

AVDELNING II.

JÄRNVÄGSBROAR

*På uppdrag av Kungl. Järnvägsstyrelsen
utarbetad av*

STEN REINI

Byråingenjör vid Kungl. Järnvägsstyrelsen

INNEHÅLL

I. Inledning.

A. Benämningar och indelningsgrunder	II: 5
B. Belastningar	II: 7

II. Underbyggnad.

A. Ändamål och konstruktion	II: 7
B. Grundläggning	II: 8
1. Grundläggning på berg	II: 8
2. Grundläggning på s. k. fast botten	II: 8
3. Grundläggning på utbredda plattor	II: 9
4. Grundläggning på pålar	II: 9
5. Grundläggning på rustbädd	II: 10
6. Spåntväggar	II: 10
7. Fångdammar	II: 10
8. Några speciella grundläggningsmetoder	II: 11
C. Murnings- och betongarbeten	II: 11
D. Mellanstöd av stål	II: 12

III. Överbyggnad.

A. Materialval	II: 12
B. Broar med stålöverbyggnad	II: 13
1. Farbana	II: 13
2 a. Balkbroar	II: 14
2 b. Bågbroar	II: 14
2 c. Rambroar	II: 14
3. Upplagsanordningar	II: 14
4 a. Nitningsarbeten	II: 15
4 b. Svetsningsarbeten	II: 15
4 c. Monteringsarbeten	II: 16
5. Rörliga broar	II: 18
C. Broar med överbyggnad av armerad betong	II: 19
1. Trummor och kulvertar	II: 19
2. Betongdäck	II: 19
3. Rambroar	II: 20
4. Valvbroar	II: 21
5. Bågbroar	II: 21
6. Betongbroars uppförande	II: 21
D. Broar med överbyggnad av natursten	II: 22
1. Trummor och kulvertar	II: 22
2. Valvbroar	II: 23

IV. Ställningar och provisoriska broar

V. Tillsyn och underhåll.

Planscher

I. Inledning.

A. Benämningar och indelningsgrunder.

Med bro i ordets mest vidsträckta betydelse menas ett byggnadsverk, avsett att föra en trafikled *över* ett hinder, som kan utgöras av vattendrag, dalgång, annan trafikled eller dylikt. Följande huvudbeståndsdelar kunna särskiljas hos en bro.

1. Underbyggnad.
2. Överbyggnad.

Underbyggnaden har till uppgift att uppbära överbyggnaden och överföra från denna kommande krafter till den naturliga undergrunden. Underbyggnaden utgöres av landfästen och pelare, vilka även kallas stöd.

De delar av överbyggnaden, som förmedla krafterns överförande från överbyggnad till underbyggnad, benämns upplag. Upplag kunna vara fasta eller rörliga.

Överbyggnaden har till uppgift att överföra på denna verkande yttre belastningar (trafiklast m. m.) till upplagen, varifrån de genom underbyggnaden föras ned till undergrunden.

Brodel mellan två på varandra följande stöd benämnes spann. Har bro två landfästen och inga mellanstöd, är det en bro i ett spann. Finnes ett mellanstöd, har bron två spann o. s. v.

Horisontala avståndet, mätt parallellt med bronns mittlinje, från mitt till mitt mellan upplag, avsedda för uppbärande av ett och samma brospann och belägna på ömse sidor om detta, kallas teoretisk spännvidd. Med fri spännvidd förstås det horisontala fria avståndet, mätt parallellt med bronns mittlinje, mellan framkanterna av upplagspallarna av de stöd, som begränsa spannet.

Man skiljer mellan rak bro och sned bro beroende på, om överbyggnaden har rätvinklig eller snedvinklig plananordning.

Följande delar förekomma vid broöverbyggnader av stål. Benämningarna åskådliggöras å figur 8.

1. Huvudbalkar
2. Tvärbalkar
3. Långbalkar
4. Farbana
5. Vindförband
6. Stötförband
7. Bromsförband

I stället för huvudbalk, tvärbalk etc. användes även benämningen huvudregel, tvärregel o. s. v.

Ett flertal benämningar på broar förekomma, t. ex. järnvägsbro, landsvägsbro, stålbro, betongbro, svängbro o. s. v. För en och samma bro kunna flera uttryck användas beroende på vilken indelningsgrund man väljer. Vanligast förekommande indelningsgrunder och benämningar framgå av det följande.

Trafikledens art som indelningsgrund ger nedanstående benämningar.

1. Järnvägsbro, när järnvägslinje medelst bro föres över ett hinder.
2. Väg- eller gatubro, när väg respektive gata medelst bro föres över ett hinder.
3. Gångbro, när gångväg medelst bro föres över ett hinder.
4. Kanalbro eller akvedukt, när kanal medelst bro föres över ett hinder.

