 + vedlegg (2018)
- /25/ Håndbok R700 Tegningsgrunnlag (2007).
- /26/ Håndbok R762 Prosesskode 2 (2018).
- /27/ Brudetaljer (<http://www.vegvesen.no/Fag/Teknologi/Bruer/Bruprosjektering/Brudetaljer>)

2.1.3 Andre dokumenter

- \28\ Betongelementboken Bind B. Avstivning og kraftoverføring. 2016.
- \29\ Betongelementboken Bind C. Elementer og knutepunkter. 2013.
- \30\ Betongelementboken Bind D. Del 2: Miljø og bestandighet. 2018.
- \31\ Betongelementboken Bind I. Avstiving i montasjefasen. 2015.
- \32\ Plabe2. Brukermanual.
- \33\ Ebjelke Versjon 6.5.8. Brukermanual
- \34\ Sofistik FEA 2016. Brukermanual

2.2 Laster og lastplassering

2.2.1 Trafikklast – vertikale laster

Aktuelle lastmodeller er gitt i \6\ og \7\.

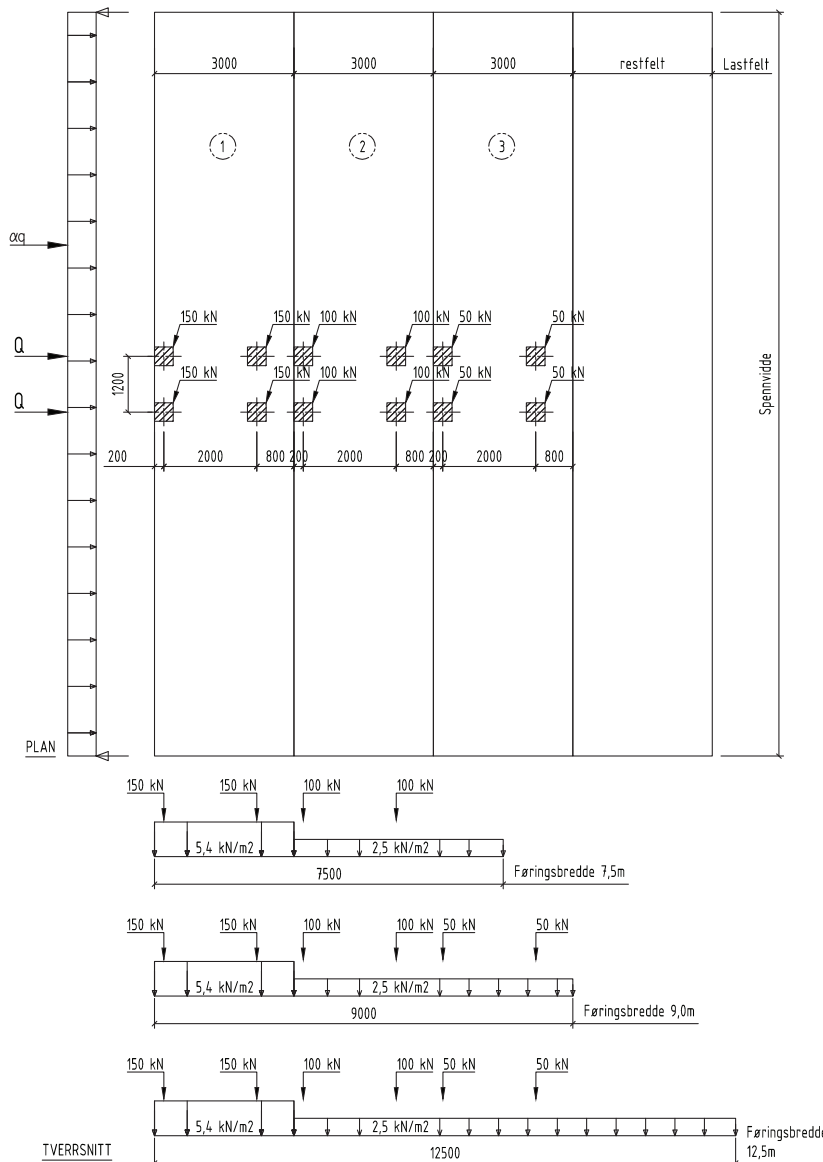
Lastmodell 1 (LM1) består av flere flyttbare eksentrisk plasserte hjullaster kombinert med jevnt fordelt belastning. Denne modellen er dimensjonerende.

Lastmodell 2 (LM2) består av to enkle hjullaster, og gir i disse beregningene mindre påkjenning enn LM1.

Lastmodell 3 (LM3) dekker behov for engangstransport med spesialkjøretøy, og består for disse bruene av 18 aksellaster x 150 kN, med totalvekt 2700 kN fordelt over akselavstander 1,5 m i lengderetningen \7\. Lastene plasseres nesten sentrisk på brua (eksentrisitet 0,3 m). Effekten av denne lastmodellen øker med økende spennvidder og med redusert brubredde.

Gjennomførte kontrollberegninger viser at effekten av LM3 utgjør ca. 60 % av LM1 for minste standard spennvidde 12 m, ca. 90 % av LM1 med spennvidde 28 m, og maksimum 99 % av LM1 med spennvidde 40 m, og er derfor ikke dimensjonerende for disse bruene.

Alle tabeller i dette dokumentet baserer seg på LM1. Plassering av laster i tverr- og i lengderetningen er vist i figur 2.2.1.



Figur 2.2.1: Lastplassering av trafikklaster LM1

Det er flere mulige plasseringer av hjullastene. Aktuelle plasseringer på langs er angitt i pkt. 3.1. For plassering i tverr-retning vises det til figur 2.2.1. Her er første hjullast i lastfelt 1 plassert så langt mot venstre kant som mulig, senter av lastflate 400 mm er plassert 200 mm fra plastøpt kant og tilsvarende er gjort for lastfelt 2 og 3. Dette gir maksimum belastning på kantbjelken (KTB) og første innerbjelken (NTB), bjelke nr. 11 og 1 på figur 1.3.1.

Det er også kontrollert med plassering av hjullastene så nært overgangen mellom lastfelt 1 og 2 som mulig, dvs. 500 mm mellom hjullastene for å kontrollere lasten på de indre bjelkene. Det er også kontrollert med å flytte hele lastfelt 1 innover. Det viser seg at de indre bjelkene aldri får så stor belastning som ytterbjelkene uansett plassering av trafikklasterne.

Samtlige bjelker kontrolleres derfor med lastplassering som vist i figur 2.2.1. Alle kantbjelker (KTB) dimensjoneres som bjelke 11 (figur 1.3.1), og alle innerbjelker (NTB) dimensjoneres som bjelke 1.

2.2.2 Egenlaster

For egenlast av bjelker, se vekttabell 4.4.1a for standard bjelker. Vekt av bjelker med redusert bredde er vist i pkt. 3.4. Følgende egenvekter er brukt i beregningene:

- Vekt av bruplate med tykkelse 240 mm: 6,0 kN/m².
- Ekstra vekt fra kantdrager ved platekant: 3,3 kN/m.
- Vekt av slitelag: 3,5 kN/m² iht. håndbok N400 Bruprosjektering \22\.
- Vekt av rekkverk: 0,5 kN/m iht. R412 \24\.

2.2.3 Påkjøringslaster

Platekant er dimensjonert for horisontallast 100 kN (V161\19\). Brudekke inkludert bjelker er dimensjonert for horisontallast 500 kN og vertikallast 87 kN (NS-EN 1991-1-7\5\).

2.3 Dimensjoneringsgrunnlag

2.3.1 Samvirkestøp

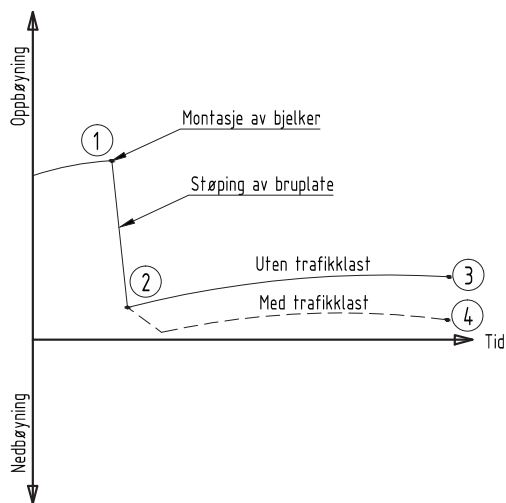
Bjelkene kontrolleres for alle lastfaser inkludert avspenning, lagring, løfting, transport og montasje. Bjelkene kontrolleres i støpefasen uten samvirke for egenvekt og platestøp, uten understøttelse. Kryp og svinn som foregår etter utstøping, beregnes for samvirketverrsnittet. Andre laster som kommer til etterpå (slitelag, rekkverk, trafikklaster) regnes med samvirketverrsnitt.

Det er viktig å sikre jevn belastning på alle bjelkene under støping av bruplaten, slik at de får tilnærmet like deformasjoner, se pkt. 5.

2.3.2 Deformasjonslaster

Deformasjonsberegningene gjennomføres med bruk av Ebjelke\33\, og lasthistorie som beskrevet i Bind C pkt. 1.3.1-1.3.3\28\). Dette er strengere enn kravene i håndbok N400 Bruprosjektering \22\, men er bedre tilpasset denne type brukonstruksjon. Langtidsandel av trafikklaster er satt til 0,3 (NS-EN 1990-kategori G) \1\, som også er strengere enn håndbok N400 Bruprosjektering.

Figur 2.3.2 viser et typisk deformasjonsforløp for de forhåndsgodkjente brubjelkene. Det generelle kravet er at brubjelkene alltid har en beregnet oppbøyning uansett tidspunkt eller belastning. NS-EN 15050\17\ angir at deformasjon kan avvike med $L/800$ fra beregnet. Dette tilsvarer 15 mm for $L = 12$ m og 50 mm for $L = 40$ m.



Figur 2.3.2: Typisk deformasjonsløp for NTB og KTB

Ved avspenning på fabrikken vil den store spennkraften i bunn av bjelken gi bjelkene en oppbøyning (pilhøyde). Denne oppbøyningen vil så øke framover til montasjetidspunktet (pkt. 1). Deretter støpes bruflaten uten understøttelse av bjelkene, og dette reduserer oppbøyningen nesten ned til null (pkt. 2). Spennkraften i bunn av bjelkene vil deretter medføre en fortsatt økning av oppbøyningen (pkt. 3). Påføring av trafikklast vil så redusere oppbøyningen (pkt. 4).

Beregningene gir følgende oppbøyning for korteste og lengste bjelke, se tabell 3.2.1:

- Før platestøp – pkt. 1: $H = 600 \text{ mm} - 8 \text{ mm} - 36 \text{ mm}$, $H = 800 \text{ mm} - 9 \text{ mm} - 51 \text{ mm}$,
 $H = 1000 \text{ mm} - 19 \text{ mm} - 49 \text{ mm}$, $H = 1200 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - 68 \text{ mm}$, $H = 1400 \text{ mm} - 32 \text{ mm} - 67 \text{ mm}$
- Etter platestøp – pkt. 2: $0 \text{ mm} - 13 \text{ mm}$
- Etter lang tid uten trafikklast – pkt. 3: $7 \text{ mm} - 23 \text{ mm}$
- Etter lang tid med trafikklast – pkt. 4: $0 \text{ mm} - 10 \text{ mm}$

Brubjelkene har en kraftig underflens som påvirker effekten av spennkraften. Som følge av dette, samt deformasjonskravene, er ingen av bjelkene fullt utnyttet med hensyn til momentkapasitet (momentutnyttelse $0,55 - 0,88$). Det er således mulig å øke spennvidden ved å øke spennkraften pr. tau, se pkt. 2.4.2. Det er også mulig å øke spenntaudimensjonen fra $\varnothing 15,3 \text{ mm}$ til $\varnothing 15,7 \text{ mm}$ innenfor samme tverrsnitt, og dermed øke spennkraften. Justeringer krever nye beregninger og avklares med leverandør.

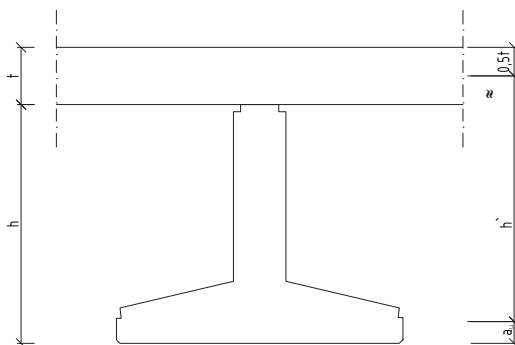
2.3.3 Minimumskrav til armering

Horisontal stegarmering er i henhold til kravene i håndbok N400 Bruprosjektering pkt. 7.8.7 \22\ med $\varnothing 12 \text{ c } 200$ på begge sider, se figur 3.3.2. Bjelkene er likevel dimensjonert i henhold til minimumskravene i NS-EN 1992-1-1 \8\ . Dimensjonering for begge utførelser gir samme resultat.

Skjærbøyer: Bøylearmering kontrolleres iht. minimumskravene i NS-EN 1992-1-1 pkt. NA.9.5N \8\ , med armering B500NC og betong B55:

$$p_{w,\min} = \frac{0,10\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}} = \frac{0,10\sqrt{55}}{500} = 0,001483$$

Eksempel med $s = 1000 \text{ mm}$, $b_w = 220 \text{ mm}$: $A_{sw,\min} = p_{w,\min} \times s \times b_w = 0,001483 \times 1000 \times 220 = 326 \text{ mm}^2/\text{m}$. Maks bøyleavstand iht. \8\ pkt. NA.9.6: $S_{\max} = 0,6h'$ der h' gjelder samvirketverrsnitt.



Håndbok N400 Bruprosjektering stiller egne krav til minste bøylemengde og senteravstand for å sikre bjelkenes robusthet mot uforutsette påkjenninger. Etter innvilget fravik på senteravstand for NTB er resultatet av dette $\varnothing 12 \text{ c } 200$ i alle KTB og $\varnothing 12 \text{ c } 300$ i alle NTB. Samlet resultat er vist i tabell 2.3.3:

Bjelke h	a _u	t	h ^l	S _{maks} = 0,6h ^l	b _w	A _{sw,min}	Min. bøylearmering iht. NS-EN 1992-1-1	Valgt minste bøylearmering
NTB 600	91	240	629	377	220	326	2ø12c360 = 628 mm ² /m	2ø12c300 = 753 mm ² /m
« 800	«	«	829	497	«	«	« c480 = 481 «	
« 1000	«	«	1029	617	«	«	« c600 = 377 «	
« 1200	99	«	1221	733	«	«	« c600 = 377 «	
« 1400	108	«	1412	847	«	«	« c600 = 377 «	
KTB 600	124	240	596	358	280	415	2ø12c360 = 628 mm ² /m	2ø12c200 = 1130 mm ² /m
« 800	«	«	796	478	«	«	« c480 = 481 «	
« 1000	«	«	996	598	«	«	« c480 = 481 «	
« 1200	139	«	1181	709	«	«	« c480 = 481 «	
« 1400	158	«	1362	817	295	437	« c480 = 481 «	

Tabell 2.3.3: Minimumskrav til skjærbøyer

Beregningene viser at det ikke er nødvendig med skjærbøyer.

Spaltestrekkbøyer beregnes med Ebjelke i samsvar med Bind C pkt. 8.1.3\29\.

Alle bjelker har 2ø16-P6 vinkeljern i ender som standard minimum armering uavhengig av resultatene fra Ebjelke (sikring mot spalteriss og forankringsriss).

Samvirkebøyer.

Skjærbøyer er utformet slik at de automatisk virker som samvirkebøyer. Det stilles ikke minimumskrav til samvirkebøyer, men det brukes samme krav som for skjærbøylene, se Bind B pkt. 16.3\28\.

2.4 Materialer

2.4.1 Betong

Generelt gjelder kravene i håndbok R762 Prosesskode 2 \26\. Betongen er forutsatt SV-Standard, bestandighetsklasse MF40 med luftinnhold 4,5 % ±1,5 % for B45 og 3,5 % ±1,5 % for B55.

Følgende krav til styrke er benyttet:

Plasstøpt betong:	B45	$f_{ck} = 55 \text{ N/mm}^2$ (sylinder), 67 N/mm^2 (terning)
Prefabrikkerte bjelker:	B55 - 28dg:	$f_{ckj} = 39 \text{ N/mm}^2$ (sylinder), 49 N/mm^2 (terning)
	Transport:	$f_{ckj} = 35 \text{ N/mm}^2$ (sylinder), 45 N/mm^2 (terning)
	Nedspenning:	$f_{ckj} = 33 \text{ N/mm}^2$ (sylinder), 42 N/mm^2 (terning)
	Forankring av løftetau:	$f_{ckj} = 33 \text{ N/mm}^2$ (sylinder), 42 N/mm^2 (terning)

2.4.2 Spennarmering

Kvalitetskravene er gitt i FprEN 10138 – del 3 \15\:

Det benyttes ø15,3 mm spenntau med kvalitet Y1860S7, nr. 1.1366.

Strekkareal $A_s = 140 \text{ mm}^2/\text{tau}$ (Ebjelke bruker ekvivalent diameter = 13,351 mm).

0,1 % strekkgrænse (proof force) – $F_{p0.1k} = 229 \text{ kN}/\text{tau}$.

0,1 % strekkgrænse (spenning) – $f_{p0.1k} = 229000/140 = 1636 \text{ N/mm}^2$.

Dimensjonerende spenning – $f_{pd} = f_{p0.1k}/\gamma_s = 1636/1,15 = 1422 \text{ N/mm}^2$.

Oppspenningskraft bestemmes iht. NS-EN 1992-1-1\8\ pkt. 5.10.2.1:

$$\sigma_{p,max} = k_1 \times f_{pk} = 0,8 \times 1860 = 1488 \text{ N/mm}^2.$$

$$\sigma_{p,max} = k_2 \times f_{p0.1k} = 0,9 \times 1636 = 1472 \text{ N/mm}^2.$$

$$P_{max} = \sigma_{p,max} \times A_s = 1.472 \times 140 = 206 \text{ kN/tau.}$$

Valgt standard oppspenningskraft = 200 kN/tau.

Kontroll av stål og betongspenninger etter avspenning gjøres med Ebjelke\33\.

Armeringsdybde for spenntau bestemmes av krav til armeringsoverdekning inkludert toleranser og største dimensjon av bøyer:

Armeringsoverdekning bøyer: $C_{nom} = C_{min} + \Delta C = 50 + 5$	= 55
Flensbøyer maks. $\phi 10$ bygger	= 12
$\frac{1}{2}$ spenntau $\phi 15.3$ mm	= 8
Armeringsdybde spenntau	= 75 mm

Innbyrdes senteravstand for spenntau bestemmes iht. NS-EN 1992-1-1\8\ pkt. 8.10.1.2:

Forutsetter maksimum kornstørrelse $d_g = 22$ mm.

Horisontalt:	$Ch = d_g + 5 + \phi = 22 + 5 + 15,3$	= 42,3 mm
	$Ch = 2\phi + \phi = 3\phi = 3 \times 15,3$	= 45,9 mm
	$Ch = 20 + \phi = 20 + 15,3$	= 35,3 mm
Vertikalt:	$Cv = d_g + \phi = 22 + 15,3$	= 37,3 mm
	$Ch = 2\phi + \phi = 3\phi = 3 \times 15,3$	= 45,9 mm

Valgt rutenett for plassering av spenntau $Ch = Cv = 50$ mm

2.4.3 Slakkarmering

Kvalitetskravene for kamstål B500NC er gitt i NS 3576-3\14\:

- Flytegrense (0,2% grense) - $f_{yk} = 500$ N/mm².
- Dimensjonerende spenning - $f_{yd} = f_{yk}/\gamma_s = 500/1,15 = 435$ N/mm².

2.4.4 Ståldeler

Stålplater, gjengestenger, skruer, muttere og gjengehylser utføres i rustfri kvalitet, for eksempel stålplater i kval. 1.4404 (NS-EN 10088) eller skruer A4-80 (NS-EN ISO 3506). Det henvises også til Bind D\30\ pkt. 13.2. Innstøpte ståldeler (unntatt i overdekningssonen), som f.eks. forankringsplate for boltegruppe, kan være i ubehandlet stål.

2.5 Armeringsoverdekning

2.5.1 Minimumskrav

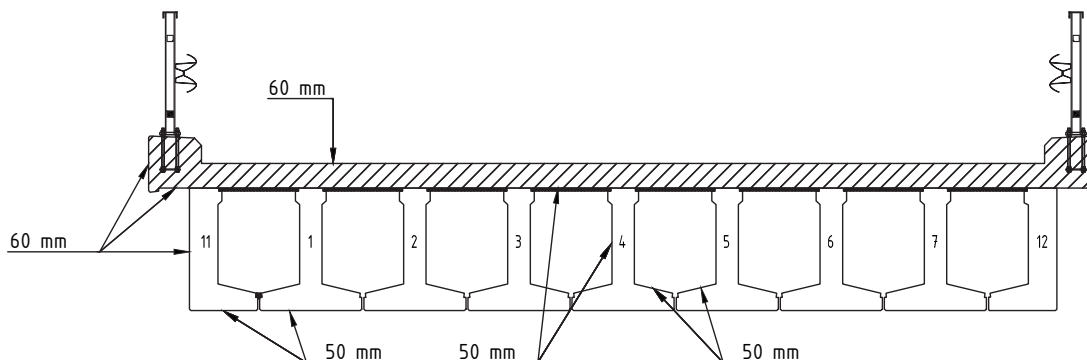
Konstruksjonen er beregnet å tåle påkjenninger fra karbonatisering (XC4), klorider (XD3), frost (XF4) og sjøsalt (XS2).

Minstekravene til armeringsoverdekning av hensyn til bestandighet finnes i håndbok N400 Bruprosjektering \22\ tabell 7.2. Tilhørende valg av betongspesifikasjon finnes i håndbok N400 Bruprosjektering \22\ tabell 7.1.

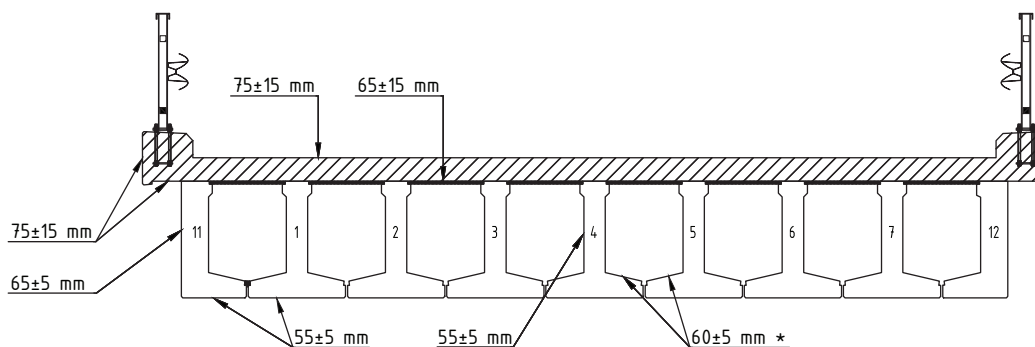
I denne brukonstruksjonen er det valgt minimum armeringsoverdekning $C_{min} = 50$ og 60 mm.

Overdekningskravene i håndbok N400 Bruprosjektering er ikke direkte koblet mot de tilsvarende kravene i NS-EN 1992-1-1\8\ tabell NA.4.4N og håndbok N400 Bruprosjektering er dimensjonerende. Bjelkene i denne veilederen dekker alle tilfeller i tabell 7.2 med unntak av konstruksjonsdeler i marint miljø, se også oversikt i Bind D \30\ pkt. 14.1.

Figur 2.5.1 viser hvilke overdekningskrav som er valgt for selve bruonstruksjonen.



Figur 2.5.1a: Minimum armeringsoverdekning (C_{min})



* Det tillates ikke porer i overflaten med utbredelse >15 mm og/eller dybde >10 mm.

Figur 2.5.1b: Nominell armeringsoverdekning (C_{nom})

Prosjektert armeringsoverdekning (nominell) er lik minimumskravet pluss en toleranse som er tilpasset utførelseskontroll og diverse praktiske forhold. Se mer om dette i NS-EN 1992-1-1\8\, NS-EN 13369\16\, og Bind D \30\ pkt. 12.1.

$$C_{nom} = C_{min} \pm \Delta C.$$

Valg av prosjektert (nominell) armeringsoverdekning vises i tabell 2.5.1c.

Konstruksjonsdel	Nominell armeringsoverdekning C_{nom} (mm)
Betongelement bjelker	55 ± 5 (utside av KTB valgt 65 ± 5)
Underside av plasstøpt bruplate (over bjelker)	65 ± 15
Overside av plasstøpt bruplate	75 ± 15
Utstikkende plasstøpt platekant med kantdrager	75 ± 15
Innside av plasstøpt vinge	75 ± 15
Øvrige flater plasstøpt vinge	65 ± 15
Overkant underflenser betongelementer	60 ± 5

Tabell 2.5.1c: Prosjektert (nominell) armeringsoverdekning (C_{nom})

2.6 Krav til utførelse og kontroll

2.6.1 Generelle henvisninger

Utførelsen følger kravene i håndbok R762 Prosesskode 2 \26\ og NS-EN 13670\13\ Utførelsesklasse 3.

For betongelementer gjelder generelt NS-EN 13369\16\ og NS-EN 15050\17\ for produksjon av bjelker.

2.6.2 Toleranser bjelker

Det henvises til NS-EN 15050\17\ pkt. 4.3.1. Produsentene kan også velge å følge Betongelementboken «Bind F. Toleranser» med strengere krav.

2.6.3 Herdeforløp

2.6.3.1 Bjelker

Herdeforløpet vil variere avhengig av temperatur og produksjonsforhold. Ebjelke\33\ forutsetter styrkekrav som vist i pkt. 2.4.1. Nedspenning foregår normalt etter ca. 1-2 døgn, og transport kan vanligvis foregå neste døgn hvis ønskelig. Før igangsetting av platestøp forutsettes det at bjelkene har oppnådd tilnærmet kravet til 28 dg. fasthet.

For generell informasjon om herdeforløp og generelle krav til herdetiltak av betongelementer henvises det til Bind D\30\ pkt. 11.1.3. Det anbefales tildekking med plastfolie. Herdetiltak og varighet av disse er vist i tabell D11.1\30\.

2.6.3.2 Platestøp

Kantforskaling kan rives iht. prosess 84.2 i håndbok R762 Prosesskode 2 \26\. Trafikkbelastning kan påføres når betongen har oppnådd 28 dg. fasthet. For generelle krav til herdetiltak henvises det til håndbok R762 Prosesskode 2 \26\.

2.6.4 Overflater

2.6.4.1 Porer på overside av bjelkeflens

Bjelkens utforming gjør at det lett kan samle seg luft på oversiden av bunn flens med overflateporer som resultat. Dette kan unngås med bruk av «luftehull» i forskalingen, og med tilpasset utstøpings-teknikk. Det tillates ikke porer i overflaten med utbredelse >15 mm og/eller dybde > 10 mm.

2.6.4.2 Kantavskallinger

Brubjelkens kanter er sårbare med tanke på avskallinger. Det settes fokus på kanter ved riving av forskaling, ved løfting, ved transport og ved montering av bjelker. Det er viktig at alle aktører er innforstått med viktigheten av å unngå kantavskallinger. Mindre kantavskallinger som oppstår under transport eller montasje, kan normalt utbedres på byggeplass. Eventuelle utbedringer utføres etter avtale med byggherre i det enkelte prosjekt. Generelt henvises det til prosess 88.22 i håndbok R762 Prosesskode 2 \26\.

2.6.4.3 Konstruktive skader

Utbedring eller returnering ved slike skader avtales i det enkelte prosjekt. Generelt henvises det til prosess 88.22 i håndbok R762 Prosesskode 2 \26\.

2.6.5 Sikring av armeringsoverdekning

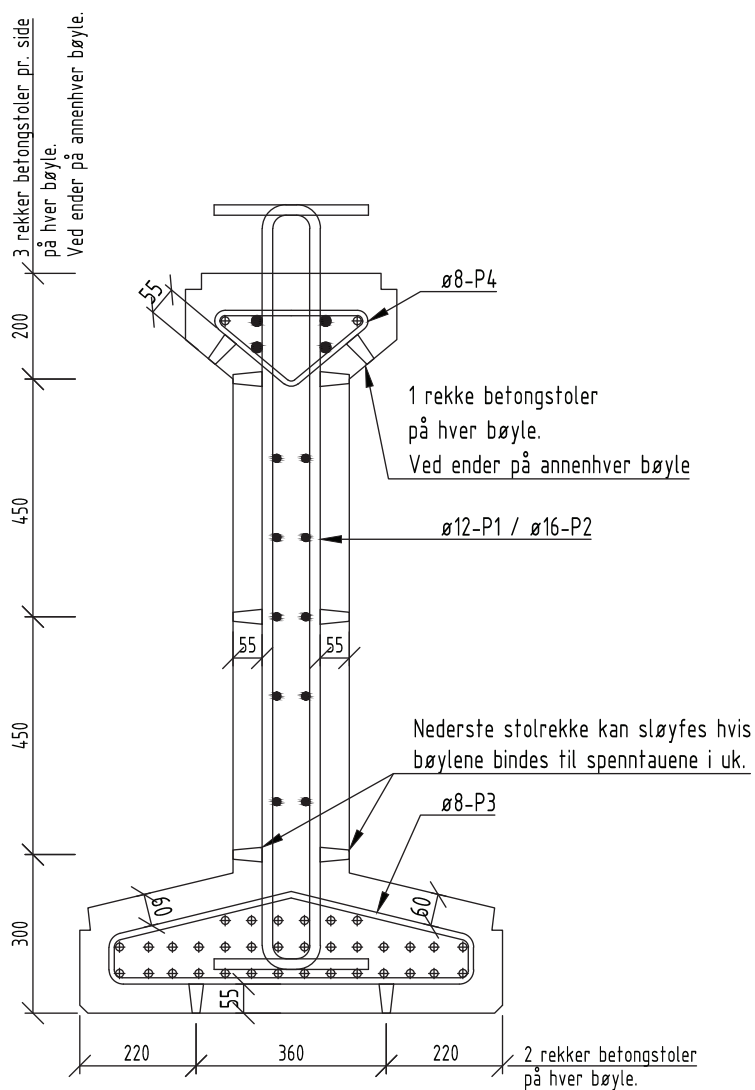
Plasstøpte konstruksjoner utføres med en toleranse $\Delta C = \pm 15$ mm. Hvordan dette gjøres er angitt i håndbok N400 Bruprosjektering \22\ pkt. 7.4.3 til 7.4.7, og detaljert i Statens vegvesens «Rapport nr. 388 Sikring av overdekning for armering 2017».

Betongelementbjelker utføres med en toleranse $\Delta C = \pm 5$ mm. Hvordan dette gjøres er generelt beskrevet i Bind D\30\ pkt.12.1, og med plassering av armeringsstoler som vist i figur 2.6.5. Det anbefales å benytte armeringsstoler mot kant på underflens og i toppen av underflens for å sikre armeringsoverdekningen.

a)

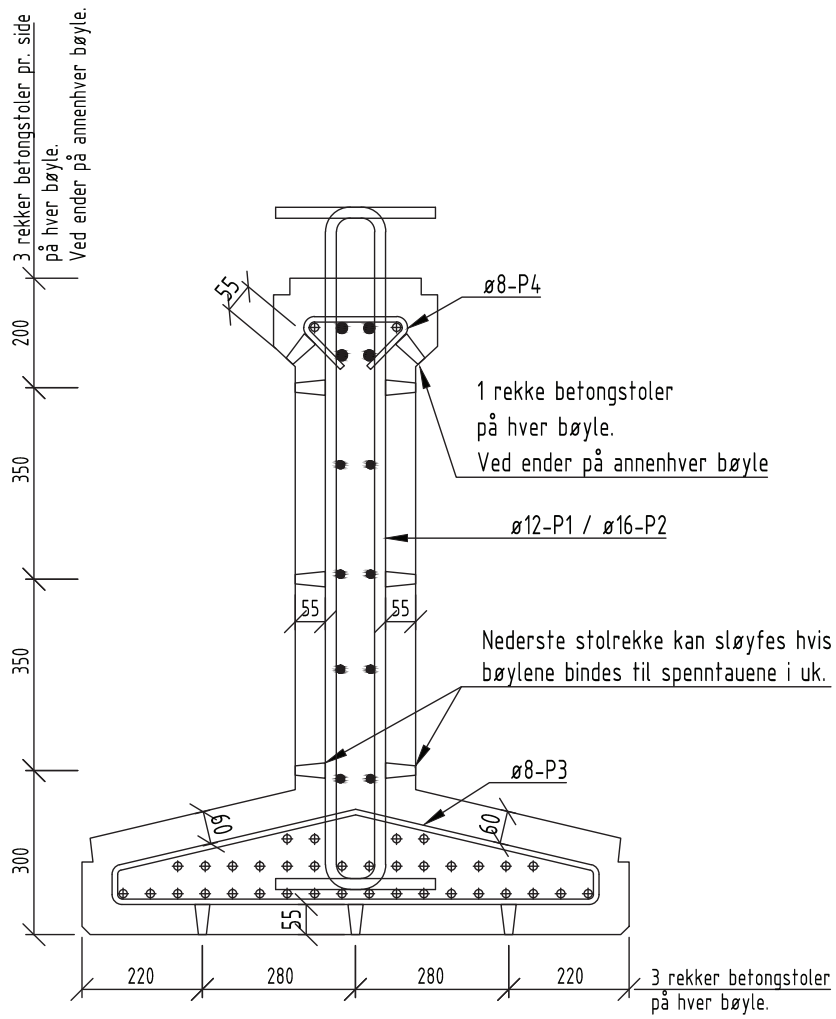
NTB800-400x1400

SIKRING AV ARMERINGSOVERDEKNING



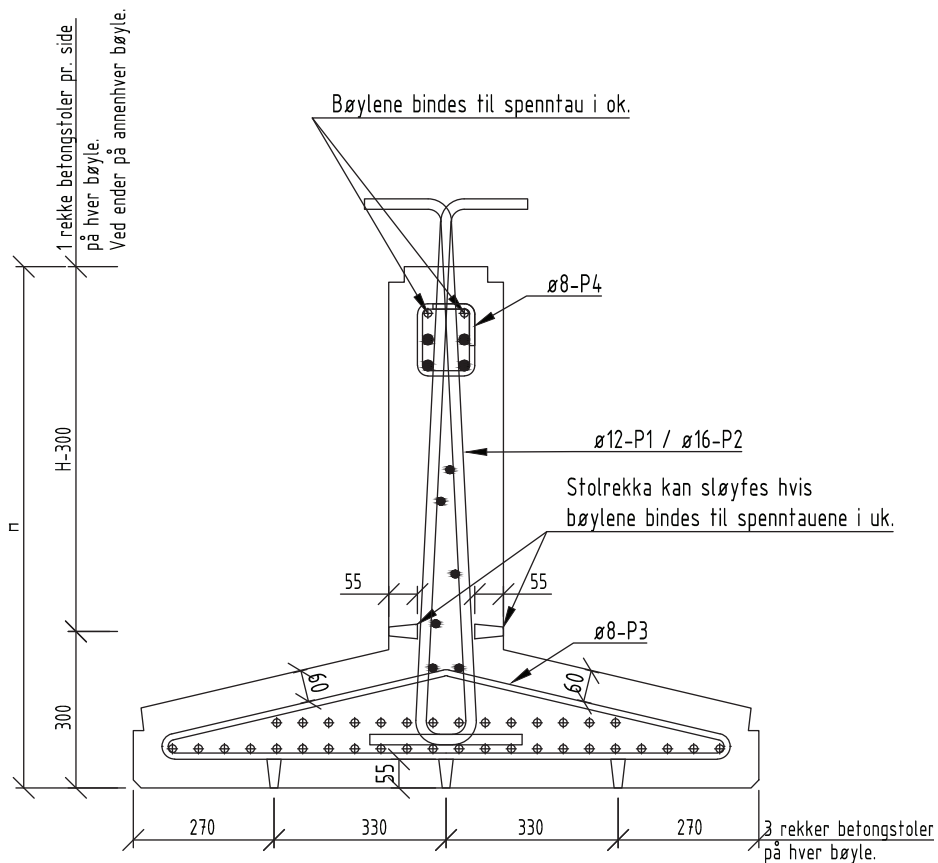
b)

NTB1000-300x1200
 SIKRING AV ARMERINGSOVERDEKNING



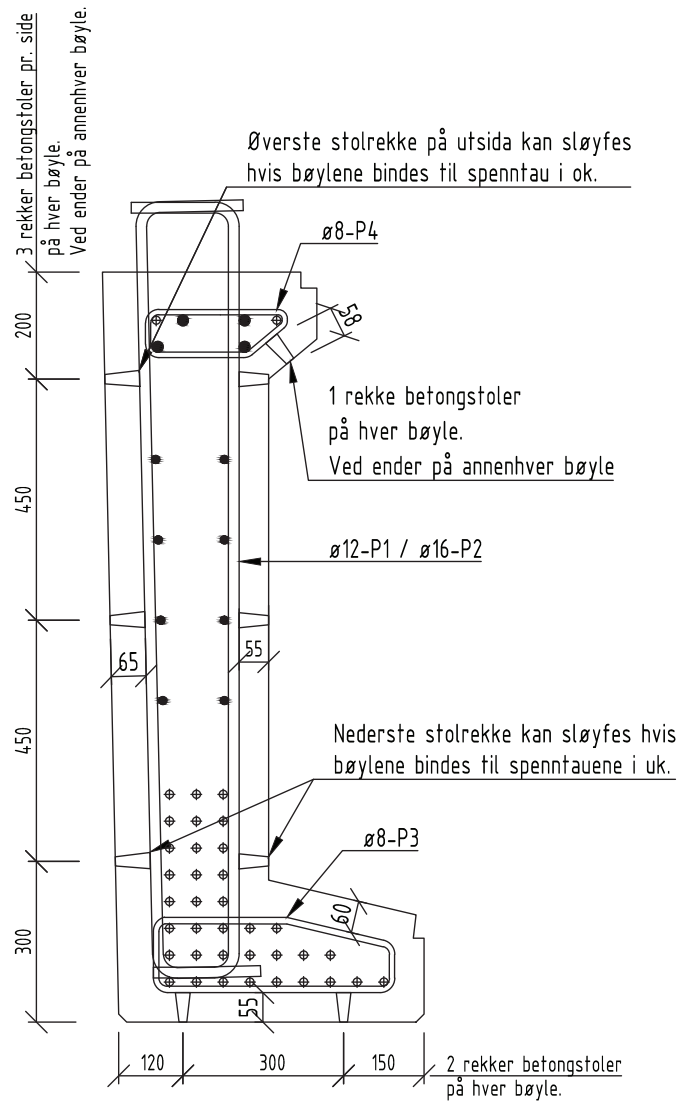
c)

NTB1200-220x600-1000
 SIKRING AV ARMERINGSOVERDEKNING



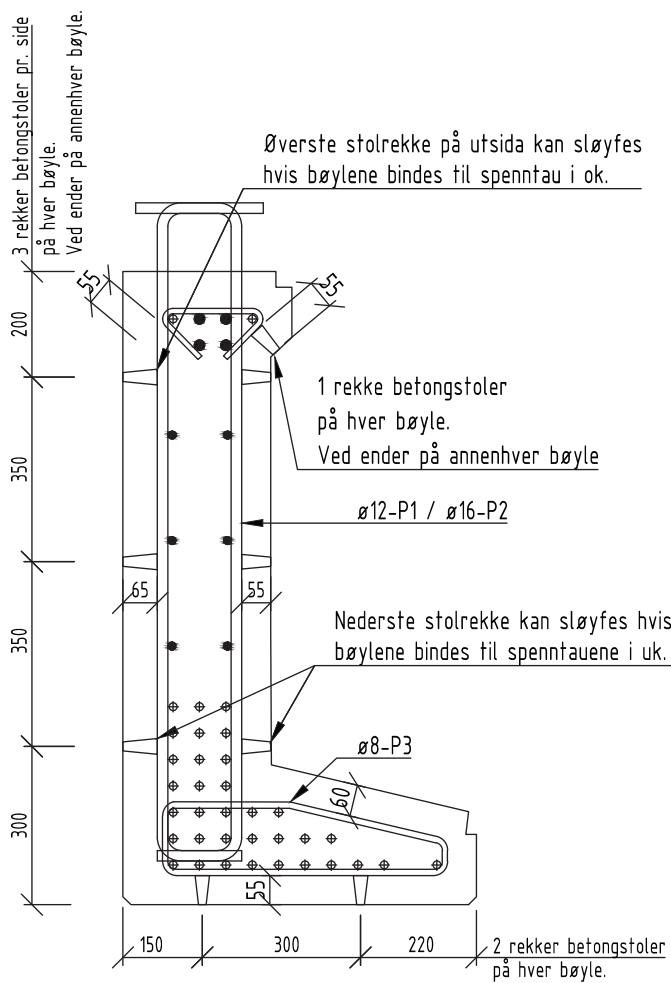
d)

KT B570-400x1400
SIKRING AV ARMERINGSOVERDEKNING



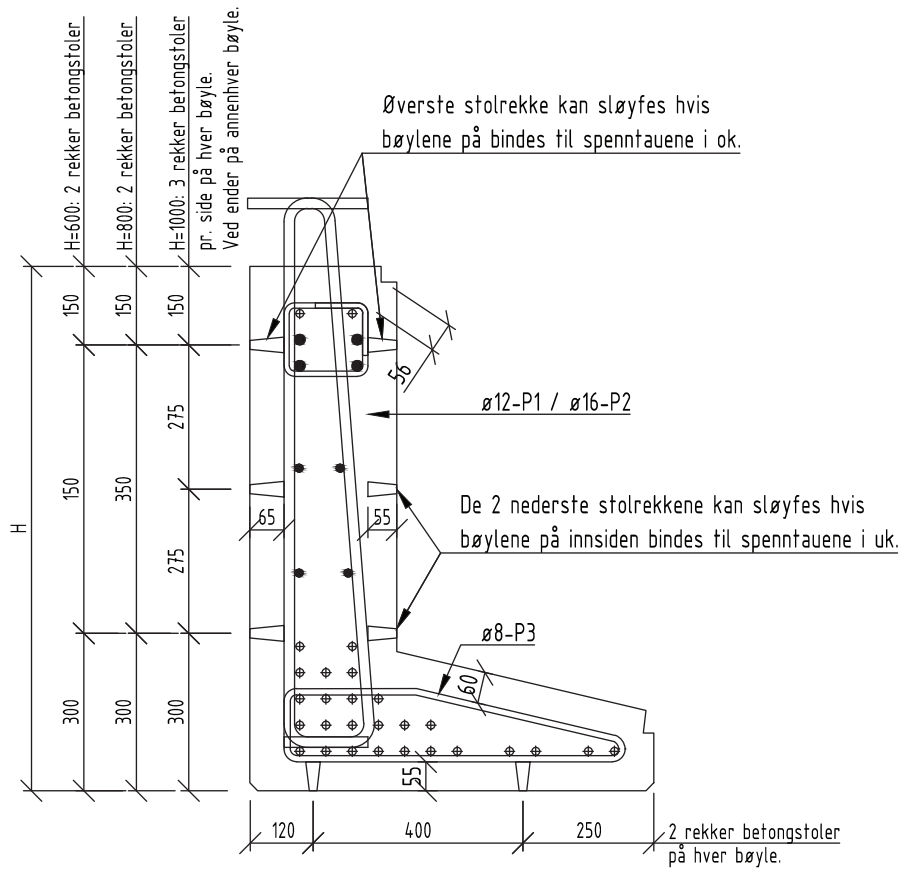
e)

KTB670-320x1200
SIKRING AV ARMERINGSOVERDEKNING



f)

KTB770-280x600-1000
SIKRING AV ARMERINGSOVERDEKNING



Figur 2.6.5a-f: Sikring av armeringsoverdekning for NTB og KTB

3 Dimensjonering og armering av bjelker

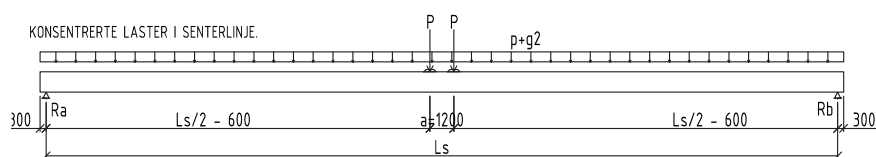
3.1 Beregningsprogrammer og dimensjonering

Påførte egenvekter (g_2) og trafikklaster (P , p) varierer på tvers av brutverrsnittet. Lastene vil fordele seg på bjelkene avhengig av lastplassering, spennvidde og bjelkestivheter, se pkt. 2.2 og 2.3. Dataprogrammet Plabe2 brukes for å finne resultatet av tverrfordelingen, se tabell 3.1a og b.

NTB

TABELL FOR P , p og g_2

P er plassert i cl bjelke



BJELKEDIMENSJON	L_s (m)	P (kN)	p (kN/m)	g_2 (kN/m)
NTB800-400x1400	42*	66,6	3,22	8,54
	41	67,0	3,23	8,54
	40*	67,3	3,24	8,55
	39	67,7	3,26	8,56
	38	68,1	3,27	8,56
	37	68,5	3,29	8,57
	36*	68,9	3,30	8,57
	35	69,3	3,32	8,58
	34	69,7	3,33	8,59
	33	70,1	3,35	8,59
	32	70,5	3,36	8,60
31*	70,9	3,38	8,61	
NTB1000-300x1200	36*	82,2	3,99	10,61
	35	82,7	4,01	10,62
	34	83,1	4,02	10,63
	33*	83,6	4,04	10,63
	32	84,1	4,06	10,64
	31	84,5	4,08	10,64
	30*	85,0	4,10	10,65
	29	85,5	4,12	10,67
	28	86,0	4,14	10,68
	27	86,5	4,16	10,70
	26*	87,0	4,18	10,71
25	87,5	4,20	10,73	
NTB1200-220x1000	29	97,4	4,75	12,58
	28*	98,0	4,78	12,59
	27	98,7	4,81	12,60
	26	99,3	4,83	12,61
	25*	100,0	4,86	12,62
	24	100,7	4,89	12,63
	23	101,3	4,92	12,65
	22*	102,0	4,95	12,66
21	102,7	4,98	12,68	
NTB1200-220x800	24*	97,8	4,78	12,61
	23	98,6	4,81	12,63
	22	99,5	4,84	12,64
	21	100,3	4,88	12,66
	20*	101,1	4,91	12,67
	19	101,9	4,95	12,69
	18	102,7	4,99	12,71
	17	103,5	5,03	12,72
	16*	104,3	5,07	12,74
15	105,1	5,11	12,76	
NTB1200-220x600	18*	99,2	4,83	12,64
	17	100,3	4,88	12,66
	16*	101,3	4,92	12,68
	15	102,3	4,97	12,70
	14	103,4	5,03	12,73
	13*	104,4	5,08	12,75
	12	105,5	5,14	12,77

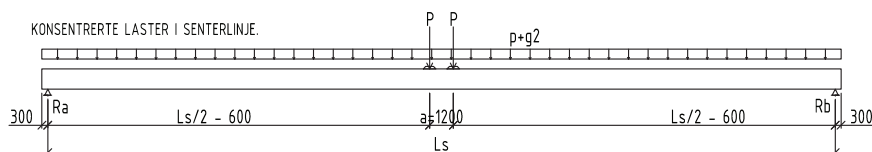
* Beregnet med PLABE2.
Øvrige verdier er interpolert.

Figur 3.1a: Brukslaster innerbjelker NTB

KTB

TABELL FOR P, p og g2

P er plassert i cl bjelke



BJELKEDIMENSJON	Ls (m)	P (kN)	p (kN/m)	g2 (kN/m)
KTBJ570-400x1400	42*	73,0	3,27	8,39
	41	73,5	3,29	8,40
	40*	74,0	3,31	8,41
	39	74,6	3,33	8,42
	38	75,1	3,34	8,43
	37	75,7	3,36	8,44
	36*	76,2	3,37	8,45
	35	76,8	3,39	8,47
	34	77,4	3,41	8,49
	33	78,0	3,42	8,51
	32	78,6	3,44	8,53
	31*	79,2	3,46	8,55
KTBJ670-320x1200	36*	82,7	3,71	9,43
	35	83,4	3,73	9,45
	34	84,0	3,75	9,46
	33*	84,6	3,77	9,48
	32	85,3	3,79	9,50
	31	85,9	3,81	9,53
	30*	86,6	3,83	9,55
	29	87,3	3,85	9,58
	28	88,0	3,87	9,62
	27	88,6	3,88	9,65
	26*	89,3	3,90	9,68
	25	90,0	3,92	9,71
KTBJ770-280x1000	29	92,0	4,15	10,50
	28*	92,8	4,17	10,52
	27	93,6	4,19	10,55
	26	94,4	4,22	10,59
	25*	95,2	4,24	10,62
	24	96,0	4,26	10,66
	23	96,9	4,28	10,71
	22*	97,7	4,30	10,75
	21	98,5	4,32	10,80
KTBJ770-280x800	24*	91,2	4,10	10,42
	23	92,2	4,13	10,47
	22	93,1	4,16	10,51
	21	94,1	4,18	10,56
	20*	95,0	4,21	10,60
	19	95,9	4,23	10,67
	18	96,9	4,26	10,74
	17	97,8	4,28	10,81
	16*	98,7	4,30	10,88
	15	99,6	4,32	10,95
KTBJ770-280x600	18*	91,1	4,08	10,39
	17	92,3	4,11	10,46
	16*	93,4	4,14	10,52
	15	94,5	4,17	10,61
	14	95,7	4,19	10,71
	13*	96,8	4,22	10,80
	12	97,9	4,25	10,90

* Beregnet med PLABE2.
Øvrige verdier er interpolert.

Figur 3.1b: Brukslaster på kantbjelker KTB

Med bruk av dataprogrammet Ebjelke dimensjoneres hver enkelt bjelke for lastene som er angitt i tabellene 3.1a og 3.1b. Bjelkene regnes fritt opplagte.

Det dimensjoneres med tre ulike plasseringer av hulllastene (P), i feltmidte, 0,25l fra feltmidte og 2d fra opplagg. Plassering 0,25l og 2d bestemmer eventuelle behov for skjærkraftbøyler og samvirkebøyler, mens plassering i feltmidte er dimensjonerende for alle andre påkjenninger.

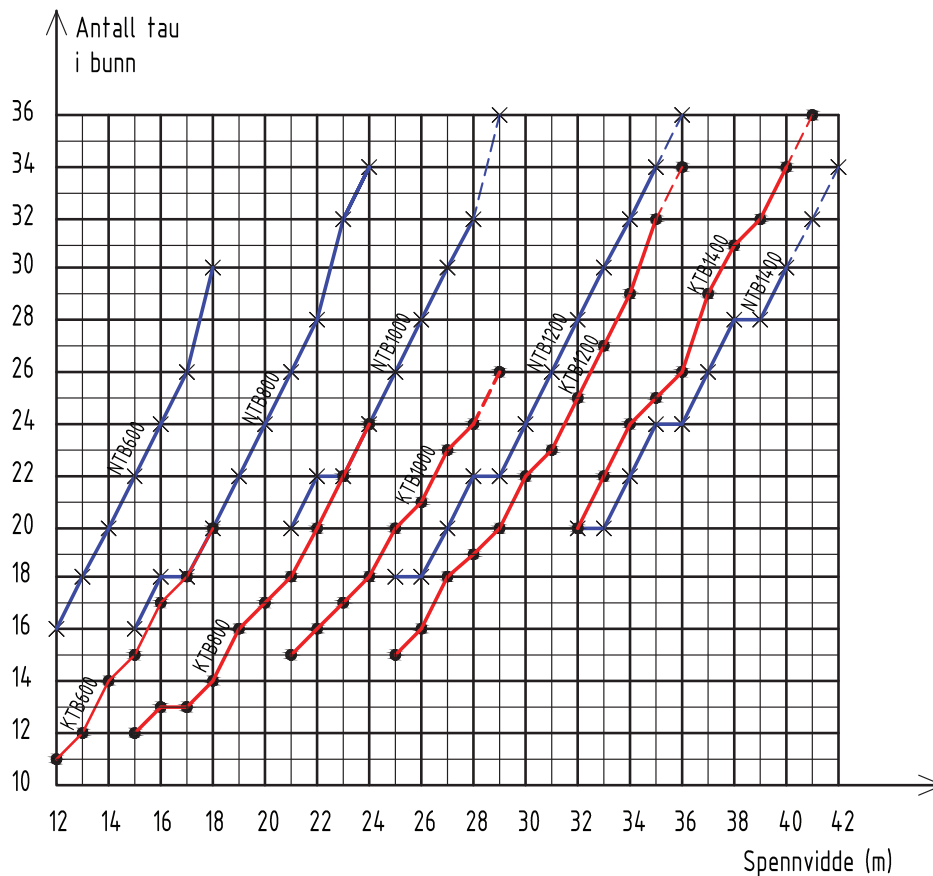
Bjelkene er dimensjonert med horisontal stegarming i henhold til minimumskravene i NS-EN 1992-1-1, mens armeringsutførelsen i figurene 3.3.2 har mer horisontal stegarming i henhold til håndbok N400 Bruprosjektering pkt. 7.8.7. Dimensjonering for begge utførelser gir samme resultat.

3.2 Spennvidder og bjelketyper

Bjelketverrsnitt og aktuelle spennvidder er vist i figurene 1.3.1a-e. Det er antall spenntau i bunn som bestemmer maksimum spennvidde for hver enkelt bjelke. Figur 3.2.1 viser aktuelle spennvidder for bjelkene med tilhørende spenntau i bunn.

NTB/KTB 1000 er stiplet for spennvidde 29 m, NTB/KTB 1200 for 36 m, KTB 1400 for 41 m, NTB 1400 for 41 og 42 m. Stiplingen angir at bjelkene kan lages for disse spennviddene, men de oppfyller ikke de teoretiske kravene til deformasjoner angitt i pkt. 2.3.2.

$C_v=50\text{mm}$. Spennkraft 20 t/tau



Figur 3.2.1: Bjelketype, spennvidde og antall spenntau $\varnothing 15,3$ mm i bunn

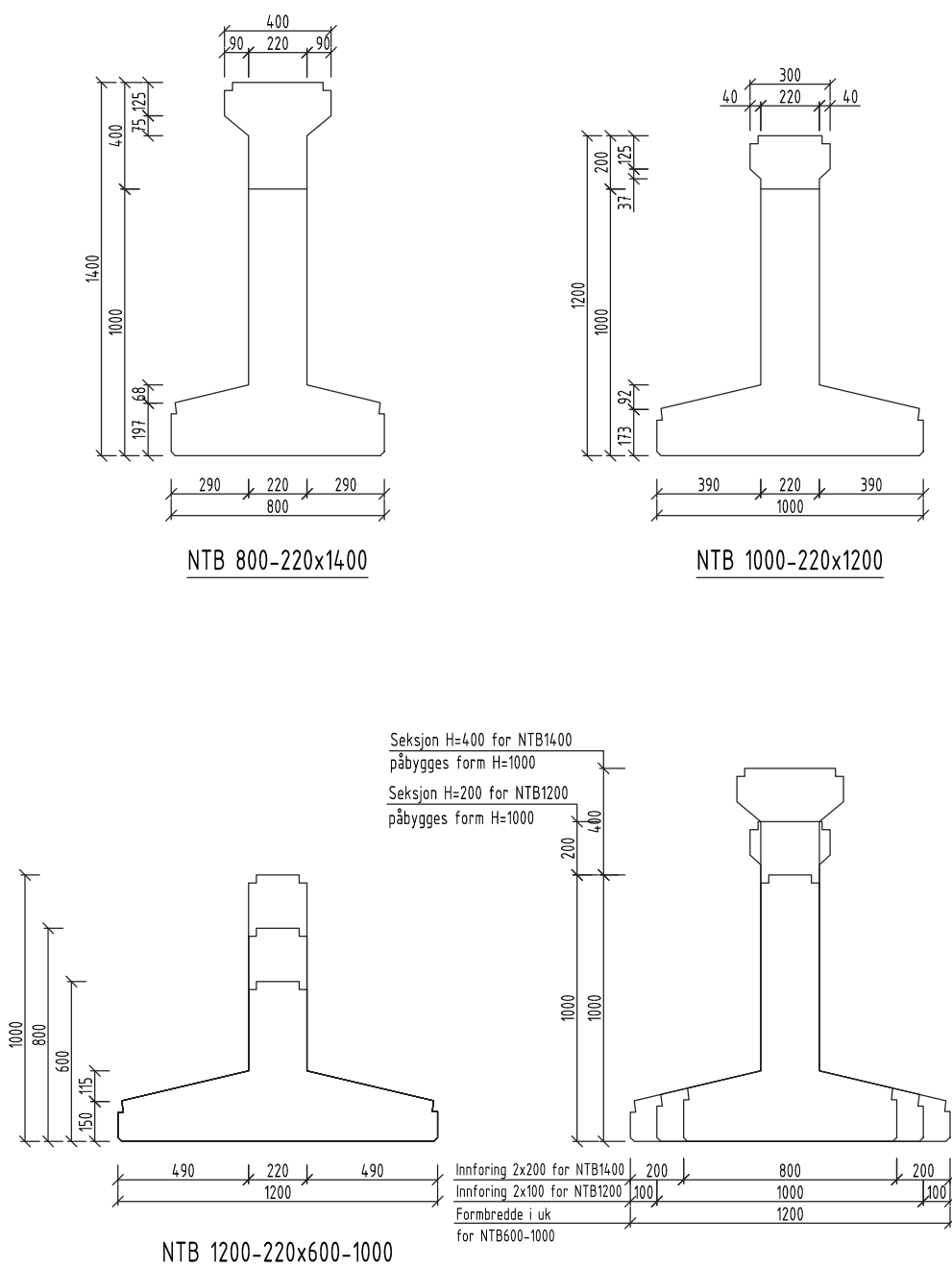
Antall spenntau (spennkraft) i bunn er først og fremst bestemt ut fra krav til deformasjoner, se pkt. 2.3.2. Bjelkeutnyttelsen mht. moment varierer fra 0,55 for spennvidde 12 m, til 0,88 for spennvidde 40 m. Bjelkene har ikke behov for vertikale skjærbøyler; dvs. det brukes minimumsarmering for bøyler. Spaltestrekkbøylene er standardisert for hver enkelt bjelkehøyde. Samvirkebøylene er dimensjonert etter behov ved ender.