Av ovanstående framgår att den sammanfattande benämningen för alla broar, å vilka järnvägstrafik framgår, är järnvägsbro. Då det emellertid stundom kan vara av intresse att i benämningen framhålla, att järnvägsbro överbroar väg eller gata och ej vattendrag, har man infört benämningarna vägport och gatuport. Härmed förstås järnvägsbro, som överbroar väg respektive gata (fig. 1).

En bro, som endast framgår över land, kallas ofta viadukt.

En liten bro avsedd som genomlopp för mindre vattendrag benämnes trumma (fig. 2). Sådan bro kallas även kulvert (fig. 3), om den är utförd av sten eller betong och har välvd tvärsektion. Man skiljer mellan täckta och öppna trummor. En täckt trumma utföres med tät farbana, på vilken ballasten framföres obruten. Ballast saknas däremot vid öppna trummor.

Byggnadsmaterialet som indelningsgrund ger följande benämningar.

1. Stålbros, när överbyggnadens bärande huvudkonstruktion utgöres av stål.
2. Betongbro, när överbyggnadens bärande huvudkonstruktion utgöres av betong eller armerad betong.
3. Stenbro, när överbyggnadens bärande huvudkonstruktion utgöres av sten.
4. Träbro, när överbyggnadens bärande huvudkonstruktion utgöres av trä.

Huvudkonstruktionens statiska verkningsätt som indelningsgrund kan ge följande benämningar med avseende på huvudkonstruktionens uppläggning på stöden.

1. Balkbro, när yttre, vertikala krafter på överbyggnaden endast orsaka vertikala uppslagskrafter på underbyggnaden. Överbyggnadens huvudkonstruktion kan utgöras av en platta (fig. 48), plåtbalkar (fig. 4), helvalsade balkar (fig. 32), fackverksbalkar (fig. 34), båge med momentstyvt dragband (fig. 35) o. s. v.
2. Båg- och valvbro, när överbyggnadens bärande huvudkonstruktion har formen av en stående båge och på underbyggnaden orsakar snett riktade krafter, även då överbyggnaden endast åverkas av vertikala, yttre krafter. Bågbroars bärande huvudkonstruktion kan utgöras av t. ex. massiva stålågar, stålågar av fackverkskonstruktion (fig. 36), betongågar (fig. 5). Valvbroars bärande huvudkonstruktion kan bestå av stenvalv (fig. 6) eller betongvalv (fig. 50).
3. Rambro, när överbyggnadens bärande huvudkonstruktion utgöres av ramar, t. ex. stålram (fig. 7), betongram (fig. 49). Ramar hava i statiskt avseende samma karaktär som ågar, men utformas ej med mjuka böjningar utan med tvära brytningar.
4. Hångbro, när överbyggnaden är upphängd i fast förankrade kablar, kedjor eller linor.

Överbyggnadens rörlighet i förhållande till underbyggnaden kan väljas som indelningsgrund, varvid följande benämningar förekomma.

1. Fast bro, när överbyggnaden är fast i förhållande till underbyggnaden.
2. Rörlig bro, när överbyggnaden är rörlig i förhållande till underbyggnaden (fig. 37, 38, 39).

De allra flesta broar äro att hänföra till typen fasta broar. Rörliga broar anordnas bl. a., när en broförbindelse skall anläggas över en sjötrafikled, t. ex. kanal, och höjden mellan vattenytan och bronns undersida ej tillåter, att sjötrafiken passerar under bron. Genom att göra bronns överbyggnad rörlig i förhållande till underbyggnaden, så att den förstnämnda kan svängas, lyftas eller rullas från sitt läge, kan tillräckligt utrymme beredas för kanaltrafiken.

Varaktigheten kan även väljas som indelningsgrund, varvid nedanstående benämningar användas.

1. Permanent bro, när varaktigheten avses omfatta längre tidrymd.
2. Provisorisk bro, när varaktigheten avses omfatta kortare tidrymd. Vanligen avses härmed bro för tillfälligt bruk, exempelvis avsedd att användas under ombyggnad av permanent bro.

Till provisoriska broar kunna s. k. krigsbroar räknas. Dessa äro avsedda att byggas och användas under krigsförhållanden eller katastroftillfällen samt kunna monteras på kort tid.

Med tanke på *tillsyn och underhåll* indelas alla broar vid statens järnvägar i nedanstående två grupper.

1. Stora broar
2. Små broar

Förklaringar till benämningarna stora och små broar angivas i str. 239, del B, Broar.

B. Belastningar.

De belastningar, som en broöverbyggnad för järnvägstrafik skall kunna uppbära, äro följande.

1. Belastning på grund av bronns egen vikt.
2. Belastning från rullande materiel (tåglast) och eventuellt från gångtrafik.
3. Belastning förorsakad av vindtryck på bron och den rullande materielen.

Härtill kommer även för vissa brosystem (statiskt obestämda system) inverkan på grund av dels byggnadsmaterialets krympning (betong) dels ojämn temperatur i olika delar av konstruktionen ävensom krafter förorsakade av sättning hos stöden, därest denna är ojämn.