3.3 Armering av bjelker

3.3.1 Hovedgeometri og formbygging

Bjelkenes hovedgeometri ved formbygging er vist på figur 3.3.1.

NTB
OPPBYGGING BJELKEFORM



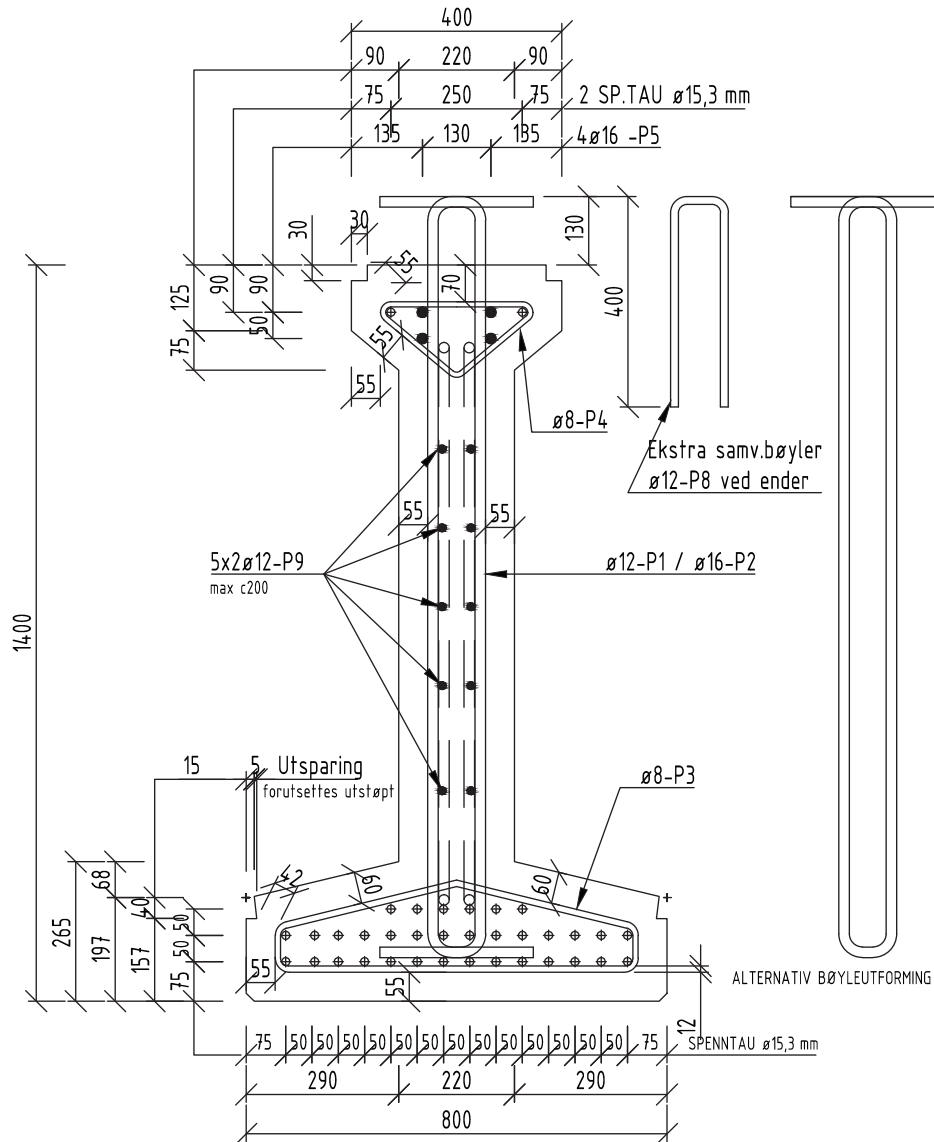
Figur 3.3.1: Hovedgeometri NTB, formbygging

3.3.2 Tverrsnitt og armering

Bjelkenes geometri og generelle armeringsutførelse er vist på figurene 3.3.2a-j.

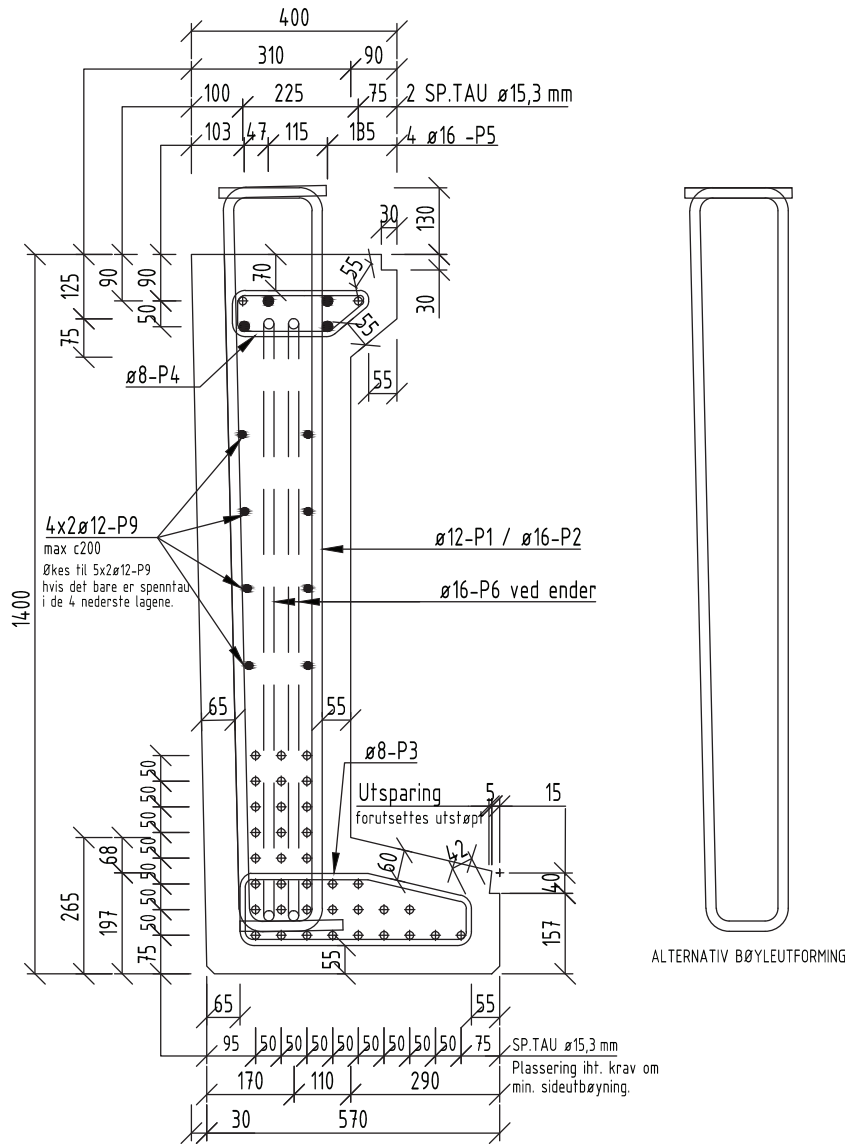
a)

NTB800-400x1400
 TYPISK FORM- OG ARMERINGSTVERSNITT
 Horizontal stegarming iht. N400



b)

KT B570-400x1400
 TYPISK FORM- OG ARMERINGSTVERRSNITT
 Horizontal stegarmering iht. N400

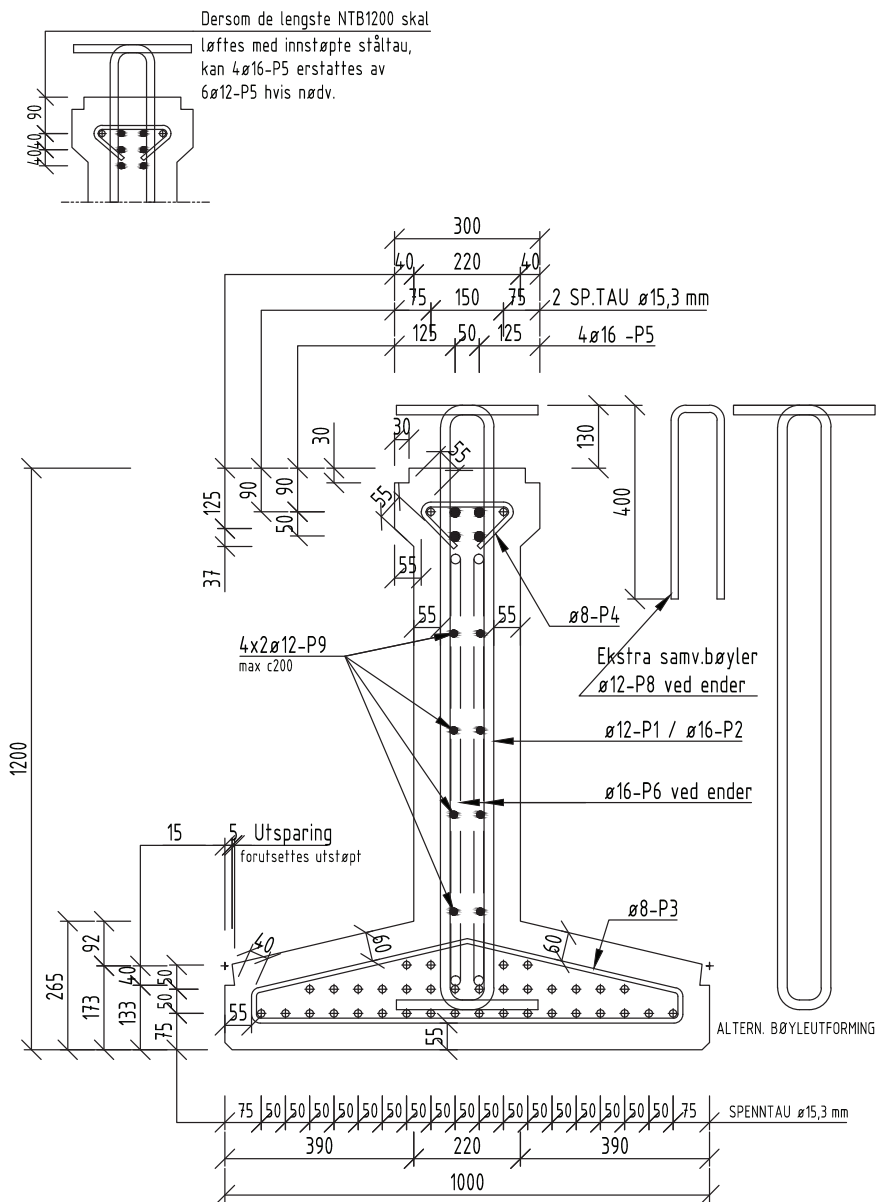


c)

NTB1000-300x1200

TYPISK FORM- OG ARMERINGSTVERSNITT

Horisontal stegarming iht N400

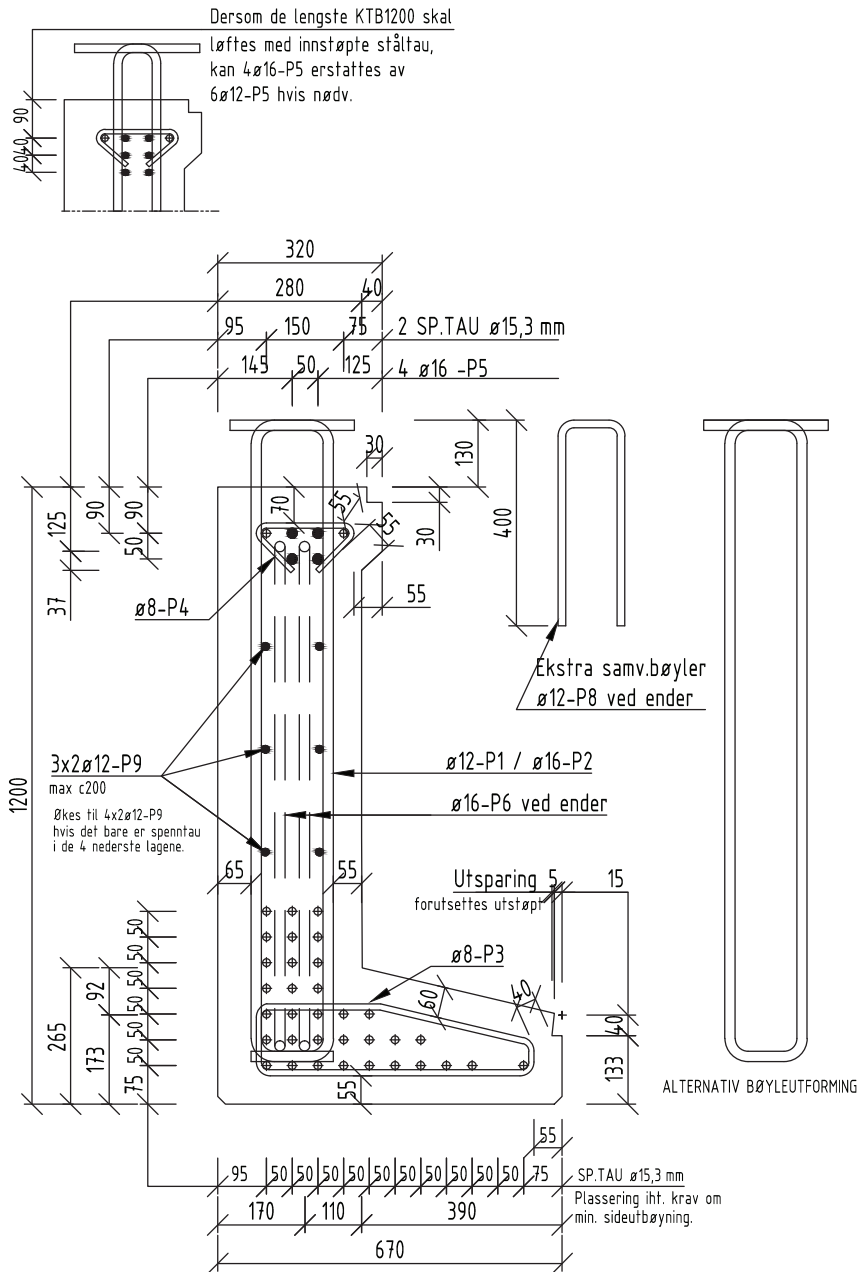


d)

KTB1200

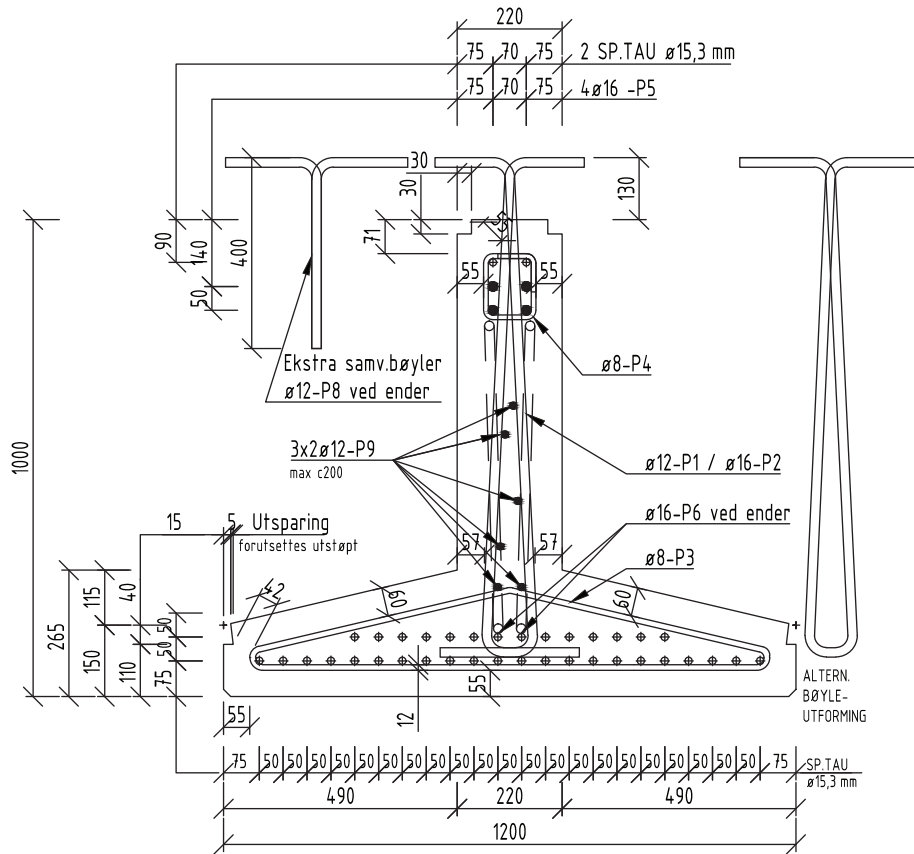
TYPISK FORM- OG ARMERINGSTVERSNITT

Horisontal stegarmering iht. N400



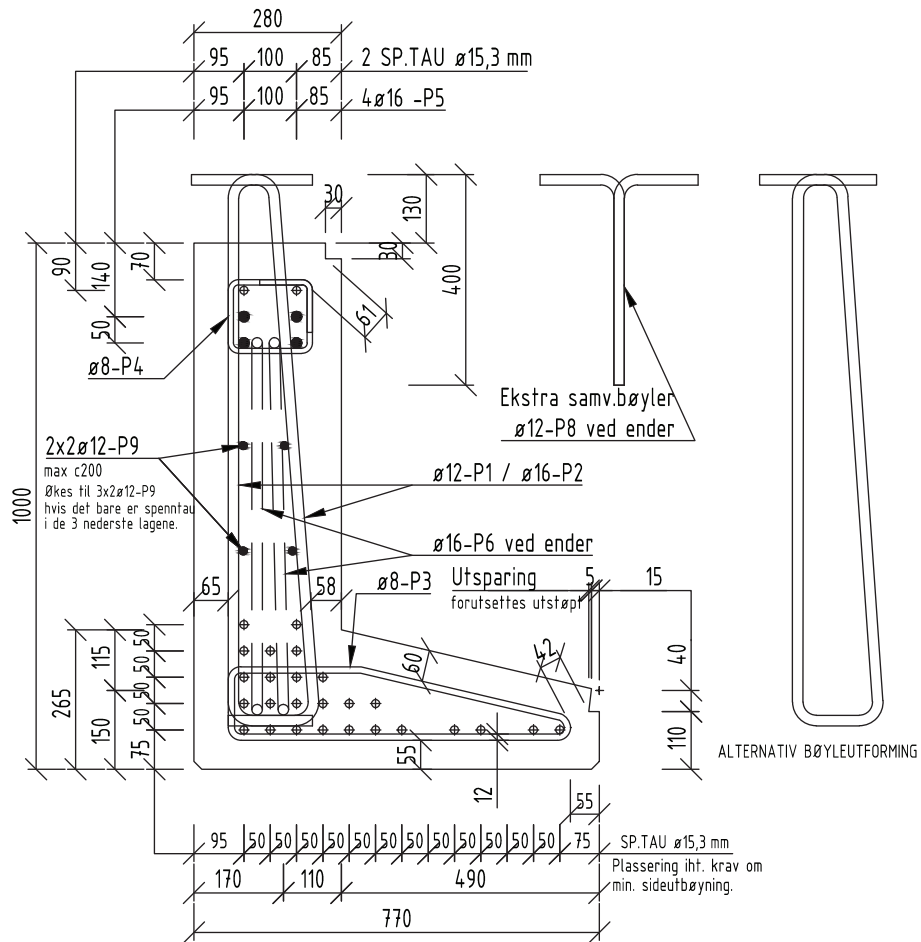
e)

NTB1200-220x1000
 TYPISK FORM- OG ARMERINGSTVERSNITT
 Horizontal stegarming iht N400



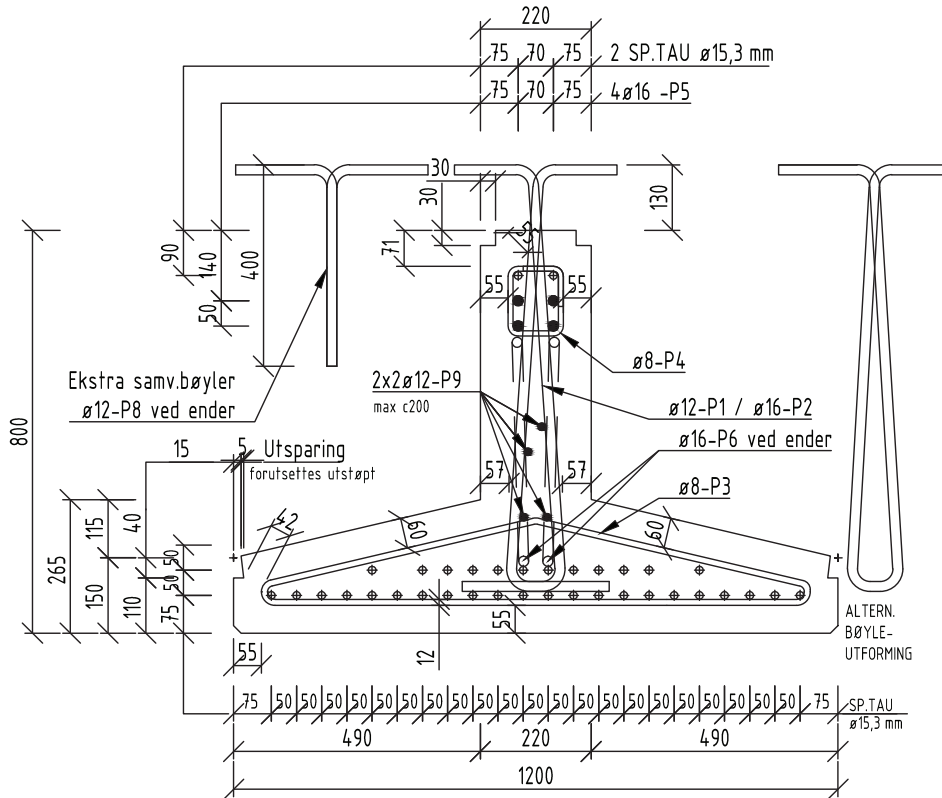
f)

KTB1000
 TYPISK FORM- OG ARMERINGSTVERRSNITT
 Horizontal stegarming iht. N400



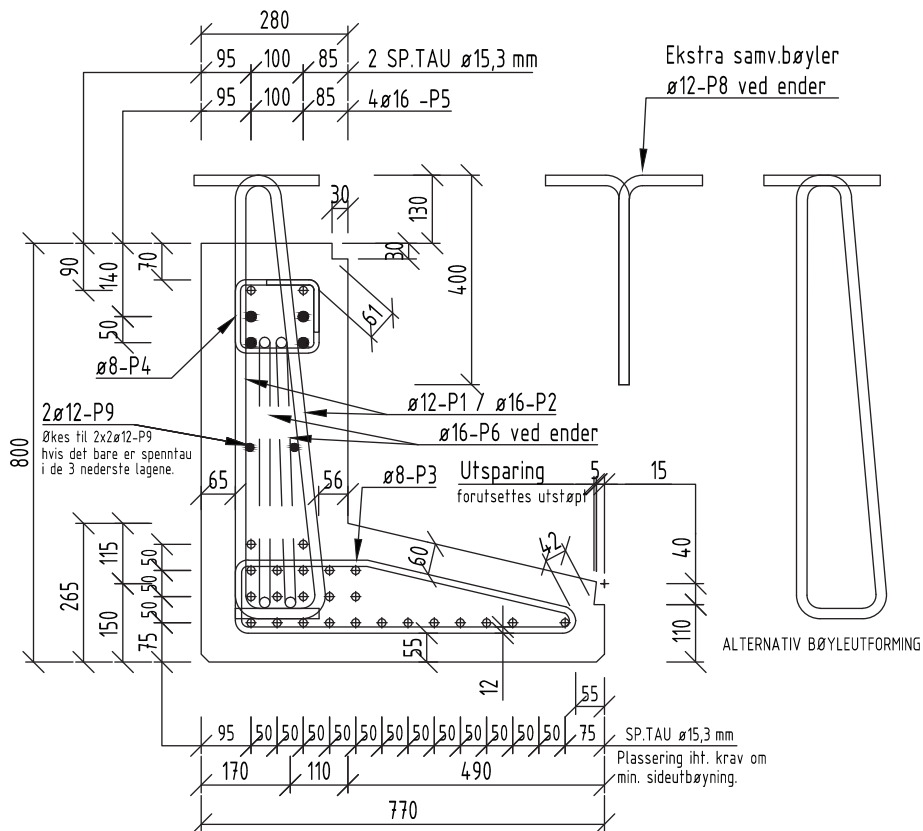
g)

NTB1200-220x800
 TYPISK FORM- OG ARMERINGSTVERSNITT
 Horisontal stegarming iht N400



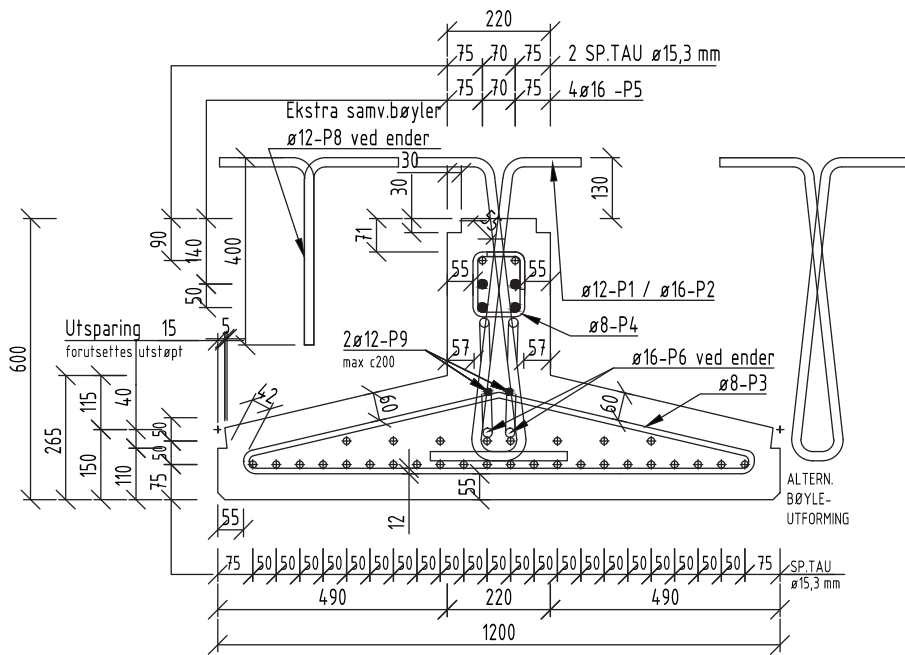
h)

KTB800
 TYPISK FORM- OG ARMERINGSTVERSNITT
 Horizontal stegarming iht. N400



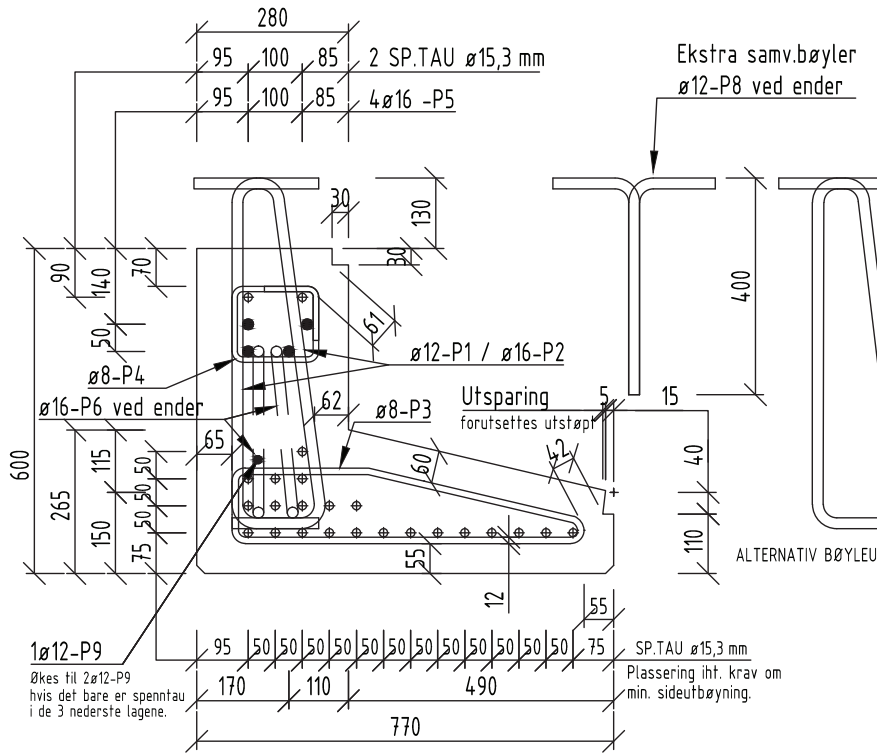
i)

NTB1200-220x600
 TYPISK FORM- OG ARMERINGSTVERSNITT
 Horizontal stegarming iht N400



j)

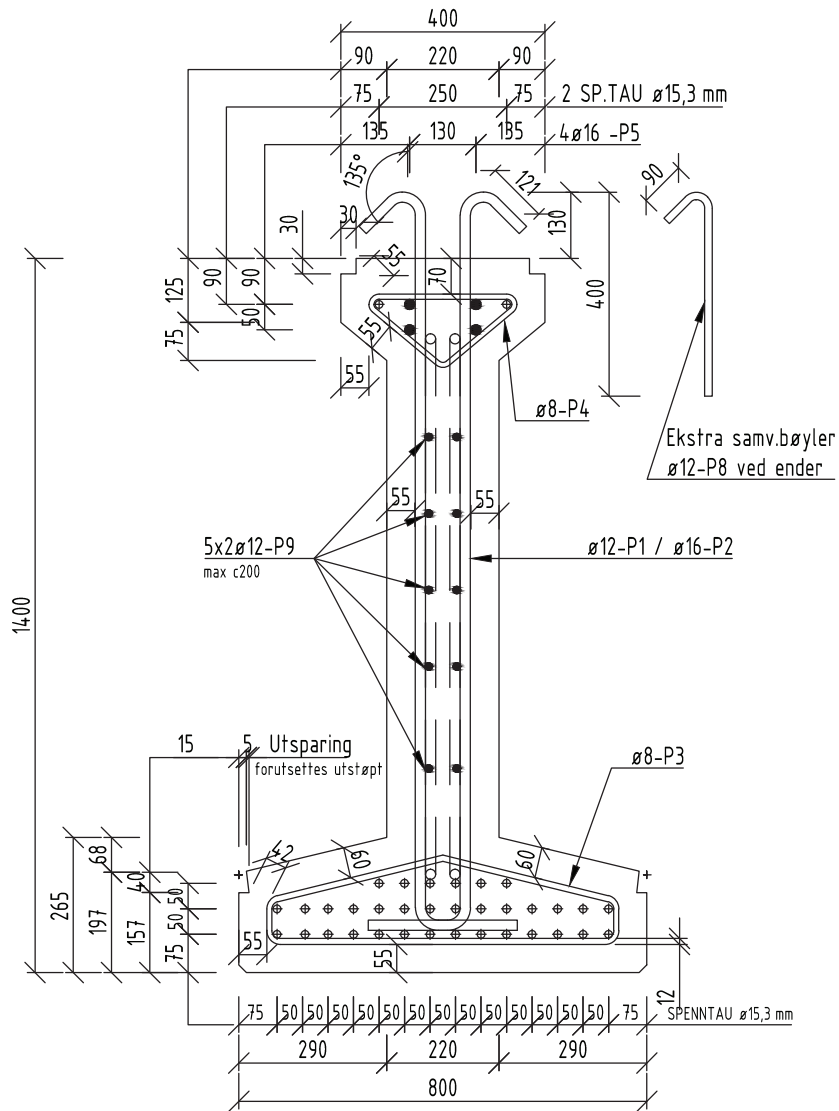
KTB600
 TYPISK FORM- OG ARMERINGSTVERRSNITT
 Horizontal stegarming iht. N400



Figur 3.3.2k viser alternativ bøyleutforming for å lette arbeidet med å plassere langsgående jern i bøy på byggeplass (kun NTB1400 vist som prinsipp). Løsningen gir derimot merarbeid for produksjonen, slik at valgt bøyleutforming kan velges ut i fra en totalvurdering i det enkelte prosjekt.

k)

NTB800-400x1400
 ALTERNATIV BØYLEUTFORMING
 Horizontal stegarmering iht. N400

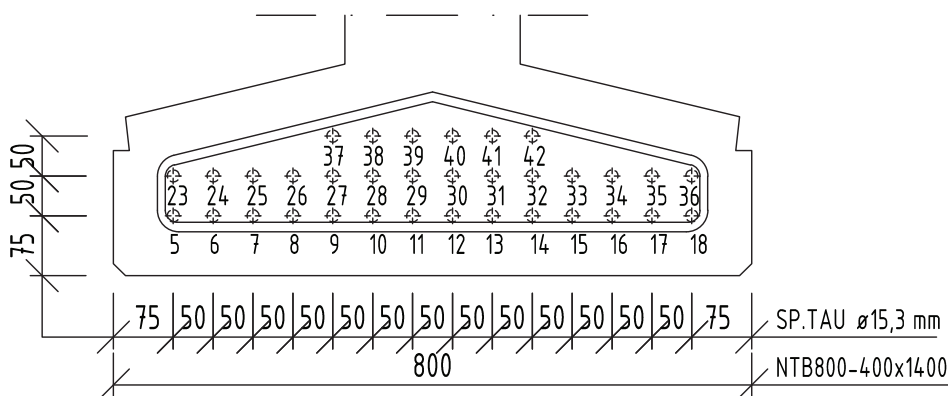


Figur 3.3.2a-k: Geometri og armeringsutførelse NTB og KTB

3.3.3 Plassering av spenntau i bunn bjelke og forblinding

Antall spenntau er vist i figur 3.2.1. Spenntauene plasseres og forblindes som vist i figurene 3.3.3a-j. Spenntau i KTB er plassert for å sikre minimal sideutbøyning, og flyttes ikke til "ledige" posisjoner, se pkt. 4.5.3.

- a) **NTB1400**
 SPENNTAU
 OPPFYLINGSMØNSTER
 FORBLENDING



SPENNTAUPOSISJONER I UK

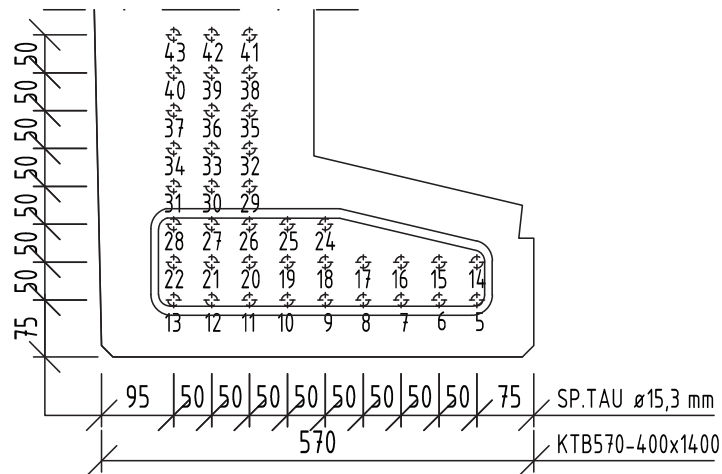
SPENNTAUMØNSTER
 NTB800-400x1400
 Forblending fra hver
 ende er angitt i meter

LAG 3	SPENNTAUPOS.	37	38	39	40	41	42
	ANTALL TAU UK						
	30	X					X
	32	X		X	X		X
	34	X	X	X	X	X	X

LAG 2	SPENNTAUPOS.	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
	ANTALL TAU UK														
	20	X			X		X			X		X			X
	22	X	X		X		X			X		X		X	X
	24	X	X		X		X	X	X	X		X		X	X
	26	X	X	X	X		X	X	X	X		X	X	X	X
	28	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	30	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	32	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	34	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

LAG 1	SPENNTAUPOS.	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
	ANTALL TAU UK														
	20	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	22	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	24	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	26	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	28	X	X	X	X	X	X	8,2	X	X	X	X	X	X	X
	30	X	X	X	8,4	X	X	8,4	X	X	X	8,4	X	X	X
	32	X	X	X	8,6	X	X	10,6	8,6	8,2	X	8,6	X	X	X
	34	X	10,8	X	8,8	X	X	10,8	8,8	8,4	X	8,8	X	10,8	X

b)
KTB 1400
 SPENNTAU
 OPPFYLINGSMØNSTER
 FORBLENDING



SPENNTAUPOSISJONER I UK

SPENNTAUMØNSTER KTB1400.

Forblending fra hver ende er angitt i meter.

Oppfyllingsmønster er tilpasset for å gi minimal sideutbøyning.

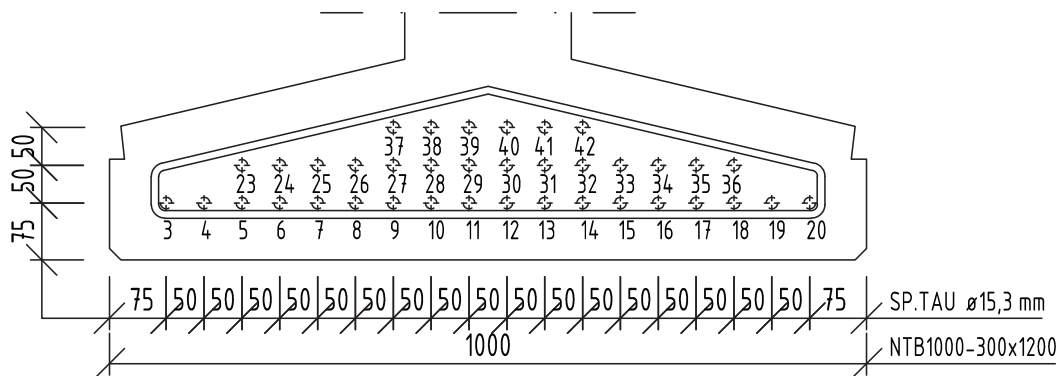
Se detaljark med oppfyllingsmønster.

SPENNTAUPOSISJON	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
ANTALL SPENNTAU UK																		
20	X		X	X	X		X	X	X							X	X	X
22	X		X	X	X		X	X	X							X	X	X
24	X		X	X	X	X	X	X	X							X	X	X
25	X		X	X	X	X	X	X	X							X	X	X
26	X		X	X	X	X	7,2	X	X					X		X	X	X
29	X		X	X	X	7,8	7,4	7,8	X					X	X	X	X	X
31	X		X	X	X	8,0	9,9	8,0	X					X	X	8,0	X	X
32	X		X	X	8,2	10,1	7,8	10,1	8,2					X	X	X	X	X
34	X		X	X	8,4	10,4	12,4	10,4	8,4					X	X	8,4	X	8,4
36	X	X	X	X	10,6	12,7	14,7	12,7	10,6				X	X	10,6	10,6	X	10,6

SPENNTAUPOSISJON	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43
ANTALL SPENNTAU UK																				
20			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X						
22			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X						
24			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X				
25			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				X		
26			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X			
29		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X		X	X
31		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X		X	X
32		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X		X	X
34	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X		X	X
36	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X		X	X

c)

NTB1200
SPENNTAU
OPPFYLLINGSMØNSTER
FORBLENDING



SPENNTAUPOSISJONER I UK

SPENNTAUMØNSTER
 NTB1000-300x1200
 Forblending fra hver
 ende er angitt i meter

LAG 3

SPENNTAUPOS.	37	38	39	40	41	42
ANTALL TAU UK						
34	X					X
36	X	X			X	X

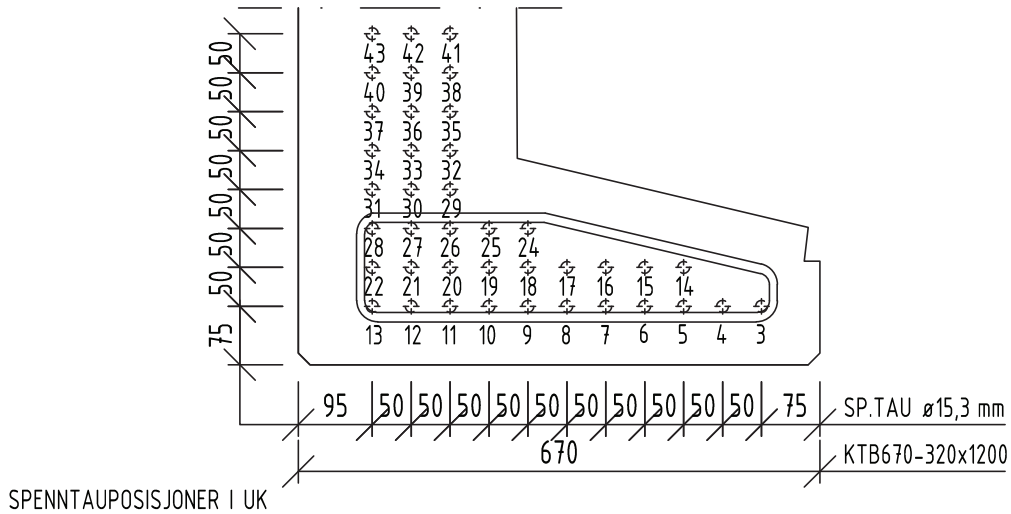
LAG 2

SPENNTAUPOS.	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
ANTALL TAU UK														
18	X													X
20	X													X
22	X					X					X			X
24	X			X		X			X		X			X
26	X	X		X		X			X		X		X	X
28	X	X		X		X	X	X	X		X		X	X
30	X	X	X	X		X	X	X	X		X	X	X	X
32	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
34	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
36	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

LAG 1

SPENNTAUPOS.	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
ANTALL TAU UK																		
18	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X
20	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
22	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
24	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
26	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
28	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
30	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
32	X	X	X	7,2	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	6,8	X	X	X
34	X	X	X	7,4	X	X	X	X	7,4	7,0	X	X	X	X	7,4	X	X	X
36	X	X	X	9,4	X	7,6	X	X	7,6	X	X	X	7,6	X	9,4	X	X	X

d) **KTB 1200**
SPENNTAU
OPPFYLLINGSMØNSTER
FORBLENDING



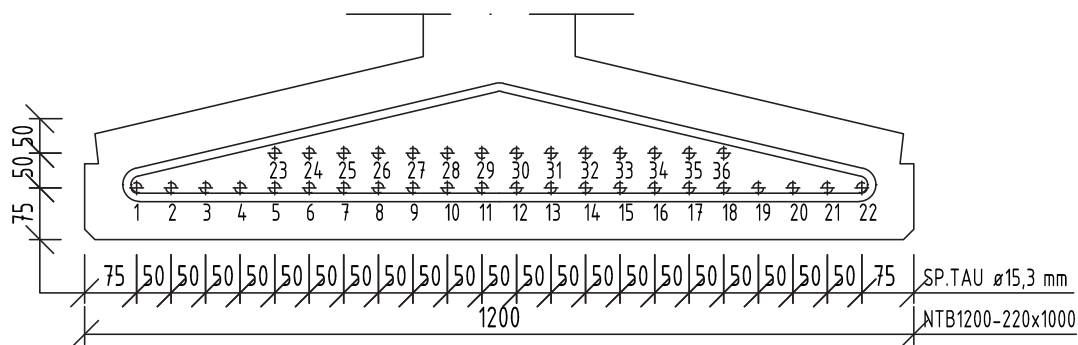
SPENNTAUMØNSTER KTB1200.
 Forblending fra hver ende er angitt i meter.
 Oppfyllingsmønster er tilpasset for å gi minimal sideutbøyning.
 Se detaljark med oppfyllingsmønster.

SPENNTAUPOSISJON	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	
ANTALL SPENNTAU UK																					
15	X		X		X		X	X	X	X	X							X	X	X	
16	X		X		X		X	X	X	X	X						X	X	X	X	
18	X		X	X	X		X		X	X	X							X	X	X	
19	X		X	X	X		X	X	X	X	X							X	X	X	
20	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X							X	X	X	
22	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X							X	X	X	
23	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X						X	X	X	X	
25	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X					X	X	X	X	X	
27	X		X		X	X	X	6,6	7,0	X	X				X	X	X	X	X	X	
29	X		X	X	X	X	X	7,2	8,9	X	X				X	X	X	7,2	X	X	
32	X		X	X	X	X	7,4	9,1	10,9	7,4	X				X	X	X	X	9,1	X	X
34	X		X	X	X	9,4	9,4	11,2	13,0	9,4	9,4				X	X	X	X	9,4	X	X

SPENNTAUPOSISJON	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	
ANTALL SPENNTAU UK																						
15					X	X		X	X													
16					X	X		X	X													
18				X	X	X	X	X	X			X										
19				X	X	X	X	X	X			X										
20				X	X	X	X	X	X		X	X										
22				X	X	X	X	X	X	X	X					X						
23			X	X	X	X		X	X		X	X			X							
25				X	X	X	X	X	X	X	X				X							
27		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				X							
29			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X							
32			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X				
34			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				

e)

NTB1000
SPENNTAU
OPPFYLLINGSMØNSTER
FORBLENDING



SPENNTAUPOSISJONER I UK

SPENNTAUMØNSTER
 NTB1200-220x1000
 Forblending fra hver
 ende er angitt i meter

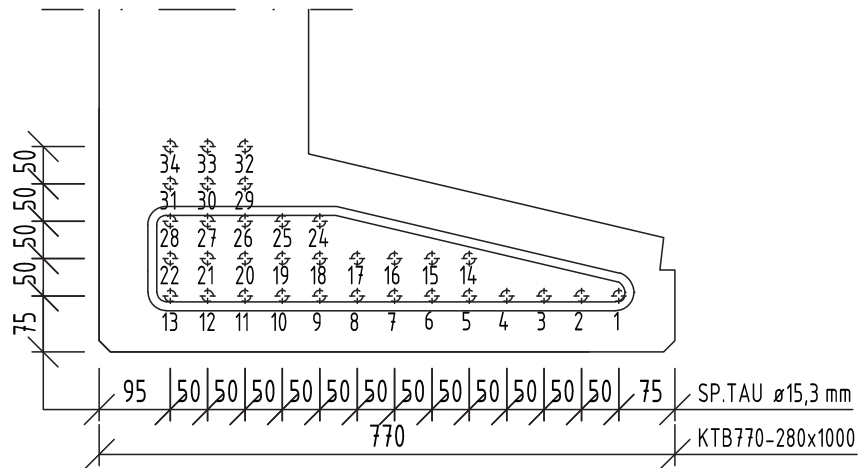
LAG 2

SPENNTAUPOS.	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
ANTALL TAU UK														
20	X													X
22	X													X
24	X													X
26	X						X	X						X
28	X		X				X	X				X		X
30	X		X		X		X	X		X		X		X
32	X	X		X		X	X	X	X		X		X	X
36	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

LAG 1

SPENNTAUPOS.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
ANTALL TAU UK																						
20	X	X		X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X		X	X
22	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X
24	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
26	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
28	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
30	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
32	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
36	X	X	X	X	X	6,2	X	X	X	X	6,2	X	X	X	X	X	6,2	X	X	X	X	X

f) **KTB 1000**
 SPENNTAU
 OPPFILLINGSMØNSTER
 FORBLENDING



SPENNTAUPOSISJONER I UK

SPENNTAUMØNSTER KTB1000.

Forblending fra hver ende er angitt i meter.

Oppfyllingsmønster er tilpasset for å gi minimal sideutbøyning.

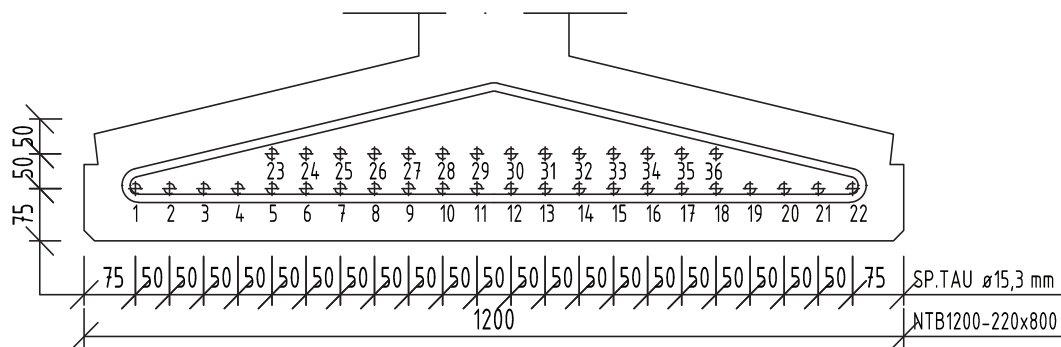
Se detaljark med oppfyllingsmønster.

SPENNTAUPOSISJON	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
ANTALL SPENNTAU UK																			
15	X		X		X		X		X		X	X	X						
16	X		X	X		X			X	X	X	X	X						
17	X		X		X		X	X	X	X	X	X	X						
18	X		X		X		X	X	X	X	X	X	X						
20	X		X		X		X	X	X	X	X	X	X						X
21	X		X		X	X	X	X	X	X	X	X	X						
23	X	X		X		X	X	X	X	X	X	X	X						X
24	X	X		X		X	X	X	X	X	X	X	X						X
26	X	X		X	X		X	X	X	6,2	X	X	X						X

SPENNTAUPOSISJON	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
ANTALL SPENNTAU UK																
15		X	X	X				X		X	X		X			
16		X	X	X				X	X	X			X			
17		X	X	X				X	X	X			X			
18	X	X	X	X				X	X	X			X			
20	X	X	X	X			X	X	X	X			X			
21	X	X	X	X				X	X	X	X	X	X			
23	X	X	X	X				X	X	X	X	X	X			X
24	X	X	X	X			X	X	X	X	X	X	X	X		X

g)

NTB800
SPENNTAU
OPPFYLLINGSMØNSTER
FORBLENDING



SPENNTAUPOSISJONER I UK

SPENNTAUMØNSTER
 NTB1200-220x800
 Forblending fra hver
 ende er angitt i meter

LAG 2

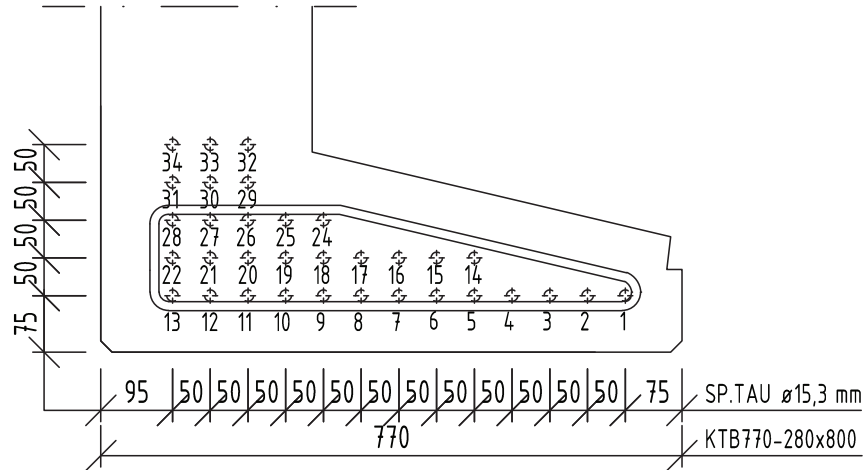
SPENNTAUPOS.	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
ANTALL TAU UK														
16	X													X
18	X													X
20	X													X
22	X													X
24	X													X
26	X						X	X						X
28	X		X				X	X				X		X
32	X	X		X		X	X	X	X		X		X	X
34	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X

LAG 1

SPENNTAUPOS.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
ANTALL TAU UK																						
16	X	X		X	X		X	X		X			X		X	X		X	X		X	X
18	X	X		X	X		X	X		X	X	X	X		X	X		X	X		X	X
20	X	X		X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X		X	X
22	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X
24	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
26	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
28	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
32	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	5,0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
34	X	X	X	X	X	5,2	X	X	X	X	6,4	X	X	X	X	X	5,2	X	X	X	X	X

h)

KTB 800
 SPENNTAU
 OPPFYLLINGSMØNSTER
 FORBLENDING



SPENNTAUPOSISJONER I UK

SPENNTAUMØNSTER KTB800.

Forblending fra hver ende er angitt i meter.

Oppfyllingsmønster er tilpasset for å gi minimal sideutbøyning.

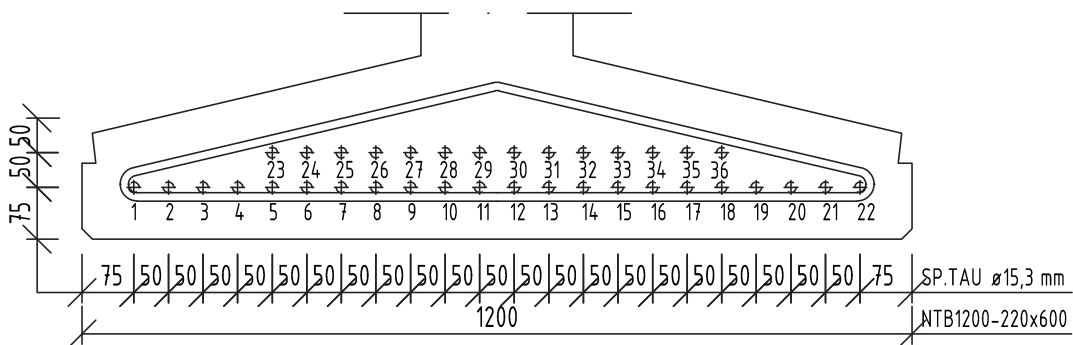
Se detaljark med oppfyllingsmønster.

SPENNTAUPOSISJON	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
ANTALL SPENNTAU UK													
12	X		X		X		X		X		X	X	X
13	X		X		X		X		X	X	X	X	X
14	X		X		X		X		X	X	X	X	X
16	X		X		X		X	X	X	X	X	X	X
17	X	X		X		X		X	X	X	X	X	X
18	X	X		X		X	X		X	X	X	X	X
20	X	X		X	X	X	X		X	X	X	X	X
22	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
24	X		X	X	X	X	X	X	5,2	X	X	X	X

SPENNTAUPOSISJON	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
ANTALL SPENNTAU UK														
12				X	X					X	X			
13			X	X	X						X			
14		X	X	X	X						X			
16		X	X	X	X			X			X			
17		X	X	X	X				X	X	X			
18		X	X	X	X			X	X	X	X			
20		X	X	X	X			X	X	X	X			X
22		X	X	X	X			X	X	X	X	X		X
24	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X		X

i)

NTB600
SPENNTAU
OPPFYLLINGSMØNSTER
FORBLENDING



SPENNTAUPOSISJONER I UK

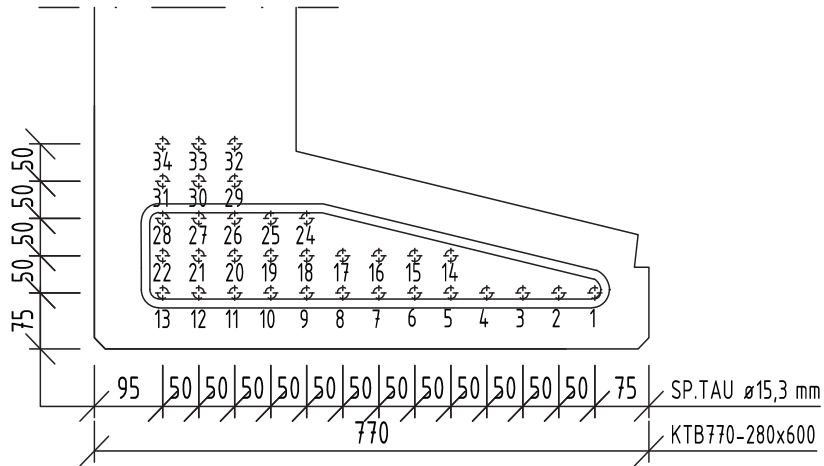
SPENNTAUMØNSTER
 NTB1200-220x600
 Forblending fra hver
 ende er angitt i meter

SPENNTAUPOS.	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
ANTALL TAU UK														
16	X													X
18	X													X
20	X													X
22	X													X
24	X													X
26	X						X	X						X
30	X		X		X		X	X		X		X		X

SPENNTAUPOS.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
ANTALL TAU UK																						
16	X	X		X	X		X	X		X			X		X	X		X	X		X	X
18	X	X		X	X		X	X		X	X	X	X		X	X		X	X		X	X
20	X	X		X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X		X	X
22	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X
24	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
26	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
30	X	X	X	X	X	4,0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	3,6	X	X	X	X	X

j)

KTB 600
 SPENNTAU
 OPPFYLLINGSMØNSTER
 FORBLENDRING



SPENNTAUPOSISJONER I UK

SPENNTAUMØNSTER KTB600.

Forblending fra hver ende er angitt i meter.

Oppfyllingsmønster er tilpasset for å gi minimal sideutbøyning.

Se detaljark med oppfyllingsmønster.

SPENNTAUPOSISJON	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
ANTALL SPENNTAU UK													
11	X		X		X		X		X	X	X	X	X
12	X		X		X		X		X	X	X	X	X
14	X		X	X		X		X	X	X	X	X	X
15	X	X	X		X		X	X		X	X	X	X
17	X	X	X		X	X	X		X	X	X	X	X
18	X	X	X		X	X	X		X	X	X	X	X
20	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X

SPENNTAUPOSISJON	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
ANTALL SPENNTAU UK											
11				X	X						
12		X	X		X						
14		X	X	X	X						
15		X	X	X	X						X
17		X	X	X	X				X		X
18	X	X	X	X	X				X		X
20	X	X	X	X	X				X	X	X

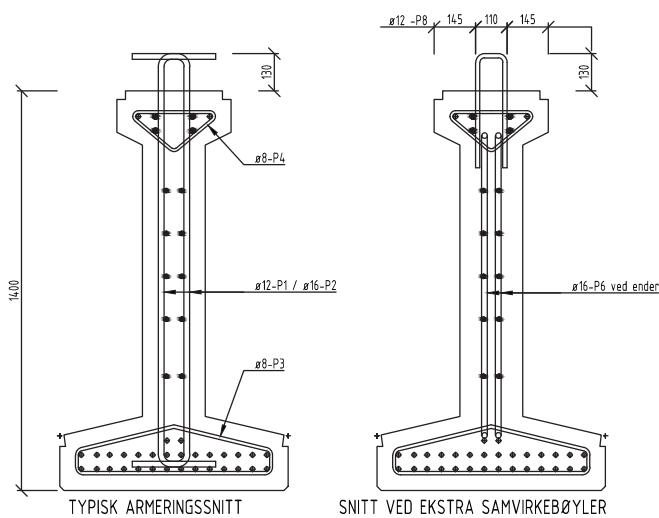
Figur 3.3.3a-j: Spennetauplassering bunn og forblending NTB og KTB

3.3.4 Bøylearming

Spaltestrekkbøyer, skjærbøyer og samvirkebøyer blir beregnet med Ebjelke. Minimumskravet til skjærbøyer i pkt. 2.3.3 bestemmer bøylemengden i hoveddelen av bjelkene. Alle bjelker har 2ø16-P6 vinkeljern i ender som standard. Samlet resultat for alle spennvidder er vist i figurene 3.3.4a-j.

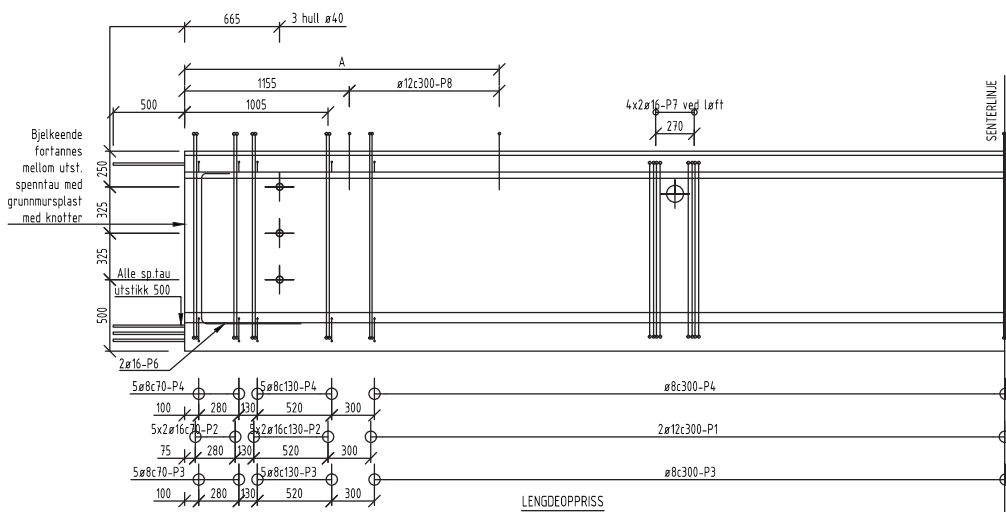
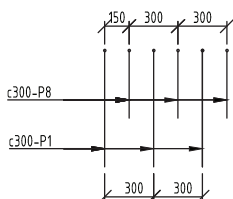
a)

NTB1400 L_s=32-41 m BØYLEARMERING



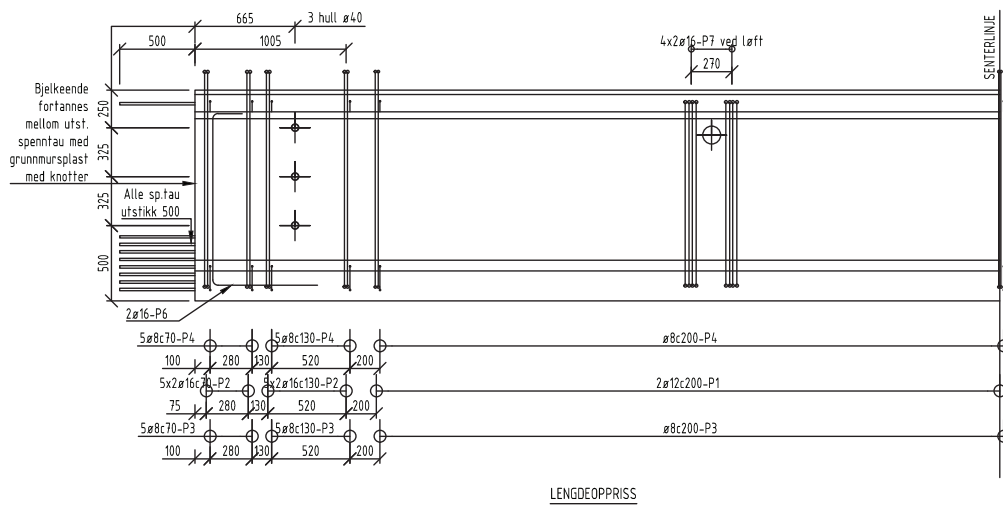
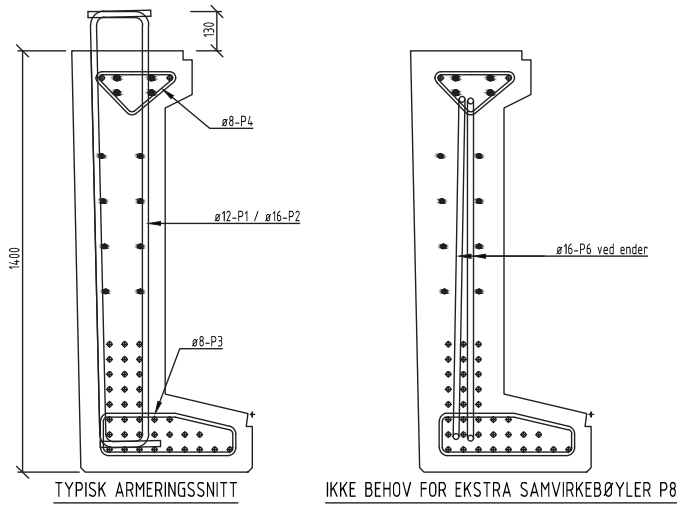
SPENNVIDDE (m)	EKSTRA SAMVIRKEBØYLER P8	
	A (mm)	
32	0	
33	0	
34	0	
35	0	
36	0	
37	1500	
38	1750	
39	2000	
40	2000	
41	2000	
42	2500	

PRINSIPP Plassering P8 c=300 NÅR P1 HAR c=300
(ENDEAVSTAND A)



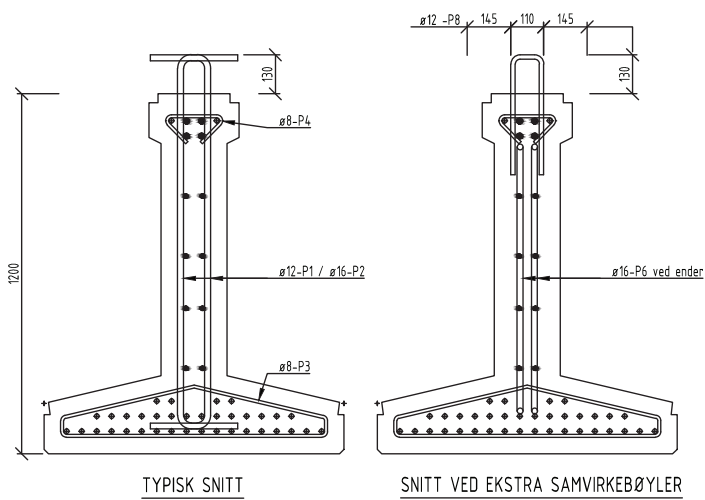
b)

KTB1400 Ls=32-41 m
BØYLEARMERING



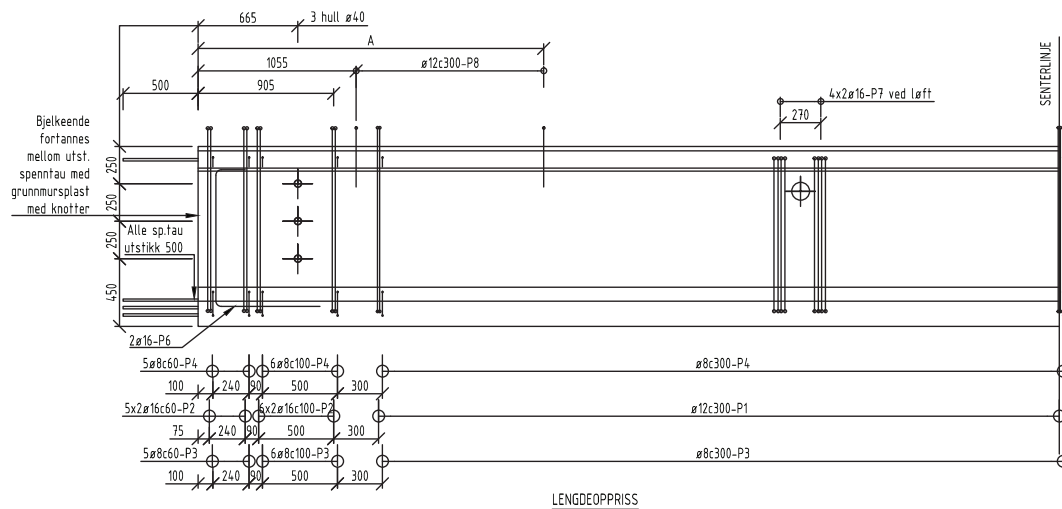
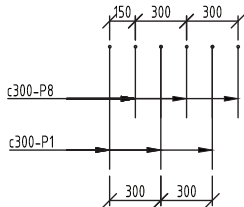
c)

NTB1200 Ls=25-36 m BØYLEARMERING

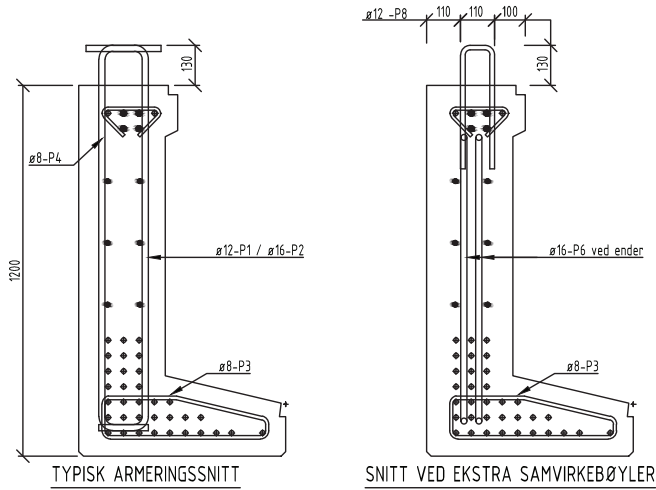


SPENNVIDDE (m)	EKSTRA SAMVIRKEBØYLER P8	
	A (mm)	
25	2000	
26	2500	
27	3000	
28	3250	
29	3500	
30	3750	
31	4000	
32	4500	
33	5000	
34	5750	
35	6500	
36	6500	

PRINSIPP PLASSERING P8 c=300 NÅR P1 HAR c=300
(ENDEAVSTAND A)

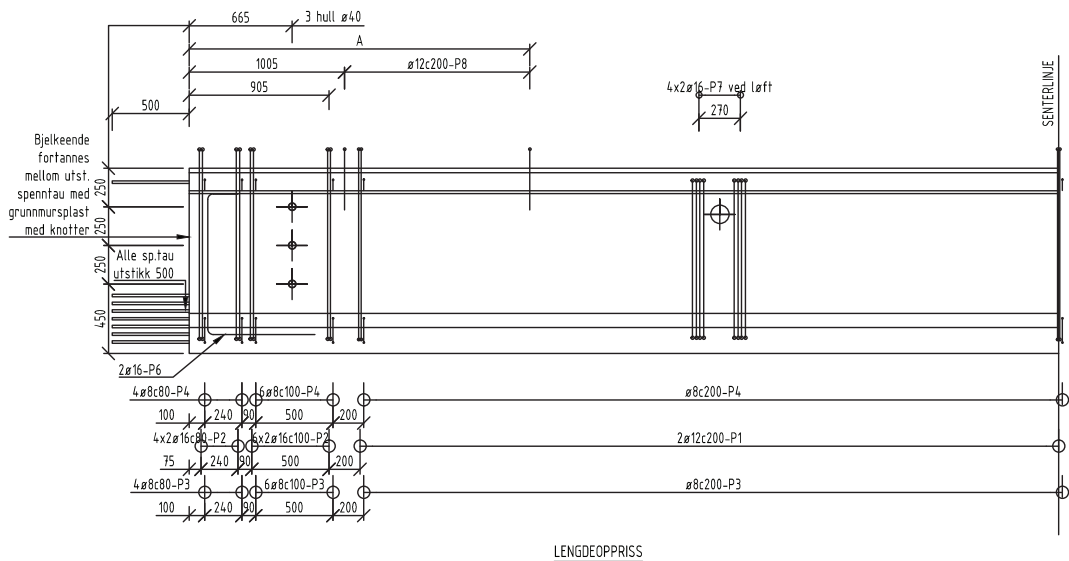
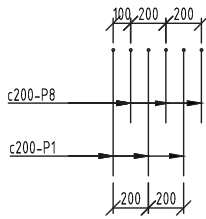


d)
KTB1200 Ls=25-36 m
BØYLEARMERING



SPENNVIDDE (m)	EKSTRA SAMVIRKEBØYLER P8 A (mm)
25	0
26	0
27	0
28	0
29	0
30	0
31	0
32	1500
33	1500
34	1500
35	1500
36	2000

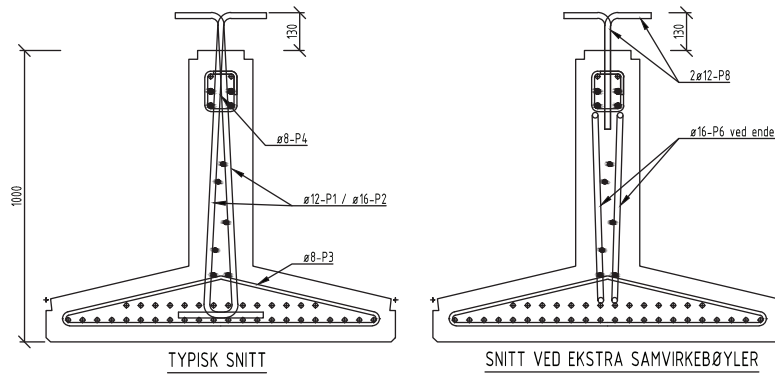
PRINSIPP PLASSERING P8 c=200 NÅR P1 HAR c=200
 (ENDEAVSTAND A)



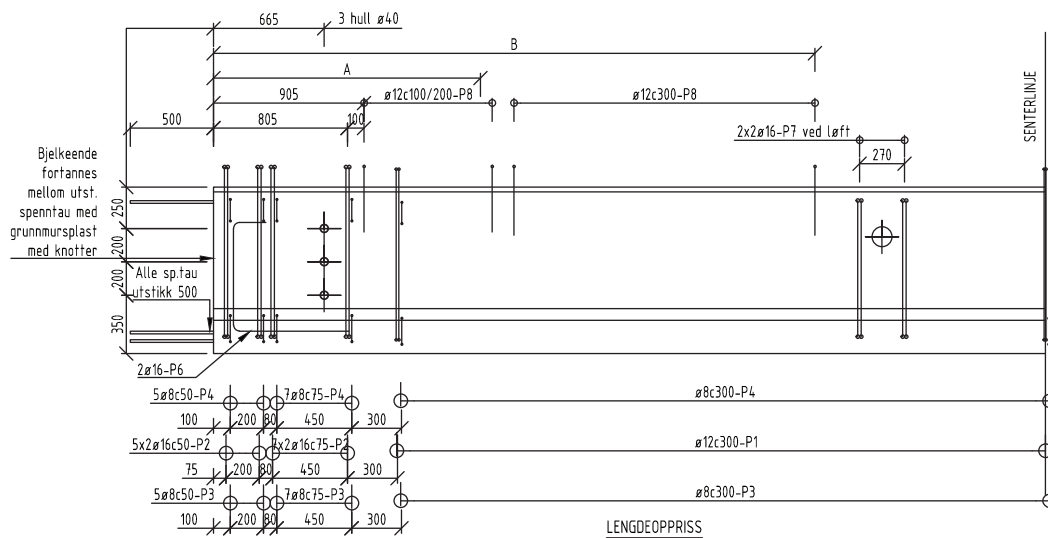
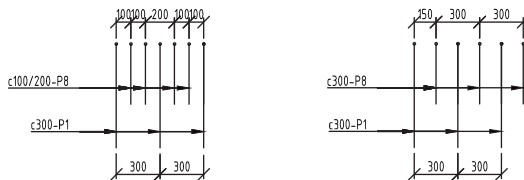
LENGDEOPPRISS

e)

NTB1000 Ls=21-29 m BØYLEARMERING



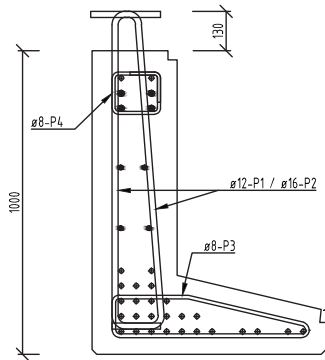
PRINSIPP PLASSERING P8 c=100/200 NÅR P1 HAR c=300 (ENDEAVSTAND A) PRINSIPP PLASSERING P8 c=300 NÅR P1 HAR c=300 (ENDEAVSTAND B)



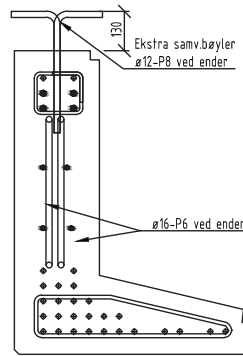
LENGDEOPPRISS

SPENNV. (m)	EKSTRA SAMVIRKEBØYLER P8	
	A (mm)	B(mm)
21	0	5500
22	0	6000
23	0	6500
24	0	6750
25	1500	7000
26	2000	7250
27	2500	7500
28	2750	7750
29	3000	8000

f) KTB1000 $L_s=21-29$ m
BØYLEARMERING



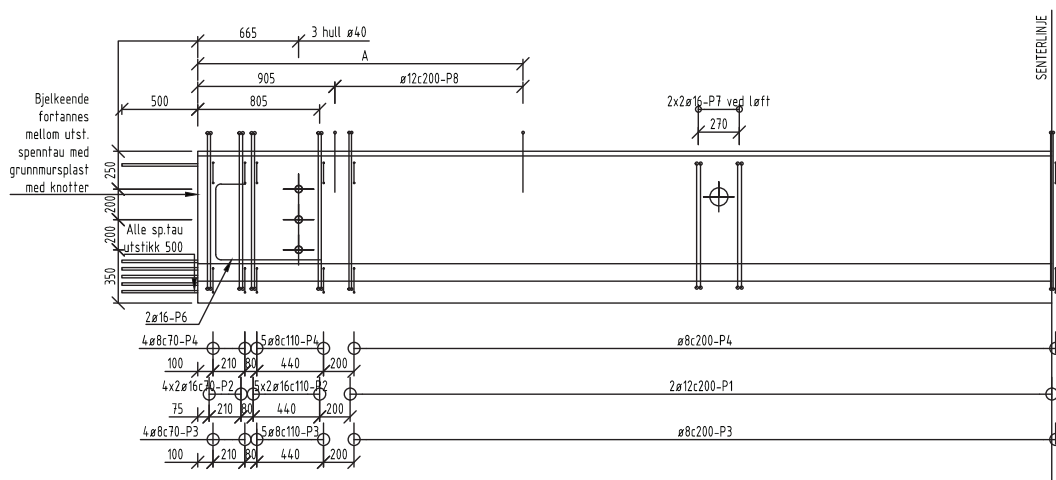
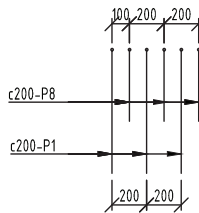
TYPISK ARMERINGSSNITT



SNITT VED EKSTRA SAMVIRKEBØYLER

SPENNVIDDE (m)	EKSTRA SAMVIRKEBØYLER P8	
	A (mm)	
21	0	
22	0	
23	0	
24	1500	
25	2000	
26	2250	
27	2500	
28	3000	
29	3500	

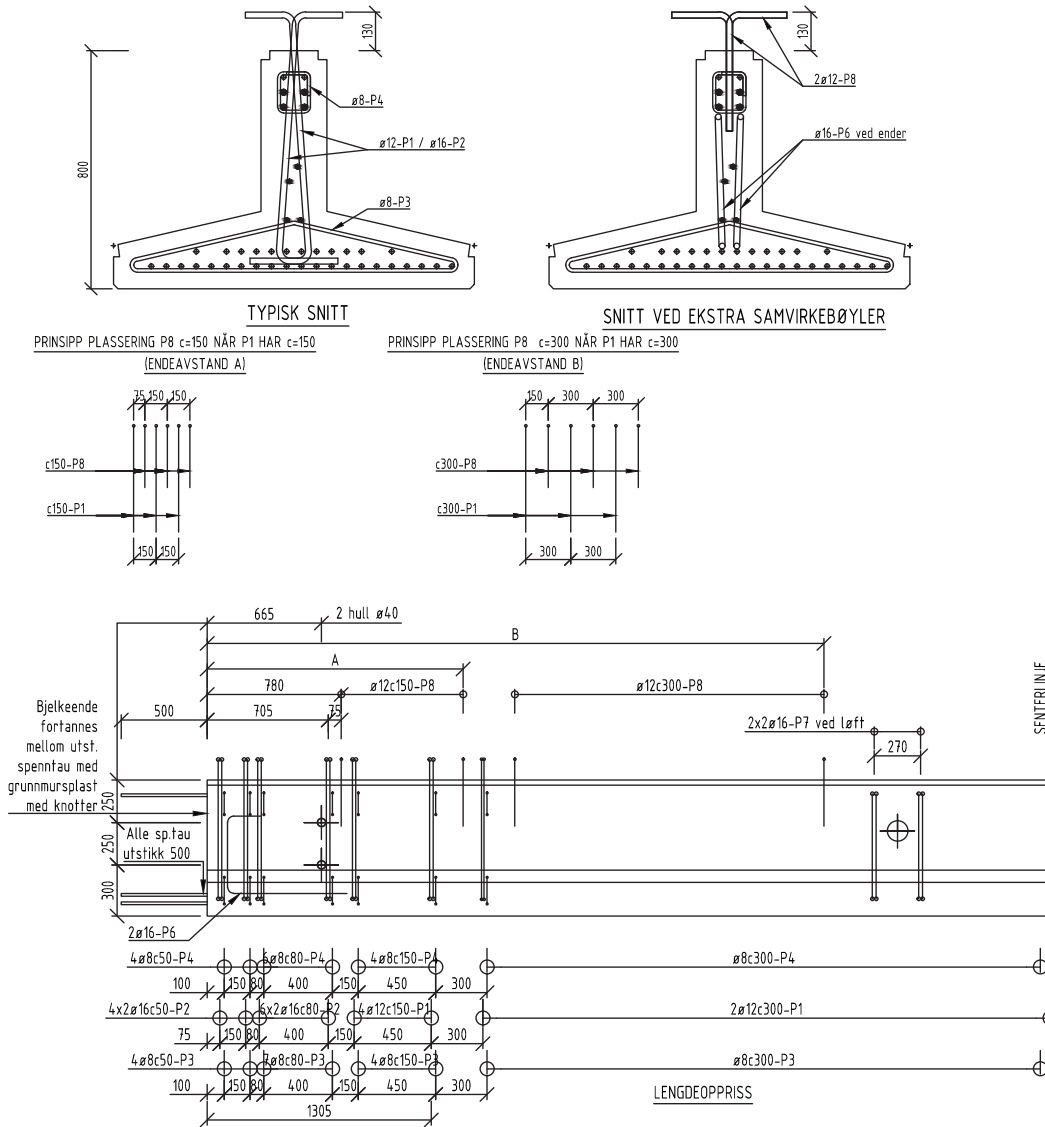
PRINSIPP PLASSERING P8 $c=200$ NÅR P1 HAR $c=200$
(ENDEAVSTAND A)



LENGDEOPPRISS

g)

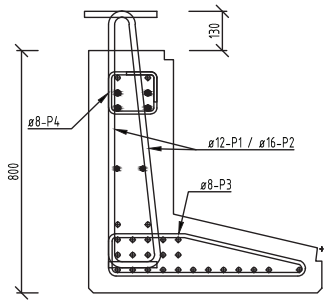
NTB800 L_s=15-24 m BØYLEARMERING



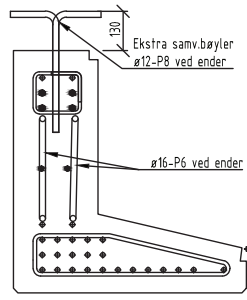
SPENN. (m)	EKSTRA SAMVIRKEBØYLER P8	
	A (mm)	B(mm)
15	0	4500
16	0	4750
17	0	5000
18	0	5250
19	1500	5500
20	2000	6000
21	2500	6500
22	3000	7000
23	3500	7500
24	4000	8000

h)

KTB800 Ls=15-24 m
BØYLEARMERING



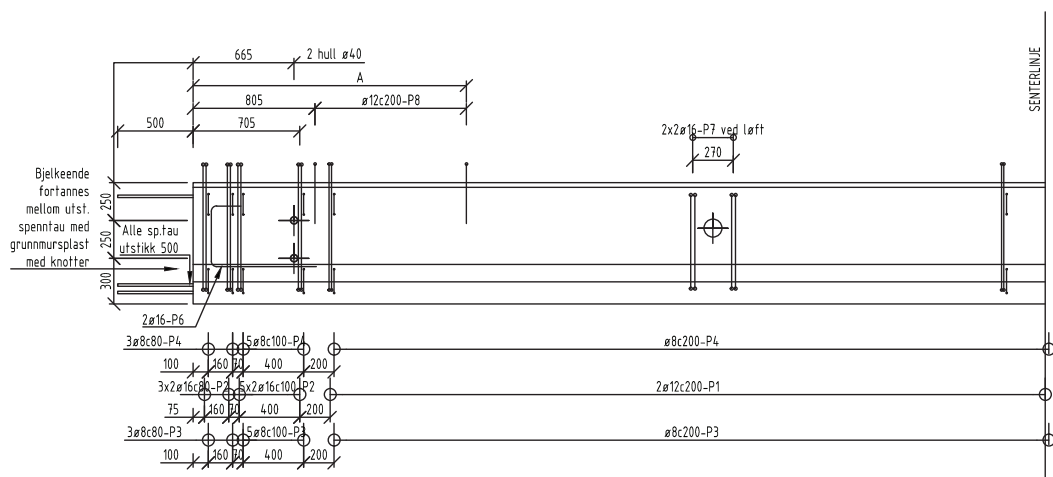
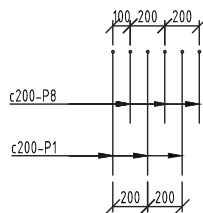
TYPISK ARMERINGSSNITT



SNITT VED EKSTRA SAMVIRKEBØYLER

SPENNVIDDE (m)	EKSTRA SAMVIRKE- BØYLER P8	
	A (mm)	
15	1500	
16	1750	
17	2000	
18	2000	
19	2000	
20	2250	
21	2500	
22	3000	
23	3500	
24	4000	

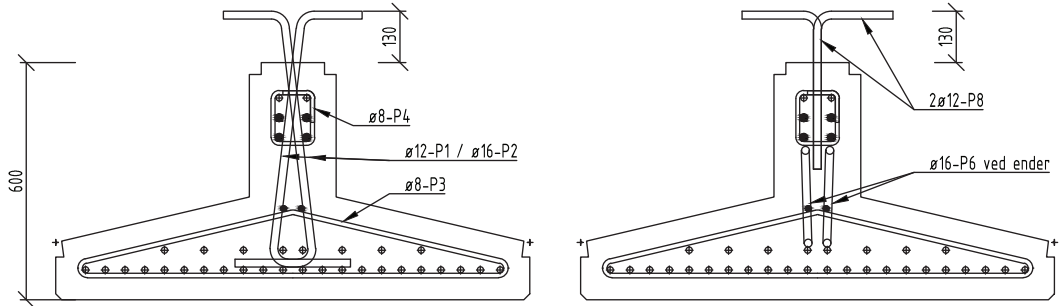
PRINSIPP PLASSERING P8 c=200 NÅR P1 HAR c=200
(ENDEAVSTAND A)



LENGDEOPPRISS

i)

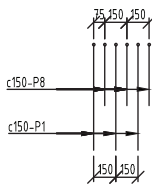
NTB600 Ls=12-18 m BØYLEARMERING



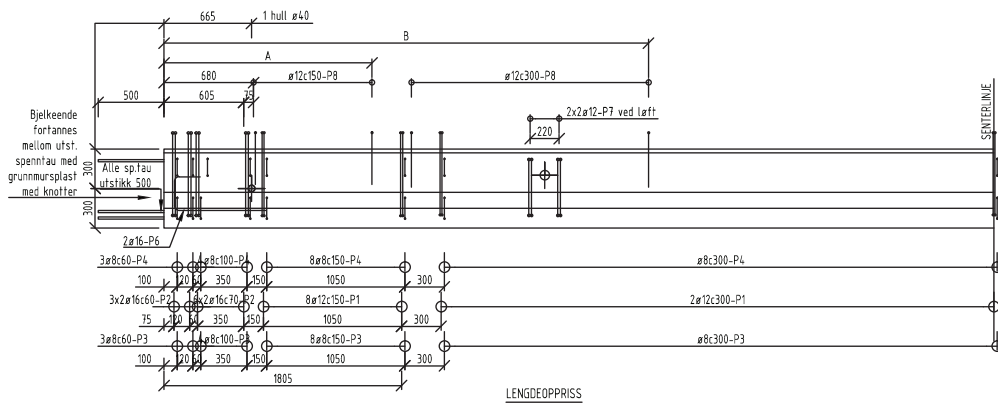
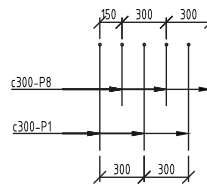
TYPISK SNITT

SNITT VED EKSTRA SAMVIRKEBØYLER

PRINSIPP Plassering P8 c=150 NÅR P1 HAR c=150
(ENDEAVSTAND A)



PRINSIPP Plassering P8 c=300 NÅR P1 HAR c=300
(ENDEAVSTAND B)

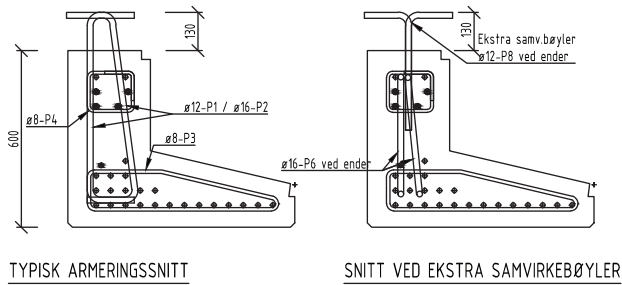


LENGDEOPPRISS

SPENN. (m)	EKSTRA SAMVIRKEBØYLER P8	
	A (mm)	B (mm)
12	2000	4500
13	2500	5000
14	3000	5500
15	3500	6000
16	4000	6500
17	4500	7000
18	5000	7500

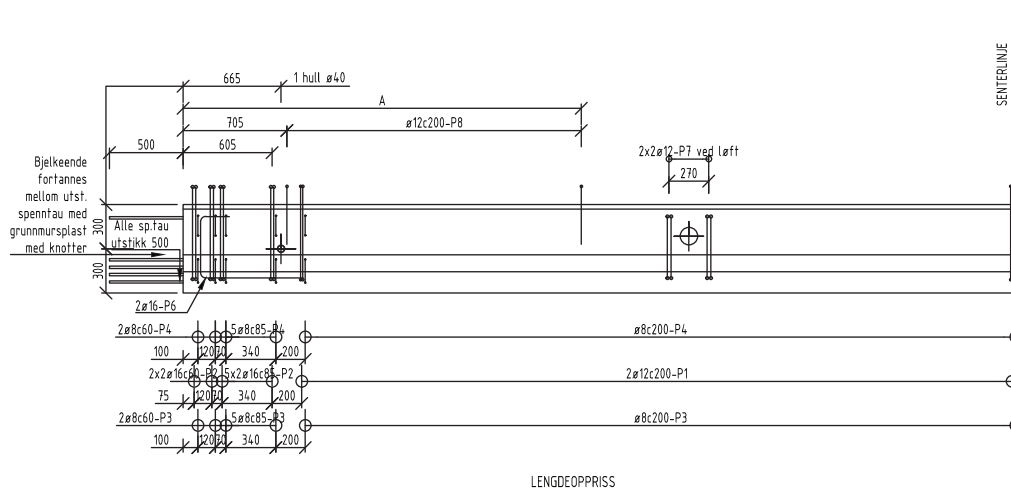
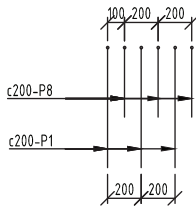
j)

KTB600 Ls=12-18 m
BØYLEARMERING



SPENNVIDDE (m)	EKSTRA SAMVIRKEBØYLER P8	
	A (mm)	
12	2000	
13	2500	
14	3000	
15	3500	
16	4000	
17	4500	
18	5000	

PRINSIPP Plassering P8 c=200 NÅR P1 HAR c=200
(ENDEAVSTAND A)

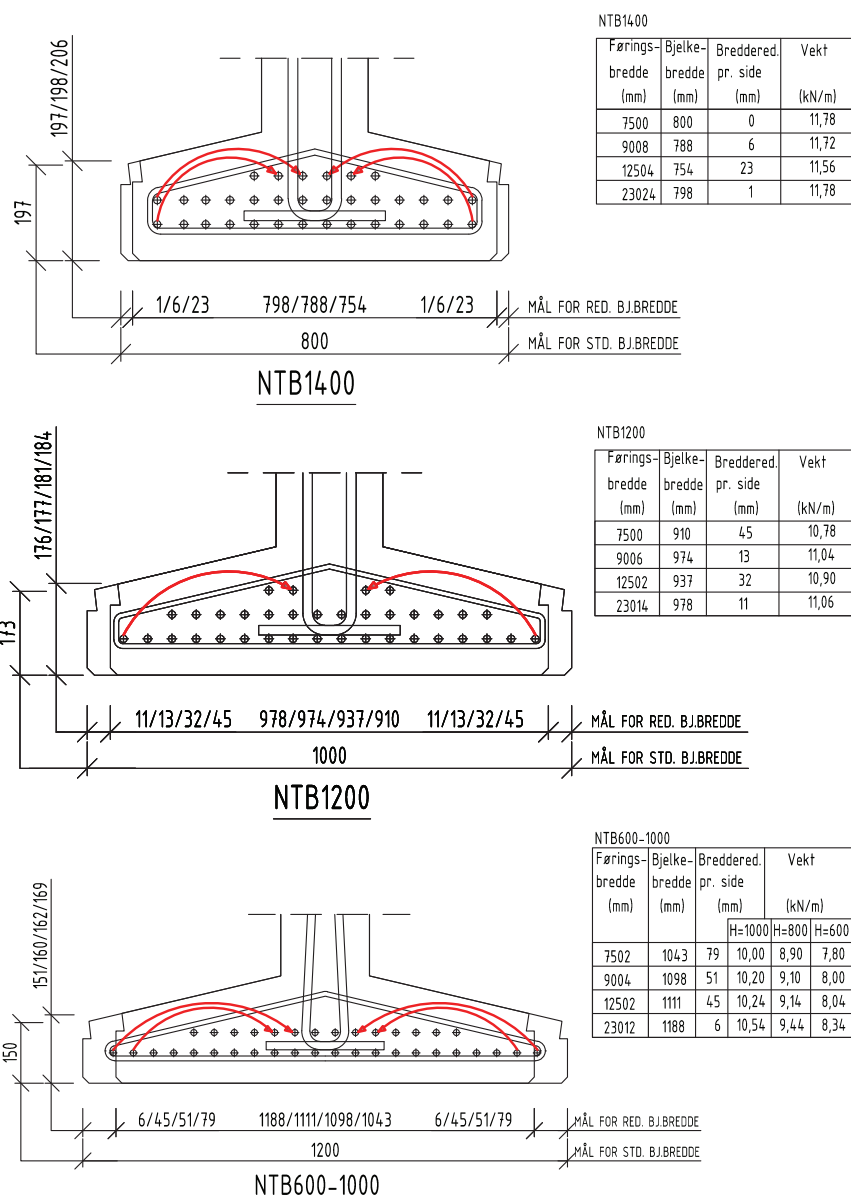


Figur 3.3.4a-j: Bøylearmering NTB og KTB

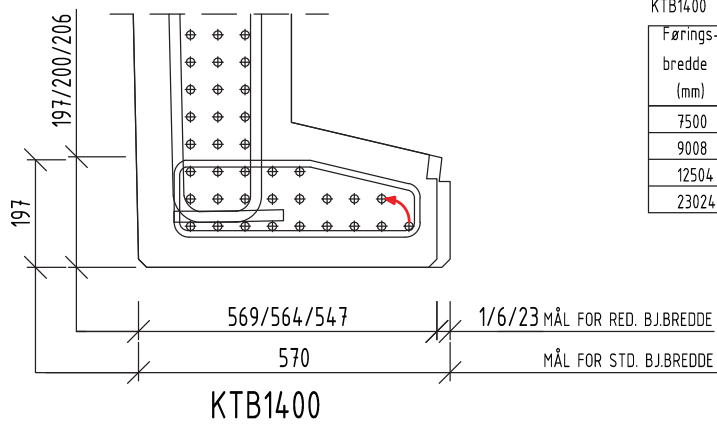
3.4 Reduserte brubredder og bjelkebredder

Som beskrevet i pkt. 1.3.2 kan det være ønskelig med brubredder som er nøyaktig tilpasset minstekravene til føringsbredder. Dette gjøres enklest ved å beholde antall bjelker som er grunnlaget for tabell 1.3.1, men redusere bjelkebredden på bunn flens som vist i tabell 1.3.2. De reduserte bjelkebreddene gjør det nødvendig å omplassere de ytterste spenntauene for å beholde nødvendig armeringsoverdekning.

Gjennomførte kontrollberegninger av bjelkene i tabell 1.3.2 viser likevel at alle bjelkehøyder og spennvidder får lik eller noe mindre kapasitetsutnyttelse enn standardbjelkene som er anvist i pkt. 3.1, 3.2 og 3.3. Last og armeringstabeller i pkt. 3.1, 3.2 og 3.3 kan derfor brukes uforandret. De nederste og ytterste spenntauene som omplasseres, flyttes først og fremst innover til første eventuelt ledige plass, dernest oppover til ledig plass i neste armeringslag. Eksempel på dette er vist i tabeller i figur 3.4.1 og 3.4.2. Bjelker med redusert bredde får 0 mm til 10 mm større oppbøyning enn tilsvarende standard bjelker.

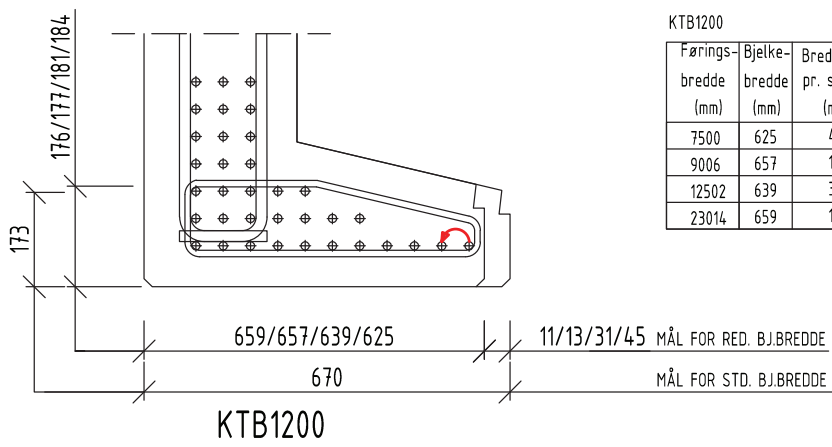


Figur 3.4.1: Reduserte bjelkebredder NTB



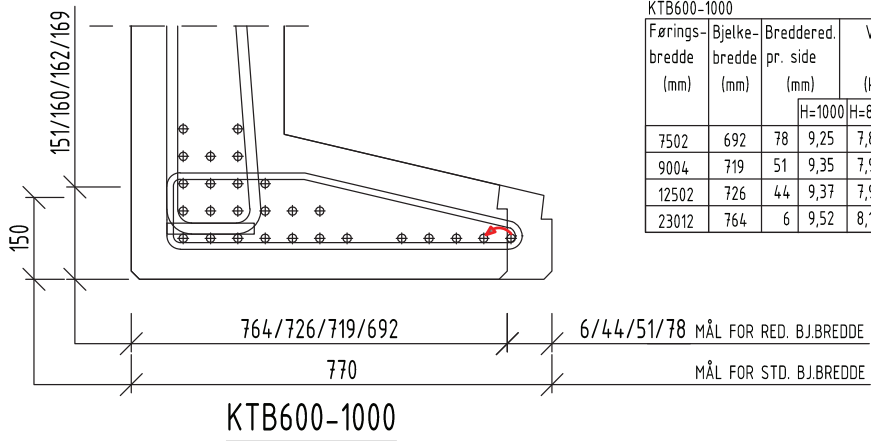
KT B1400

Førings- bredde (mm)	Bjelke- bredde (mm)	Breddered. (mm)	Vekt (kN/m)
7500	570	0	12,35
9008	564	6	12,32
12504	547	23	12,24
23024	569	1	12,35



KT B1200

Førings- bredde (mm)	Bjelke- bredde (mm)	Breddered. pr. side (mm)	Vekt (kN/m)
7500	625	45	10,49
9006	657	13	10,62
12502	639	31	10,55
23014	659	11	10,63



KT B600-1000

Førings- bredde (mm)	Bjelke- bredde (mm)	Breddered. pr. side (mm)	Vekt (kN/m)		
			H=1000	H=800	H=600
7502	692	78	9,25	7,85	6,45
9004	719	51	9,35	7,95	6,55
12502	726	44	9,37	7,97	6,57
23012	764	6	9,52	8,12	6,72

Figur 3.4.2: Reduserte bjelkebredder KTB

3.5 Økt plateutstikk

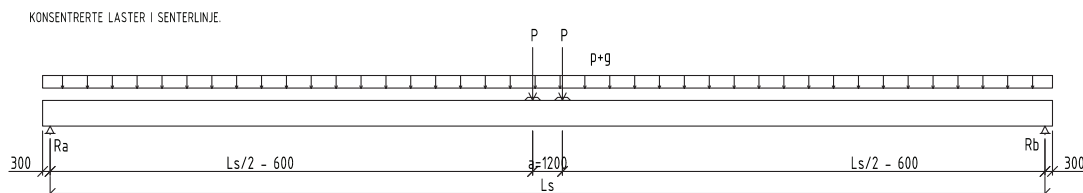
3.5.1 Generelt

Som omtalt i pkt. 1.3.2 kan det være ønskelig å justere brubreddene ved å øke plateutstikket (større enn 400 mm). Dette gir økt belastning på de ytterste bjelkene, noe som kan løses ved å velge samme bjelketverrsnitt med økt armeringsmengde (spenntau og bøylere), eller ved å velge en høyere bjelke.

For å finne den nye belastningen gjøres det nye beregninger av tverrlastfordelingen, for eksempel med Plabe2 som omtalt i pkt. 3.1. Deretter kan bjelkene dimensjoneres, for eksempel med Ebjelke som beskrevet i pkt. 3.1, eller bruke standard armeringstabeller ved å sammenligne de nye momentene og oppleggskreftene med tabellene 3.5.3 og 3.5.4. Det kan deretter velges en bjelke som tilfredsstillende både antall spenntau i bunn og oppleggskraft, se figur 3.2.1 og figurene 3.3.4a-j. Deformasjonene vurderes som omtalt i pkt. 2.3.2.

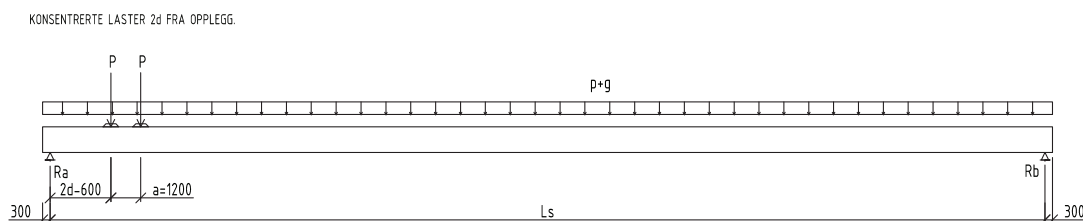
3.5.2 Definisjoner av moment og skjærkraft

Maksimum feltmoment finnes som vist i figur 3.5.2a.



Figur 3.5.2a: Maksimum feltmoment

Maksimum skjærkraft finnes som vist i figur 3.5.2b.



Figur 3.5.2b: Maksimum skjærkraft

I tabellene defineres:

M_{Rd} = dimensjonerende momentkapasitet for samvirketverrsnitt (bjelke pluss betongplate).

M_{Ed} = dimensjonerende moment fra ytre laster (effekt av spennkraft er medregnet i indre spenninger, og ikke som et ytre moment) = $1,2g + 1,35p$.

Dimensjonerende snitt for skjærkraft vil opptre i ulike avstander fra opplegg, avhengig av bjelkehøyden. Ved kontroll av bøyelbehov vil det være enklere å sammenligne oppleggslastene i stedet for skjærkraft.

R_g = brukslast oppleggslast fra egenvekt (tilsvarende R_a i figur 3.5.2b).

R_p = brukslast oppleggslast fra trafikklast (tilsvarende R_a i figur 3.5.2b).

R_{Ed} = dimensjonerende oppleggslast (tilsvarende R_a i figur 3.5.2b) = $1,2 R_g + 1,35R_p$.

Kapasitet og last gjelder for en enkelt bjelke. Vekt av plasstøpte tverrbjelker er ikke medtatt.

Tabellene gjelder kun de bjelkene som er definert i pkt. 1, 2 og 3 med «standard bredde» i bunn.

Dimensjonerende oppleggslast R_{Ed} brukes for å kontrollere skjærbøyer og samvirkebøyer.

Brukslastene R_g og R_p kan brukes til dimensjonering av tverrbjelker, lager mm. der lastfaktorene vanligvis er annerledes enn angitt for R_{Ed} .

3.5.3 Momentkapasitet og oppleggslast for NTB

	Spennvidde	Moment (kNm)		Oppleggslast (kN)		
	L_s (m)	M_{Rd}	M_{Ed}	Brukslast		Dim. last
				R_g	R_p	R_{Ed}
NTB 800-400x1400	42	9529	8195	432	192	777
	41	9027	7854	421	191	763
	40	8544	7519	411	190	750
	39	8047	7201	401	189	736
	38	8047	6882	391	188	723
	37	7481	6583	381	188	710
	36	6980	6286	371	187	697
	35	6980	5998	361	186	684
	34	6422	5715	351	185	671
	33	5926	5439	341	184	657
NTB 1000-300x1200	32	5926	5168	331	182	643
	36	8880	7015	397	225	780
	35	8370	6696	386	224	765
	34	7986	6388	375	222	750
	33	7509	6083	364	221	735
	32	7055	5786	353	220	721
	31	6616	5492	343	219	708
	30	6200	5208	332	217	692
	29	5710	4932	322	216	678
	28	5710	4662	311	214	663
	27	5237	4399	300	213	648
	26	4754	4142	289	211	633
NTB 1200-220x1000	25	4754	3892	279	210	619
	29	7616	5407	341	250	747
	28	6912	5115	329	248	730
	27	6528	4831	318	247	715
	26	6151	4551	306	245	698
	25	5786	4282	295	244	683
	24	5358	4019	284	242	667
	23	5018	3763	273	240	652
NTB 1200-220x800	22	5018	3514	261	238	635
	21	4545	3273	250	237	620
	24	5949	3867	270	239	647
	23	5576	3624	260	238	633
	22	4983	3388	249	236	618
	21	4715	3159	238	235	603
	20	4381	2935	227	233	587
	19	4058	2719	216	232	572
	18	3745	2509	205	230	556
NTB 1200-220x600	17	3421	2305	194	228	541
	16	3421	2109	183	225	524
	15	3045	1918	172	223	508
	18	4144	2404	194	227	538
	17	3752	2214	184	225	525
	16	3496	2028	174	224	511
	15	3242	1848	163	222	496
NTB 1200-220x600	14	2993	1676	153	221	482
	13	2693	1508	143	219	468
	12	2448	1346	133	217	453

Tabell 3.5.3: Momenter og oppleggslaster for NTB

3.5.4 Momentkapasitet og oppleggslast for KTB

	Spennvidde	Moment (kNm)		Oppleggslast (kN)			
		L_s (m)	M_{Rd}	M_{Ed}	Brukslast		Dim. last
					R_g	R_p	R_{Ed}
NTB 800-400x1400	41	9570	8135	431	205	794	
	40	9073	7803	421	204	780	
	39	8512	7491	411	204	768	
	38	8342	7175	400	203	754	
	37	7896	6869	390	203	742	
	36	7214	6565	380	202	729	
	35	6971	6274	370	201	715	
	34	6728	5988	360	200	702	
	33	6270	5706	350	200	690	
NTB 1000-300x1200	32	5717	5431	340	199	677	
	36	7920	6653	367	221	738	
	35	7485	6362	357	221	726	
	34	6984	6076	348	220	715	
	33	6511	5795	338	219	702	
	32	6134	5521	329	218	689	
	31	5709	5252	319	218	677	
	30	5424	4990	309	217	664	
	29	5037	4734	299	216	651	
	28	4823	4486	290	215	638	
	27	4557	4238	280	214	625	
NTB 1200-220x1000	26	4166	3999	270	213	612	
	25	3923	3766	260	212	598	
	29	5494	4835	296	231	667	
	28	5148	4581	286	230	654	
	27	4926	4335	276	230	642	
	26	4602	4096	267	229	629	
	25	4386	3860	257	228	616	
	24	4034	3631	247	227	602	
NTB 1200-220x800	23	3830	3409	238	226	591	
	22	3626	3196	228	224	577	
	21	3385	2978	219	223	564	
	24	4197	3400	228	219	570	
	23	3898	3196	219	219	559	
	22	3609	2996	210	218	546	
	21	3295	2801	201	217	534	
	20	3144	2610	192	216	522	
	19	2993	2424	182	215	511	
NTB 1200-220x600	18	2673	2245	175	213	498	
	17	2511	2070	166	212	485	
	16	2511	1899	157	210	472	
	15	2311	1733	148	209	460	
	18	2856	2085	159	206	469	
	17	2640	1927	151	205	458	
	16	2531	1772	143	205	448	
NTB 1200-220x600	15	2283	1621	135	203	437	
	14	2139	1476	127	202	425	
	13	1905	1334	119	200	414	
	12	1785	1196	111	199	402	

Tabell 3.5.4: Momenter og oppleggslaster for KTB

4 Lagring, transport, montasje og etterarbeider

4.1 Generelt

Bjlkene i en spennbenk støpes hurtigst mulig slik at ugunstige følger av stor forskjell i modenhet mellom første og siste bjelke unngås. Inntil elementene har oppnådd foreskrevet trykkstyrke, foregår herdingen ved kontrollerte temperatur- og fuktighetsforhold, se også pkt. 2.3.

Dersom det er ønskelig, kan løftepunktene for bjlkene avvike fra pkt. 4.3. I så tilfelle foretas spesielle beregninger, og disse, samt eventuelle endringer i armeringen, forelegges byggherren for uttalelse. Uansett om løftepunktene endres, understøttes elementene som angitt i pkt. 4.3. Det påses at understøttelsene er plane og stabile. Bjlkene avstives i nødvendig grad sideveis.

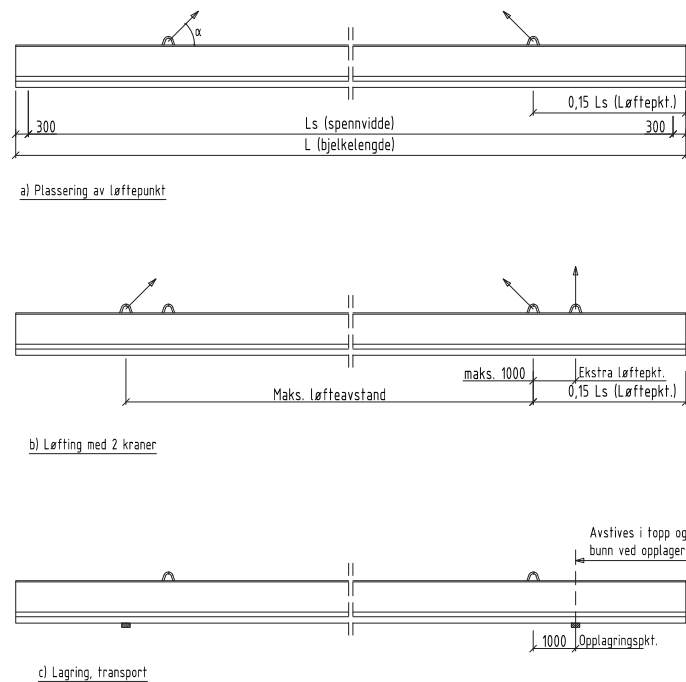
4.2 Lagring og transport

Dersom bjlkene håndteres i henhold til anvisningene i veilederen, er det teoretisk sett ikke nødvendig med spesielle avstivinger. De lengste bjlkene kan likevel kreve ekstra sideavstivinger ved lagring, transport og montasje.

Transporten foretas med så stor forsiktighet at skader som avskallinger, riss o.l. unngås, se pkt. 2.6.4.2.

4.3 Plassering av løftepunkt og lagringspunkt

Bjlkedimensjoneringen forutsetter plassering av løftepunkt og lagringspunkt som vist i figur 4.3.1.



Figur 4.3.1: Plassering av løfte- og lagringspunkt

4.4 Vekt- og løftetabell

4.4.1 Generelt

Leverandøren bestemmer selv hvilket løfteanker som benyttes. Det anbefales bruk av løfteanker i ubehandlet stål der disse støpes inn i bruplatten i ettertid.

Som hjelpemiddel henvises det til tabell 4.4.1a som angir bjelkevekter og tre alternative løfteanker. Det er forutsatt at løftevinkel $\alpha = 45^\circ$ grader.

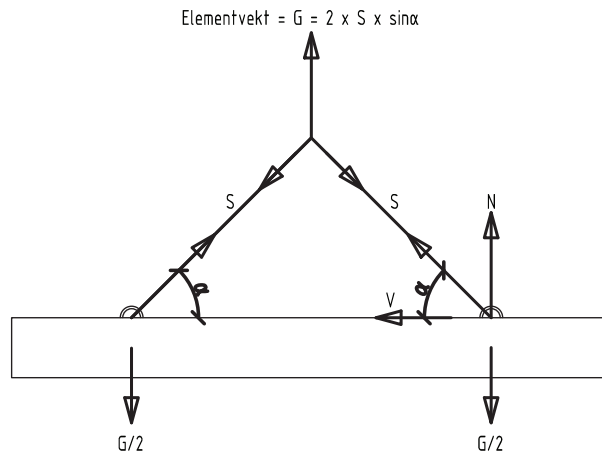
BJELKE	VEKT (t/m)	BRUTTO LENGDE (m)	SUM VEKT (t)	LØFTETABELL FOR $\alpha = 45^\circ$ *				
				Kuleanker Nr - L	Ståltau \varnothing (mm)	Løftebolt \varnothing (mm)		
NTB 1400	1,178	42	49,5	-	48	120		
		41	48,3	-	"	"		
		40	47,1	-	"	"		
		39	45,9	-	"	"		
		38	44,8	-	"	"		
		37	43,6	-	44	"		
		36	42,4	-	"	"		
		35	41,2	-	"	"		
		34	40,1	-	42	"		
		33	38,9	-	"	"		
		32	37,7	-	"	"		
		NTB 1200	1,116	37	41,3	-	44	100
36	40,2			-	42	"		
35	39,1			-	"	"		
34	37,9			-	"	"		
33	36,8			-	40	"		
32	35,7			-	"	90		
31	34,6			-	"	"		
30	33,5			-	"	"		
29	32,4			-	38	"		
28	31,2			-	"	"		
27	30,1			-	"	"		
26	29,0			-	"	"		
25	27,9			-	36	"		
NTB 1000	1,058			30	31,7	-	38	80
		29	30,7	-	"	"		
		28	29,6	-	36	"		
		27	28,6	-	"	"		
		26	27,5	-	"	70		
		25	26,5	-	"	"		
		24	25,4	-	"	"		
		23	24,3	-	"	"		
		22	23,3	-	32	"		
		21	22,2	-	"	"		
		NTB 800	0,948	25	23,7	-	32	70
24	22,8			"	"	"		
23	21,8			20-500	"	"		
22	20,9			"	"	"		
21	19,9			"	30	"		
20	19,0			"	"	"		
19	18,0			"	28	60		
18	17,1			"	"	"		
17	16,1			15-400	"	"		
16	15,2			"	26	"		
15	14,2			"	"	"		
NTB 600	0,838	19	15,9	15-400	28	60		
		18	15,1	"	26	"		
		17	14,2	"	"	"		
		16	13,4	"	"	"		
		15	12,6	"	24	"		
		14	11,8	"	"	"		
		13	11,0	10-340	22	50		
		12	10,1	"	"	"		
KTB 1400	1,235	41	50,6	-	48	120		
		40	49,4	-	"	"		
		39	48,2	-	"	"		
		38	46,9	-	"	"		
		37	45,7	-	"	"		
		36	44,5	-	44	"		
		35	43,2	-	"	"		
		34	42,0	-	"	"		
		33	40,8	-	"	"		
		32	39,5	-	42	"		
		KTB 1200	1,068	37	39,5	-	42	100
				36	38,4	-	"	"
35	37,4			-	"	"		
34	36,3			-	40	90		
33	35,2			-	"	"		
32	34,2			-	"	"		
31	33,1			-	38	"		
30	32,0			-	"	"		
29	31,0			-	"	"		
28	29,9			-	"	"		
27	28,8			-	36	"		
26	27,7			-	"	"		
25	26,7			-	"	"		
KTB 1000	0,954			30	28,6	-	36	80
		29	27,7	-	"	70		
		28	26,7	-	"	"		
		27	25,8	-	"	"		
		26	24,8	-	"	"		
		25	23,9	-	"	"		
		24	22,9	-	32	"		
		23	21,9	20-500	"	"		
		22	21,0	"	"	"		
		21	20,0	"	30	"		
		KTB 800	0,814	25	20,4	20-500	30	70
24	19,5			"	"	"		
23	18,7			"	"	"		
22	17,9			"	28	60		
21	17,1			"	"	"		
20	16,3			15-400	"	"		
19	15,5			"	26	"		
18	14,7			"	"	"		
17	13,8			"	"	"		
16	13,0			"	24	"		
15	12,2			"	"	"		
KTB 600	0,674	19	12,8	15-400	24	60		
		18	12,1	"	"	"		
		17	11,5	"	"	"		
		16	10,9	10-340	22	50		
		15	10,1	"	"	"		
		14	9,4	"	"	"		
		13	8,8	"	"	"		
		12	8,1	"	"	"		

* Løftevinkler, materialspesifikasjon, forankring, tilleggsarmering - se videre punkter.

Tabell 4.4.1a: Vekt- og løftetabell

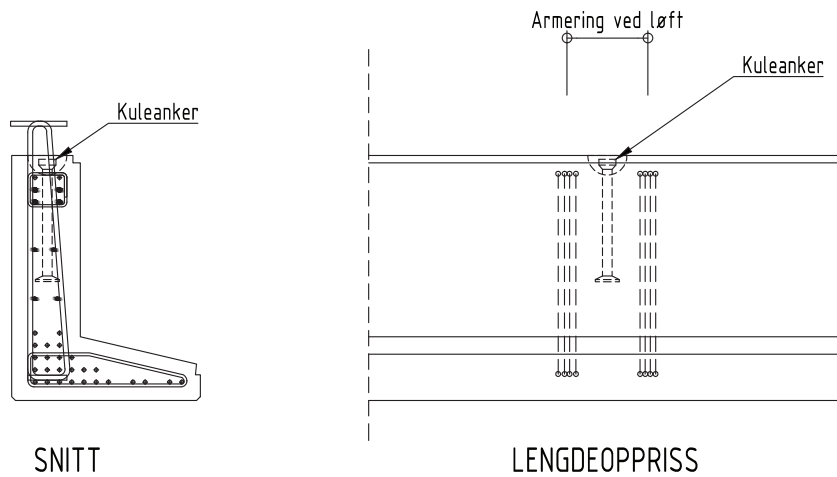
Definisjon av løftevinkel og kraftpåkjenning er vist i figur 4.4.1b.

Løfteanker dimensjoneres etter anvisningene i Betongelementboken bind C (2013) kap. C5. Resultatet av beregningene, for de tre typene som er vist i tabell 4.4.1a, er oppsummert i tabellene 4.4.2a, 4.4.3a og 4.4.4a.



Figur 4.4.1b: Geometri ved løfting med to stropper

4.4.2 Kuleanker



Figur 4.4.2: Løfting med kuleanker

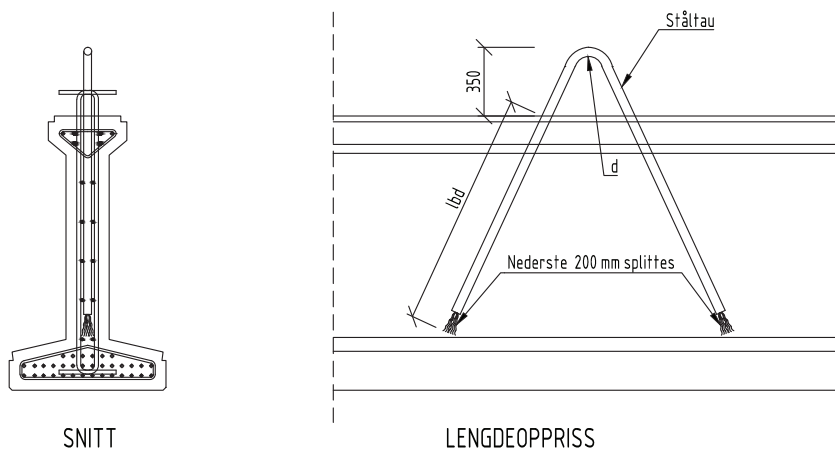
Løftekapasitet kuleanker (6000)

Merking (t) (SF≈3)	Still (kN) (SF≈4)	G=2xStillxsinα (kN)			Plassbehov		
		α=45° sinα=0,707	α=60° sinα=0,866	α=90° sinα=1,0	L	Stang ø	Fot ø
10	80	113	139	160	340	28	70
15	120	170	208	240	400	34	85
20	160	226	277	320	500	38	98
32	250	353	433	500	700	50*	135*
45	360	509	623		1200*	50*	135*

*Kontroller plassbehov, betongoverdekning – evt. bruk andre løftemetoder

Tabell 4.4.2a: Løfting med kuleanker

4.4.3 Ståltau



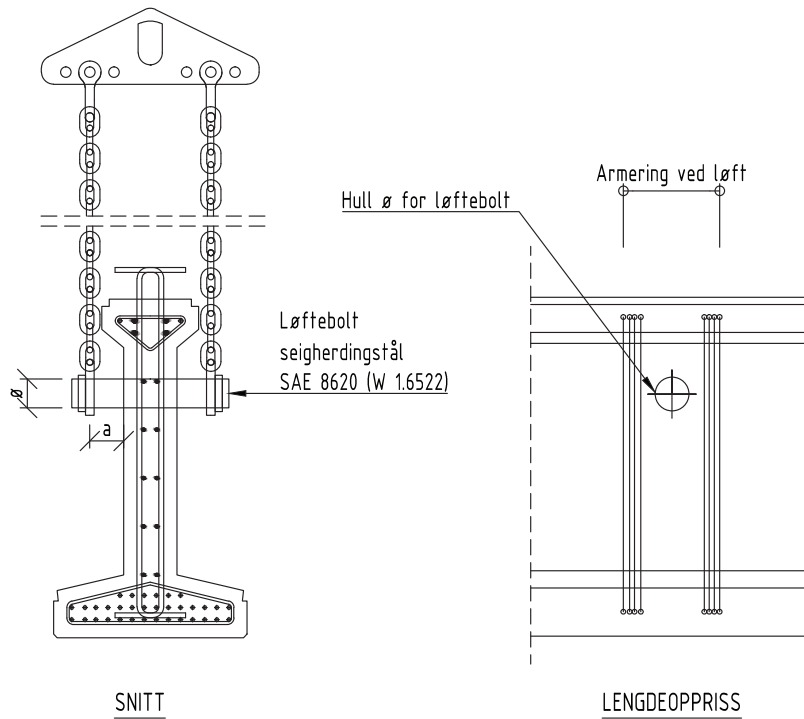
Figur 4.4.3: Løfting med ståltau

Løfting av elementer med to løftebøyler av ståltau type 6x36 – 1FC. Bøyediameter $d \geq 2\phi \geq 25$ mm. Bruddstyrke 1960 N/mm²

Ø (mm)	F _{tk} (kN)	S _{til} =F _{tk} /3,31 (kN)	α ₂	L _{bd} =S _{til} × α ₂ / (k × Ø)	G _{til} =1,667 × S _{til} × sin α (kN)		
			R=110	B33 (k=7,549)	α=45° sin α=0,707	α=60° sin α=0,866	α=90° sin α=1,0
22	313	95	0,7	400	111	137	158
24	373	113	0,7	437	133	163	188
26	437	132	0,7	471	156	191	220
28	507	153	0,7	507	180	221	255
30	582	176	0,7	544	207	254	293
32	662	200	0,709	587	236	288	333
-							
36	838	253	0,767	714	298	365	422
38	934	282	0,791	778	333	407	470
40	1035	313	0,812	842	369	451	521
42	1141	345	0,832	905	406	498	
44	1252	378	0,850	967	446	546	
-							
48	1490	450	0,881	1094	530		

Tabell 4.4.3a: Løfting med ståltau

4.4.4 Bolt i boltehull

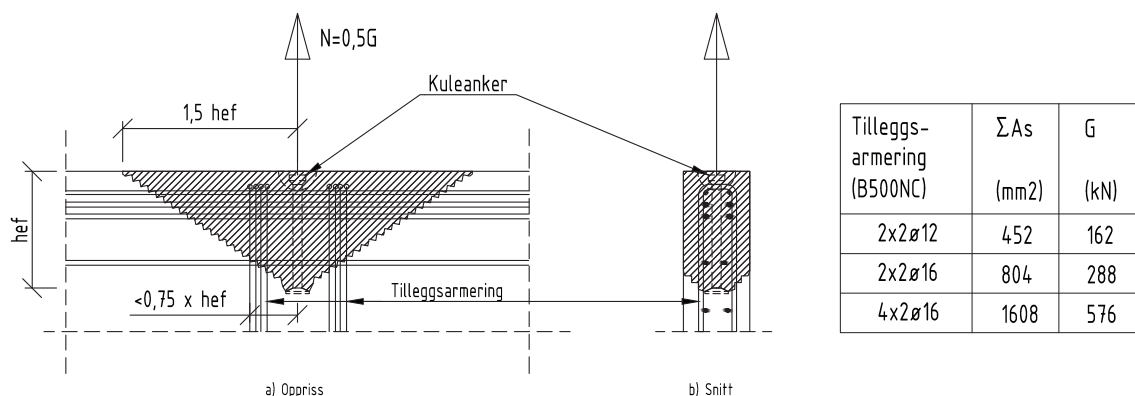


Figur 4.4.4: Løfting med bolt i boltehull

Bjelke Utstikk a (mm)	Bolt Ø (mm)	$S_{\text{till pr. side}}$ (kN)	$G = 4 \times S_{\text{till}} \times \sin \alpha$ (kN)			Løftehull Ø (mm)
			$\alpha=45^\circ$ $\sin \alpha=0,707$	$\alpha=60^\circ$ $\sin \alpha=0,866$	$\alpha=90^\circ$ $\sin \alpha=1,0$	
H=1400 a=140	120	205,7	582	713	823	
	100	124,4	352	431	498	
	90	92,7	262	321	371	
H=1200 a=90	100	172,2	487	597	689	
	90	129,5	366	449	518	
	80	93,9	266	325	376	
H=1000 H=800 H=600 a=50	80	139,8	395	484	559	
	70	98,4	278	341	394	
	60	65,3	185	226	261	
	50	40,0	113	139	160	

Tabell 4.4.4a: Løfting med bolt i boltehull

Ved løftepunkt/løfteanker som ikke er fullforankret i betongtverrsnittet, er tilleggsarmering nødvendig. For bjelkene NTB og KTB gjelder dette løfting med kuleanker og bolt i boltehull. Boltehullet gjenstøpes i KTB.



Tabell 4.4.4b: Tilleggsarmering ved løftepunkt

4.5 Montasje

4.5.1 Generelt

Løfting av bjelkene foretas i de innstøpte løfteinnretningene. Plassering av disse er angitt i pkt. 4.3. Det anbefales at montasje av elementer og videre arbeider med forskaling og støp av bruplate foregår som en kontinuerlig operasjon.

Produksjon, leveranse og montasje, samt nødvendig avstiving/sikring av bjelkene, anbefales utført i samme entreprise. Det sørges for at tilsyn med elementene er ivaretatt fra leveranse og montasje til ferdig bru.

4.5.2 Midlertidig sideavstiving

Montasje av bjelkene foretas under gunstige værforhold, men bjelkene er stabile selv ved større vindpåkjenninger. Kontroll av dette kan gjøres etter Bind I\31\.

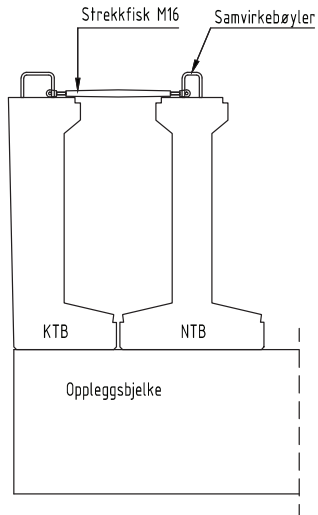
Følgende anvisninger gjelder for bjelker med 3 % sidehelning, tillatt maksimal sidekrumning iht. pkt. 2.6 og vindhastighet 28 m/s (full storm):

- Alle NTB kan stå uten sidestøtte ved opplegg.
- Alle KTB 600, 800 og 1000 kan stå uten sidestøtte ved opplegg.
- KTB 1400 og KTB 1200 sideavstives ved opplegg, og det kan kreve at nabobjelken monteres først.

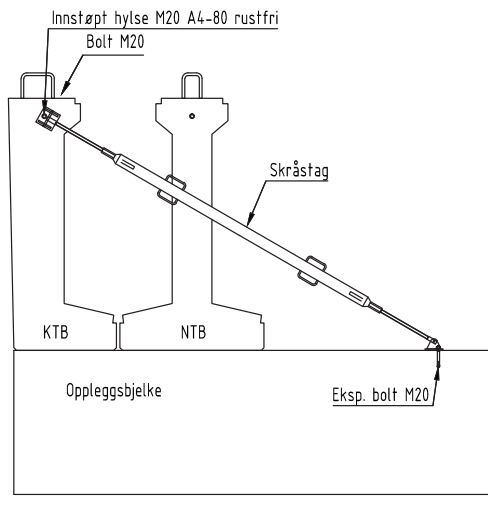
Dersom det varsles høyere vindhastighet, eller det er avvik i bjelkekrumning, oppleggstoleranser osv., vurderes og eventuelt forsterkes sideavstivningen. Sideavstivningen vil vanligvis stå til tverroppspenningen som beskrevet i pkt. 4.5.3 er utført, eller til tverrbjelkene ved bruenden er utstøpt. Eksempel på sideavstiving er vist på figur 4.5.2.

Dersom det benyttes ekspansjonsbolt, meisles denne ut og hullet støpes igjen. Det kan som alternativ benyttes kjemisk anker og rustfri gjengestang. Denne kan kappes plant med overkant betong.

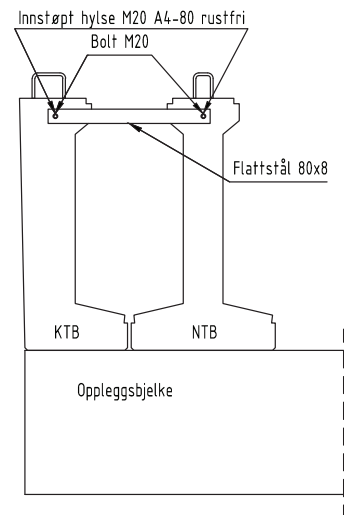
NTB og KTB MIDLERTIDIG SIDEAVSTIVING



a) Strekkfisk



b) Skråstag

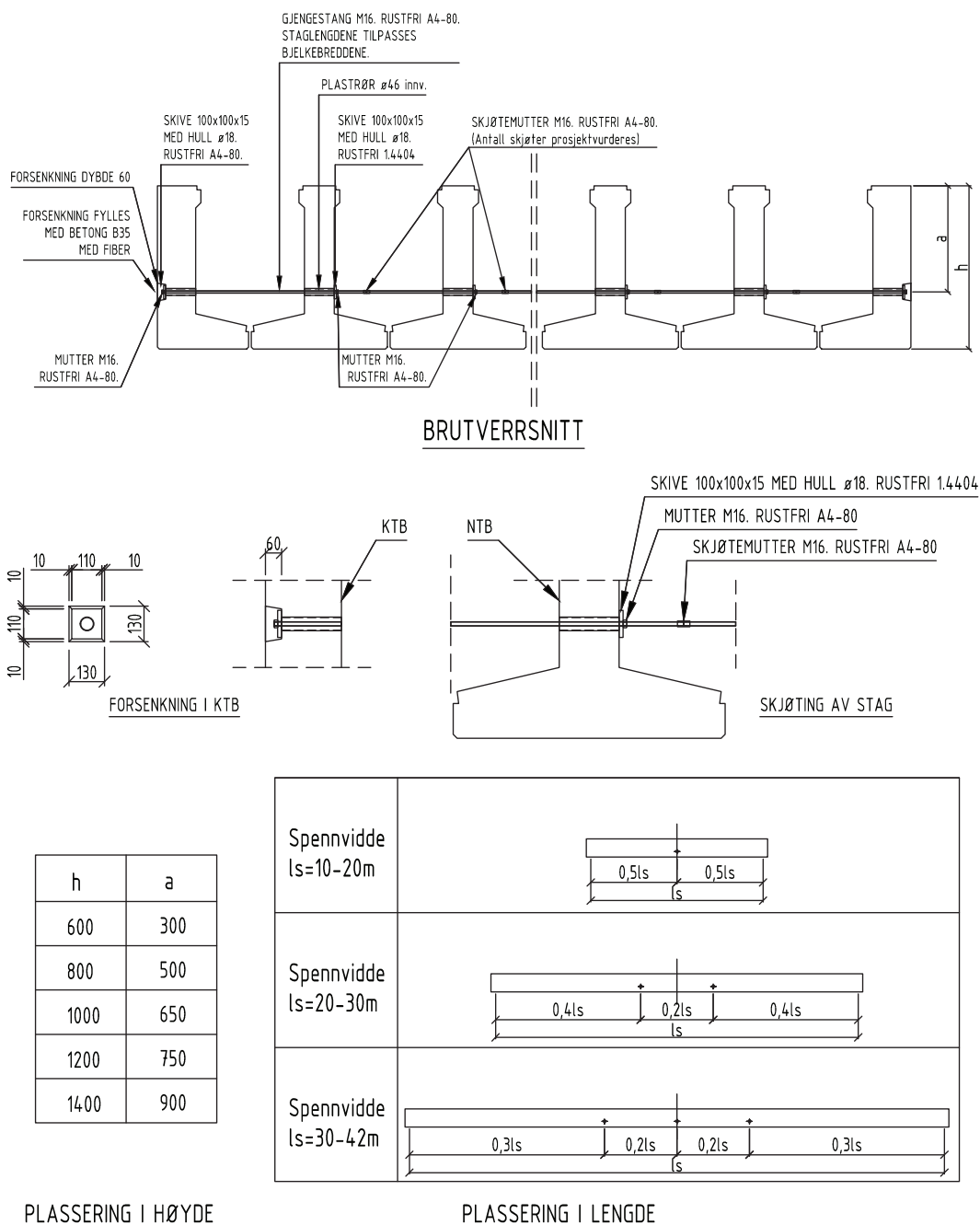


c) Flattstål

Figur 4.5.2: Eksempel på sideavstiving ved bjelkeopplegg

4.5.3 Tverroppspenning

Kantbjelkene (KTB) har en eksentrisk geometri. Spennetauene er tilsvarende eksentrisk plassert for å få minst mulig horisontal krumning. Sideveis krumning utover kan likevel påregnes, og det er derfor laget hull i bjelkene slik at en horisontal tverroppspenning kan utføres der dette er nødvendig, se figur 4.5.3. Det kan vurderes om tverrstengene ikke føres gjennom hele brubredden, noe som er mer aktuelt for de mindre brubjelkene. Dette påvises i så fall og fremlegges for byggeherren. Vanligvis vil tverrstengene stå til hele bruplaten er utstøpt og herdet, og medfører vanligvis at stengene ikke blir fjernet etterpå. Dersom stag fjernes etter støp av plate kan det benyttes ubehandlet stål.

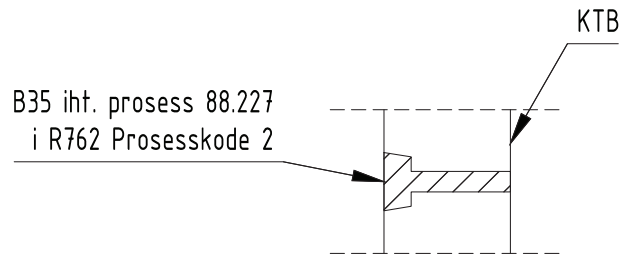


Figur 4.5.3: Sideutbøyning – justering med tverroppspenning

4.6 Etterarbeider

4.6.1 Tetting av hull i KTB

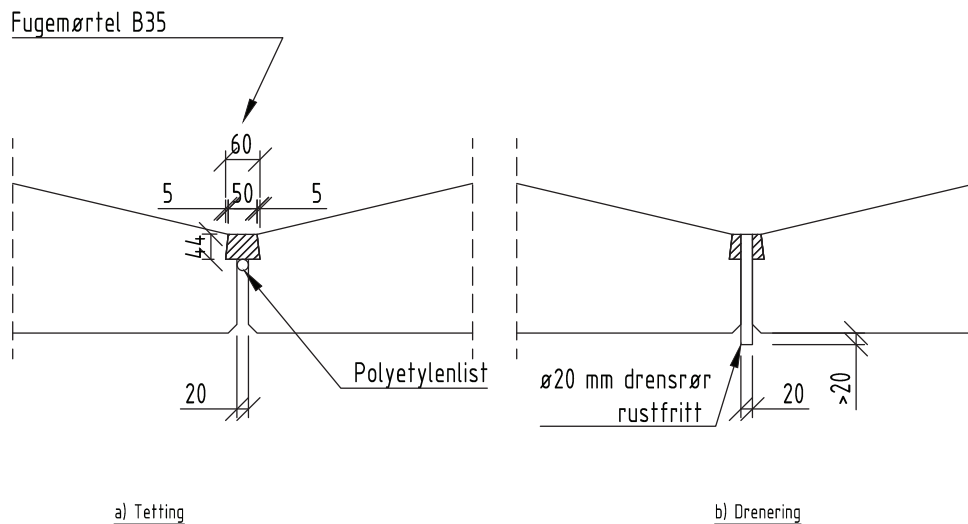
Eventuelle hull i ytterbjelker som ikke benyttes til tverroppspenning, tettes igjen som vist i figur 4.6.1. Prosedyre for gjenstøping er iht. prosess 88.227 i håndbok R762 Prosesskode 2.



Figur 4.6.1: Tetting av hull i KTB

4.6.2 Tetting mellom bjelker ved bunn flens

Fugen mellom bjelkene tettes i hele bjelkelengden som vist på figur 4.6.2a. Hulrommene mellom bjelkene dreneres som vist på figur 4.6.2b. Det brukes minimum ett drenerør mellom hver bjelke i hver bjelkeende. Det benyttes bunntyllingslist av polyetylenlist med lukkede celler slik at denne ikke tar opp vann. Diameteren på bunntyllingslisten er 20-25 % større enn fugebredden for å gi godt mothold ved fugingen. Fugen tettes med elementfugemørtel B35 fra innsiden.

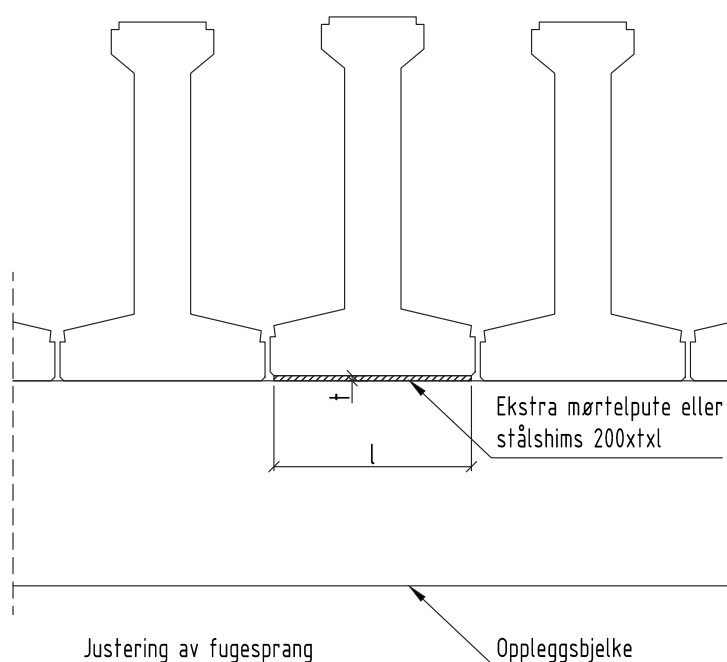


Figur 4.6.2a-b: Tetting og drenering mellom bjelker ved bunn flens

4.6.3 Justering av fugesprang

Bjolkene har oppspenning som fører til at bjolkene vil ha en oppbøyning (pilhøyde, overhøyde) på montasjetidspunktet. Bjolkene produseres fortløpende, men vil ha ulik modenhet (alder) ved montasjen, som igjen kan føre til at bjolkene får noe variasjon i oppbøyning; dvs. det kan bli fugesprang mellom bjolkene. Det er vanligvis ikke mulig å forandre på selve oppbøyningen på en enkelt bjolke. Det enkleste er å måle oppbøyningen til bjolkene før montasje, og så montere bjolkene i optimal rekkefølge med hensyn til å få minimum fugesprang. Dersom fugesprangene blir for store, se pkt. 2.3.2, kan det bli nødvendig å justere oppleggene. Dette gjøres ved å støpe ekstra høyde på opplegget, bruke ekspanderende understøpsmørtel B45 eller bruke stålshims for bjolken med minst oppbøyning, se figur 4.6.3.

Stålshims utføres i rustfri kvalitet eller innstøpes slik at de ikke ligger i overdekningssonen.



Figur 4.6.3: Justering av fugesprang

5 Bruplate og tverrbjelker

5.1 Dimensjonering

Lastene bestemmes i henhold til NS-EN 1991-2\6\ og håndbok N400 Bruprosjektering \22\, se også pkt. 2.2.

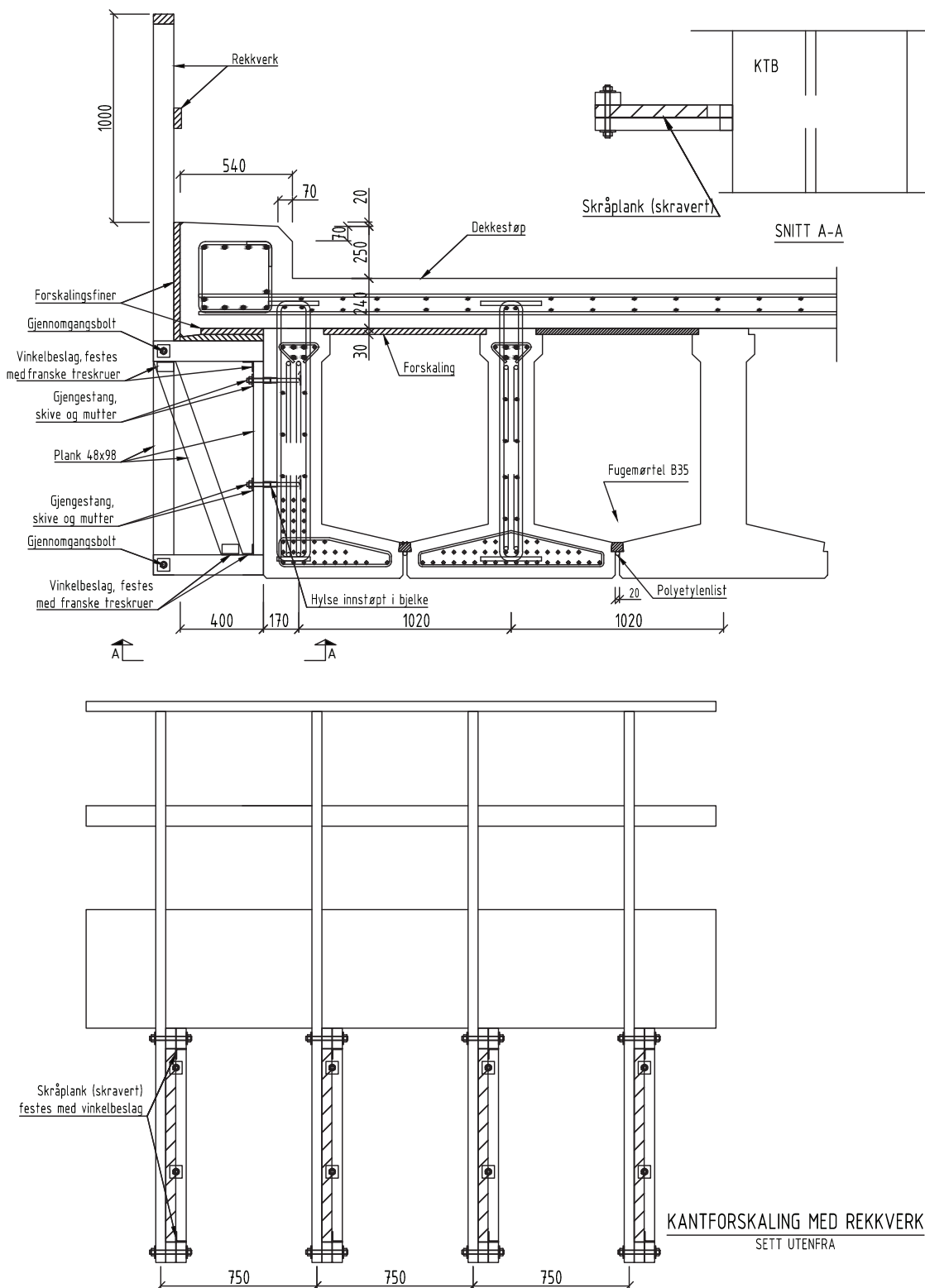
5.2 Forskaling

5.2.1 Plate mellom bjelker

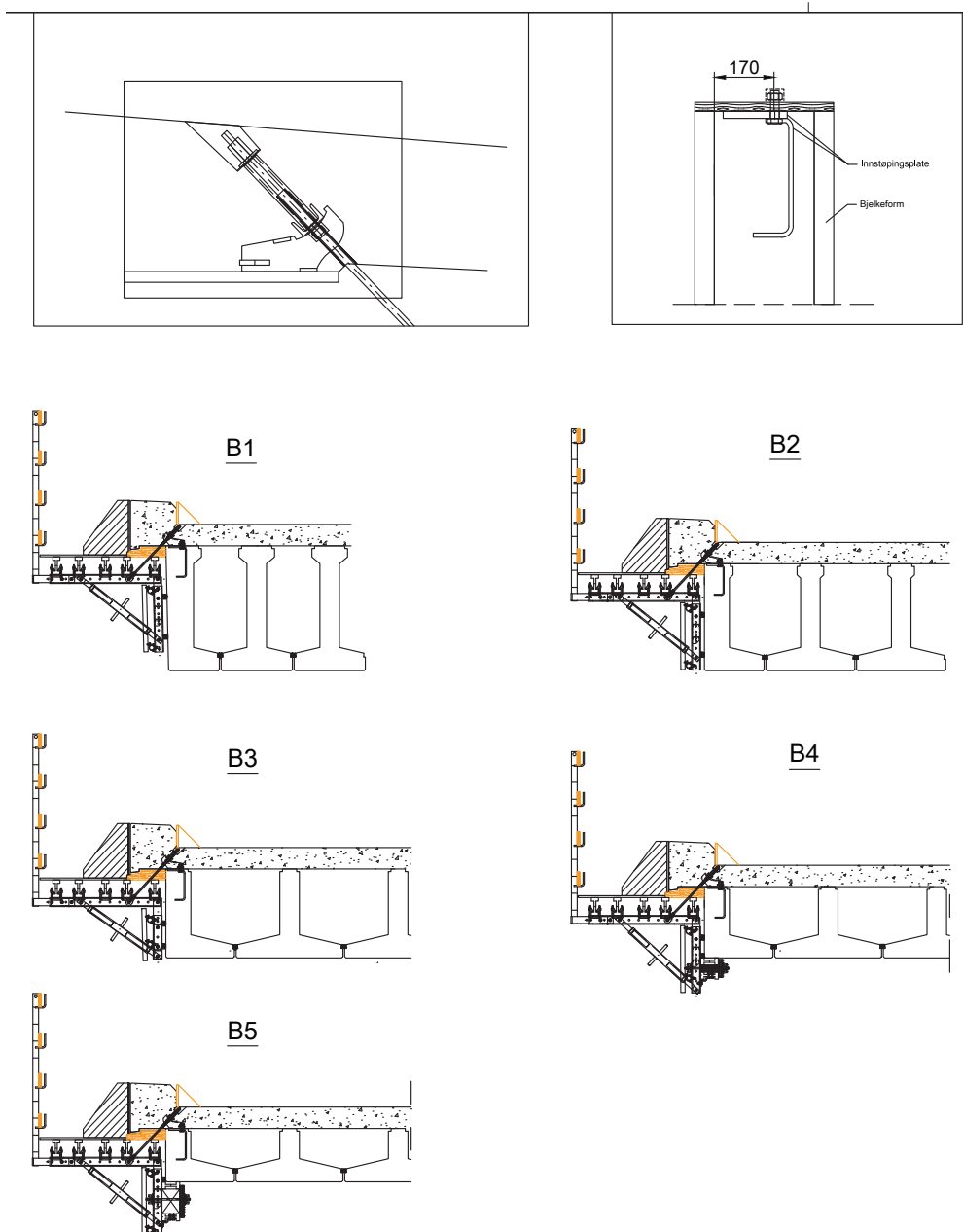
Forskalingen utføres av vannfast filmbelagt kryssfinerplate med forseglede kanter. Platetykkelsen på forskaling er 30 mm som legges i tilpasset utsparring på 30 x 30 mm i bjelketopp, se figur 1.3.4. Forskalingen blir stående permanent.

5.2.2 Platekant

Den utstikkende platekanten med kantoppstikk for rekkverk (kantdrager) forskales iht. prosjektbeskrivelsen, og forskalingen fjernes etterpå. Kantforskalingen vil vanligvis kreve festedetaljer som støpes inn i kantbjelkene (KTB). Dette avklares og detaljeres for hvert enkelt prosjekt. Eksempel på forskaling uten gangbane er vist i figur 5.2.2a, og eksempel på forskaling med gangbane er vist i figur 5.2.2b. Eventuelle gjenstående festemidler i overdekningssonen på betongen utføres i rustfri kvalitet.



Figur 5.2.2a: Eksempel på egenprodusert forskaling uten gangbane



Figur 5.2.2b: Eksempel på skisser av kommersiell forskaling med gangbane

5.2.3 Tverrbjelke

Tverrbjelke ved ender støpes i to etapper som vist i pkt.1.3.3 og i eksemplene i pkt. 8. Forskaling av den vertikale siden inn mot hulrommet mellom bjelkene, kan normalt ikke fjernes, og er av samme kvalitet som plateforskalingen.

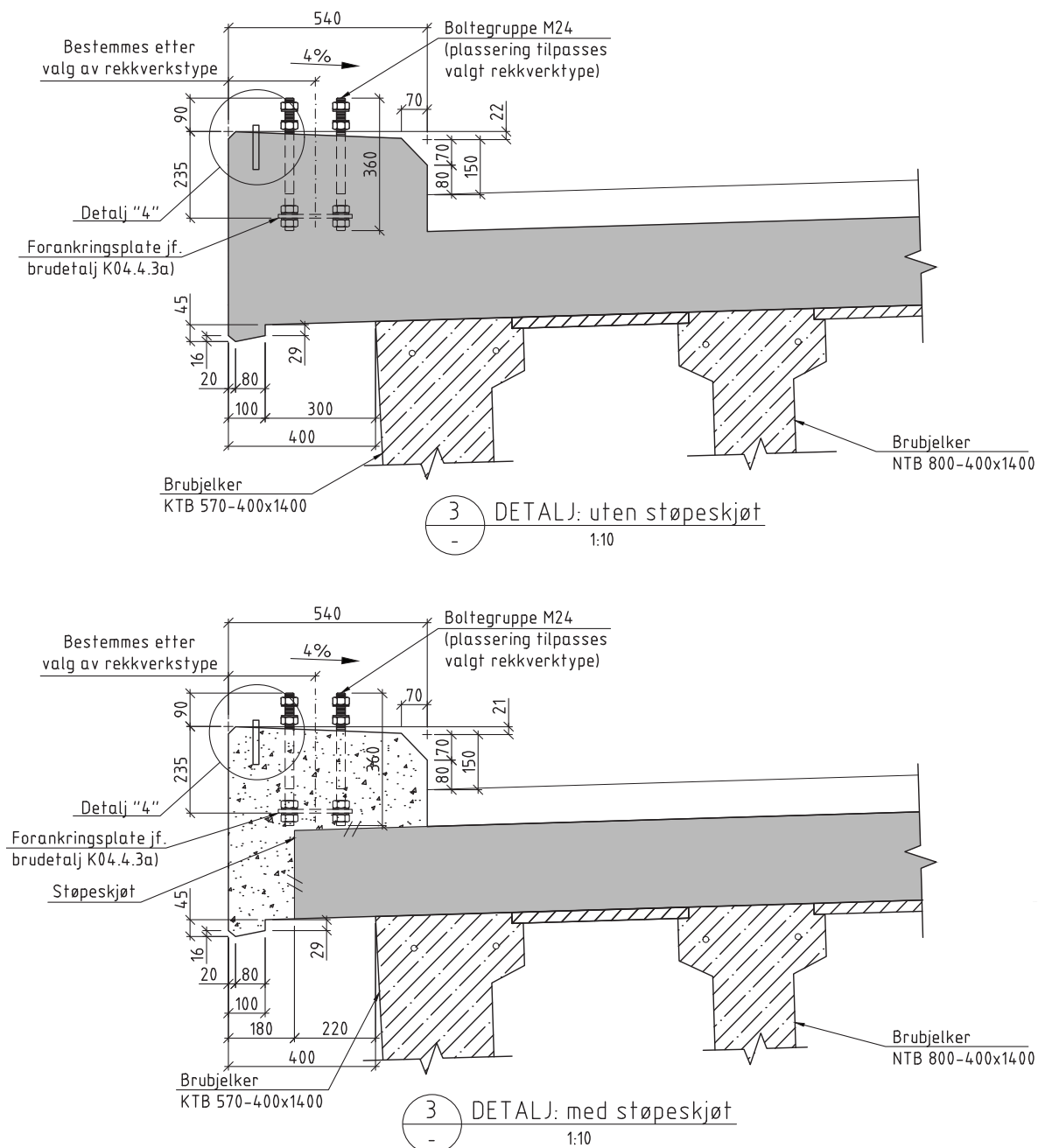
Bjelkeender fortannes i området mellom spenntau i bunn og i topp (for eksempel med grunnmursplast med knaster).

Bjelkeendene har hull for armering av tverrbjelke, se pkt. 5.4.

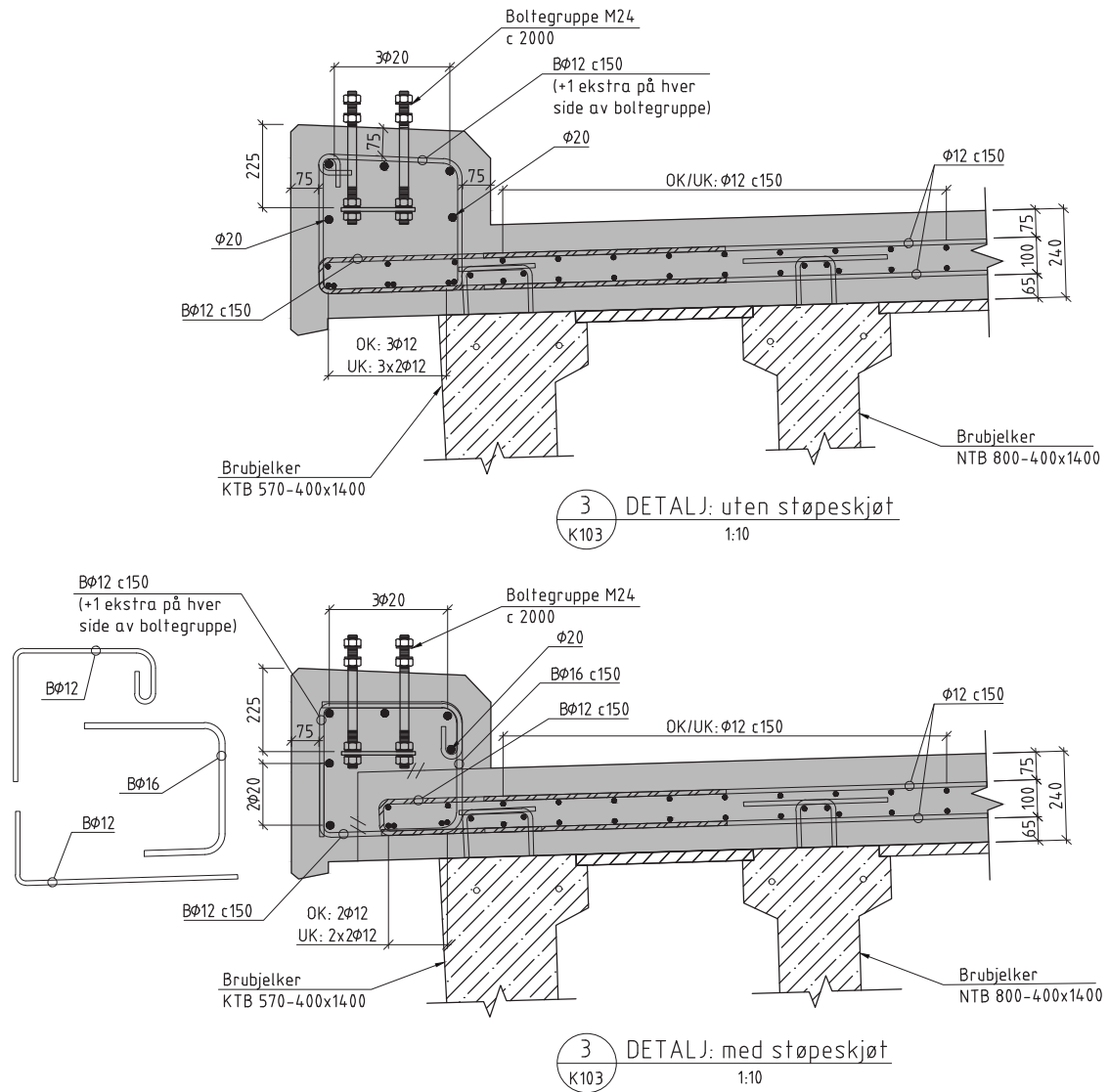
Skjeve bruer krever at hullene går parallelt med oppleggsaksen, se pkt.1.5.1.

5.3 Armering av plate og platekant

Plate og kantdrager er dimensjonert slik at det passer alle spennvidder og bredder omtalt i veilederen. Krav til armeringsoverdekning er angitt i pkt. 2.5.1. Resultatet er vist i figurene 5.3a og 5.3b. Eksempel på utførelse av dryppnese er vist, men andre utførelser kan også brukes. Behov for dryppnese i underkant av elementbjelke (KTB) i byggefasen vurderes i det enkelte prosjekt iht. håndbok N400 Bruprosjektering 7.9.1.



Figur 5.3a: Form av plate og platekant

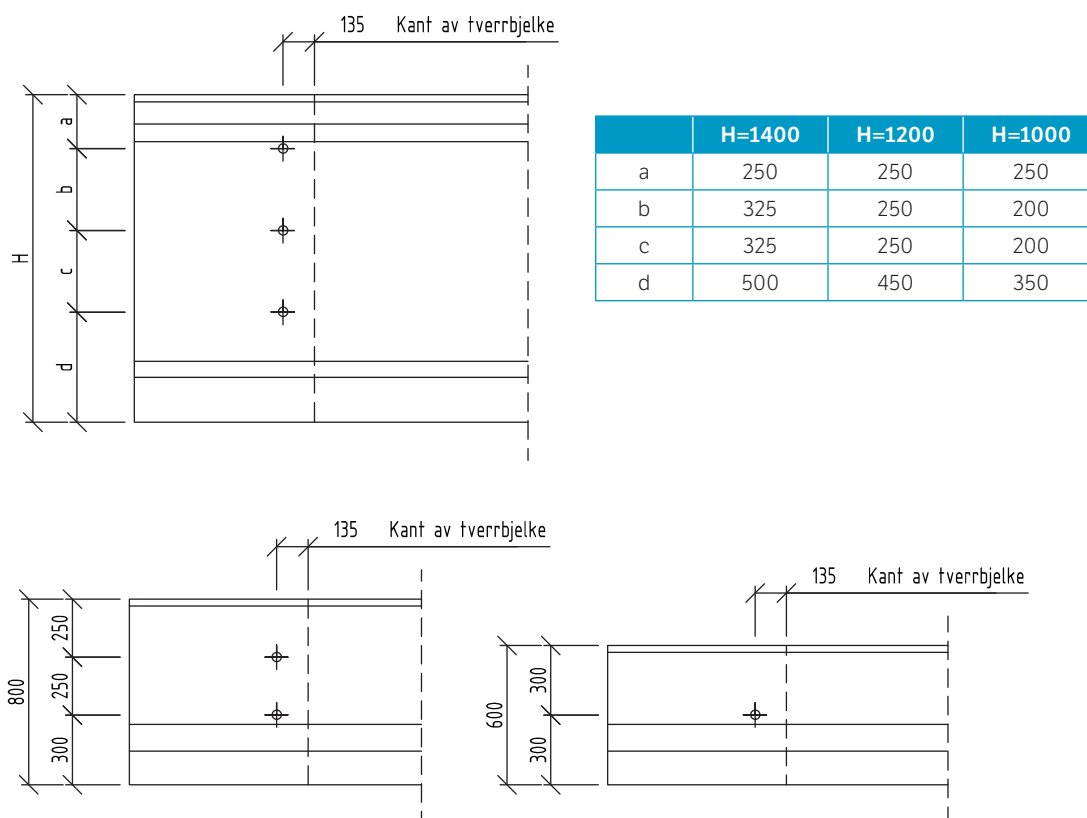


Figur 5.3b: Armering av plate og platekant

5.4 Armering av tverrbjelke og tverrhull

Oppleggsbjelken ved ender dimensjoneres for hvert enkelt prosjekt. Bjelken støpes i to etapper. Den underliggende delen dimensjoneres for egenvekt alene (byggefase frem til hele bruenden er støpt), mens den sammensatte bjelken dimensjoneres for de totale dimensjonerende lastene.

Den sammensatte tverrbjelken kan armeres som vist på eksempeltegninger. Plassering av tverrhull i bjelkeenden for gjennomgående tverrarmring er vist i figur 5.4a.



Figur 5.4a: Plassering av $\varnothing 40$ mm hull for armering av tverrbjelke

5.5 Støping av plate og platekant

Bjelkene er dimensjonert for å tåle vekt av bruplate med kantdrager uten understøttelse. Det er viktig å sikre jevn belastning på alle bjelkene under støping av bruplaten, slik at bjelkene får tilnærmet like deformasjoner. Platen støpes derfor i full bredde, slik at eventuelle støpeopphold ikke påvirker bjelkepåkjenningen. Dersom det er ønskelig å sikre seg fullstendig mot eventuelle ujevne lastforhold i støpefasen, gis bjelkene en midlertidig understøttelse.

6 Brulager

6.1 Generelle krav

For brubredder mindre enn 15 m brukes det ikke mer enn to vertikallagre i hver ende. Dette krever en plasstøpt tverrbjelke i hver ende, se pkt. 5.4.

For valg av lagertype og dimensjoneringskrav henvises det til håndbok N400 Bruprosjektering \22\ pkt. 3.3, 3.4 og 12.4.

Det velges egnet opplagring og lagertyper, samt tilhørende underbygning, i det enkelte prosjekt.

6.2 Oppleggslaster

Vertikale laster fra egenvekter og trafikklaster kan finnes i pkt. 1.3.1, 3.1 og 4.4.

Oppleggslaster finnes også i tabellene 3.5.3 og 3.5.4.

Eksempel på spesifikasjon og valg av lagertype er vist på eksempeltegninger i vedlegg.

7 Landkar, vingemurer og overgangsplater

7.1 Utforming

Grunnleggende krav til utforming er gitt i håndbok N400 Bruprosjektering \22\ med tilhørende henvisninger. Utforming tilpasses hvert enkelt prosjekt med hensyn til brustørrelse, terreng, grunnforhold mm.

7.2 Dimensjonering

Dimensjonering av landkar gjøres for hvert enkelt prosjekt.

7.3 Henvisninger

Eksempel på arbeidstegninger er vist i vedlegg. Eksempel på arbeidstegninger av overgangs-plater med lengde 3 m og 4 m, og tilhørende oppleggshylle med forbindelsesdetalj, er vist på vegvesen.no: www.vegvesen.no/fag/teknologi/bruer/bruprosjektering/brudetaljer

Eksempel på arbeidstegninger av prefabrikkerte overgangsplater med lengde 3 m og 4 m, og tilhørende oppleggshylle med forbindelsesdetalj, er vist på vegvesen.no: www.vegvesen.no/fag/teknologi/bruer/bruprosjektering/prefabrikkerte-kulvertelementer

8 Eksempel på bruk av anvisningene

8.1 Generelt

Det lages en bru med spennvidde 40 m og med føringsbredde 7,5 m.

Med grunnlag i figur 3.2.1 velges bjelkehøyder $H = 1400$ mm.

Tabell 1.3.2 angir 8 stk NTB 800 x 1400 og 2 stk KTB 570 x 1400, som til sammen gir total brubredde 8580 mm.

8.2 Bjelker

Detaljtverrsnitt med armering for NTB 800-400 x 1400 er vist på figur 3.3.2a og for KTB 570-400 x 1400 er det vist på figur 3.3.2b.

Oppleggsdetaljer er vist i figur 1.3.3 og gir total bjelkelengde $L = 40,6$ m.

8.2.1 Tverrsnitt

Detaljtverrsnitt med armering for NTB 800-400 x 1400 er vist på figur 3.3.2a og for KTB 570-400 x 1400 er det vist på figur 3.3.2b.

8.2.2 Armering

NTB 800-400x1400:	Antall spenntau i bunn er 30 $\varnothing 15,3$ mm med spennkraft 20 t/tau (figur 3.2.1). Plassering (oppfyllingsmønster) er vist i figur 3.3.3a. Bøylearmering er vist i figur 3.3.4a.
KTB 570-400x1400:	Antall spenntau i bunn er 34 $\varnothing 15,3$ mm med spennkraft 20 t/tau (figur 3.2.1). Plassering (oppfyllingsmønster) er vist i figur 3.3.3b. Bøylearmering er vist i figur 3.3.4b.

8.2.3 Løftepunkt

Plassering av løftepunkt er $0,15L_s = 0,15 \times 40 \text{ m} = 6,0$ m fra bjelkeende.

Bjelkevekt NTB 1400 er $1.171 \text{ t pr. m} \times 40,6 \text{ m} = 47,5 \text{ t}$ (tabell 4.4a).

Bjelkevekt KTB 1400 er $1.232 \text{ t pr. m} \times 40,6 \text{ m} = 50,0 \text{ t}$ (tabell 4.4a).

Velger løfting for begge bjelketyper med $\varnothing 48$ mm ståltau med $l_{bd} = 1094$ mm (tabell 4.4d).

For øvrig henvises det til hele pkt. 4 vedrørende lagring, transport og montasje. Dette innarbeides i leverandørens prosedyrer.

8.2.4 Arbeidstegninger NTB og KTB

Med bakgrunn i pkt. 8.2.1–8.2.3 og med generell informasjon i pkt. 1-5, lages det arbeidstegninger for bjelkene. Arbeidstegningene utarbeides av produsent for hvert enkelt prosjekt og sendes til teknisk godkjenning iht. håndbok N400 Bruprosjektering.

Arbeidstegninger med tilhørende tilvirkningsprosess lages etter mal som kontrolleres og godkjennes av «Kontrollrådet for Betongprodukter» (KR) som er teknisk kontrollorgan for «Direktoratet for byggkvalitet» (DiBK).

Vedlegg viser eksempel på arbeidstegning (produksjonstegning) utarbeidet for dette prosjektet.

8.3 Plate og platekant

8.3.1 Geometri og armering

Geometri og armering for plate og platekant utføres som angitt i figur 5.3a eller 5.3b.

8.4 Tverrbjelke

Geometri og armering for tverrbjelke prosjekteres for hvert enkelt prosjekt, se generell informasjon i pkt.5.2.3, 5.4 og tegningseksempel.

8.5 Brulager

Brulager prosjekteres for hvert enkelt prosjekt, se generell informasjon i pkt.6 og tegningseksempel.

8.6 Landkar, vingemurer og overgangsplater

Landkar, vingemurer og overgangsplater prosjekteres for hvert enkelt prosjekt. Overgangsplatene kan dimensjoneres iht. brudetaljer, se generell informasjon i pkt.7.

8.7 Brutegninger

Med bakgrunn i pkt. 8.1 – 8.6 og med generell informasjon i pkt. 1–7, lages det arbeidstegninger for bru-prosjektet.

Tegningene lages etter Statens vegvesens gjeldende regelverk (K-tegninger iht. N400) og sendes til teknisk godkjenning iht. håndbok N400 Bru-prosjektering.

Eksempeltegninger (K-tegninger) for overbygning er vist i vedlegg. Det utarbeides i tillegg fundamenteringstegning, belegningstegning, rekkverkstegning, IDV-plan m.m. iht. håndbok N400 Bru-prosjektering og dette er ikke vist på eksempeltegninger.



www.vegvesen.no/Fag/Publikasjoner/Handboker

ISBN 978-82-7207-743-2

Trygt fram sammen