För underbyggnaden tillkommer dessutom även krafter på grund av bl. a. jordtryck, överbelastning bakom landfästen, istryck och vattentryck.

För de allra flesta broar inverkar tåglasten mest av nämnda belastningar. Föreskrifter angående tåglast finnas angivna i 1938 års järnbestämmelser (Statens off. utredningar 1938: 37). För normalspåriga järnvägslinjer förekomma i nämnda bestämmelser två belastningssystem, typ A och typ B, med 20 tons respektive 18 tons axeltryck. Dessa båda tåglastsystem bestå av två efter varandra gående lok med därefter kopplade vagnar. Det är att märka, att dessa tåglastsystem bestå av tänkta lok och vagnar. I verkligheten finnas inga lok med just de axeltryck och de axelavstånd, som angivas i bestämmelserna.

Utvecklingen har hittills visat, att tyngd och axeltryck hos den rullande materielen fortgående stegras i sådan grad, att de i järnbestämmelserna angivna tåglastsystemen icke längre äro tillräckliga. Järnvägsstyrelsen har därför utarbetat förslag till nya tåglastsystem, som äro avsedda att ersätta de ovan omnämnda, i 1938 års järnbestämmelser angivna tåglastsystemen.

II. Underbyggnad.

A. Ändamål och konstruktion.

Som tidigare nämnts är underbyggnadens huvudsakliga uppgift att överföra krafter från överbyggnaden till den naturliga undergrunden. Underbyggnaden utgöres av två landfästen samt vid broar med två eller flera spann dessutom av ett eller flera mellanstöd. Landfästena förmedla övergången mellan brobanan och den anslutande trafikleden och måste därför utföras på sådant sätt, att dylik anslutning bekvämt erhålles, samtidigt som de skola äga förmåga att upptaga trycket från bakomliggande jordmassor.

Pelare i vattendrag, där isgång eller flottning förekommer, måste utformas så, att de kunna motstå istryck och pressning från timmerbrötar. Pelarnas form ävensom deras placering i vattendraget måste vidare vara sådan, att de icke förorsaka onödigt stor uppdämning av vattenytan ovanför bron.

Landfästen och pelare i rinnande vatten böra utföras på sådant sätt, att möjlighet till underskärning är utesluten.

Underbyggnader skola uppföras från frostfritt djup under den naturliga markytan respektive lägsta vattenytan. Härigenom hindras uppkomsten av krafter på underbyggnaden till följd av grundens uppfrysning. Det frostfria djupet varierar i olika delar av landet mellan 1 och 2 meter. Vid grundläggning på berg och eventuellt vid annan frostbeständig byggnadsgrund kan dock grundläggningsdjupet få understiga det för orten gällande måttet på frostfritt djup.

Landfästen och pelare utföras i allmänhet av armerad betong eller natursten. Mellanstöd utföras dock stundom av stålkonstruktioner på betongunderlag.

B. Grundläggning.

De vanligast förekommande grundläggningssätten äro följande.

1. Grundläggning på berg
2. » » s. k. »fast botten»
3. » » utbredda plattor
4. » » pålar
5. » » rustbädd.

Vilket av de angivna grundläggningssätten, som skall komma till utförande, är beroende på de lokala förhållandena på platsen, djupet till berg, fast botten, förekomst av lerkörtlar o. s. v. Innan grundläggningssättet bestämmes, bör alltid en noggrann geoteknisk undersökning av markens beskaffenhet utföras. Med ledning av sådan undersökning bestämmes sedan grundläggningsmetoden. Ofta kunna olika tillvägagångssätt övervägas, och ej sällan måste olika förslag utarbetas, vilka var för sig kostnadsberäknas. Det billigaste av tekniskt jämförbara grundläggningssätt väljes.

Några allmänna synpunkter på grundläggningars utförande skola lämnas här nedan.

1. Grundläggning på berg.

Grundläggning på berg bör eftersträvas, så snart sådan grund finnes på rimligt djup under markytan. Berggrund utgör nämligen det bästa underlaget för en bro, och såväl betonggjutning som murning av stenmurverk kunna utföras på enkelt sätt. Större tryckfördelande plattor erfordras icke (fig. 9).

Vid grundläggning på berg skall tillses, att berget är friskt och utan sprickor, som kunna äventyra bronns bestånd. Är berget vittrat eller sprickfyllt i ytan, måste sprängning verkställas till sådant djup, att fullgott berg erhålles. Berg i lutning pallspränges, så att stöden få gott fäste i berget. Innan betonggjutning påbörjas, skall grunden vara väl rengjord och helt befriad från lösa partiklar.

2. Grundläggning på s. k. fast botten.

Förefinnas tillräckligt mäktiga jordlager med tillfredsställande bärighet för ifrågavarande belastning, »fast botten», kan underbyggnaden uppföras på dessa jordlager. Som fast botten betraktas pinnmo, grovt grus och likvärdiga material.

Vid grundläggning på fast botten (fig. 10) är nödvändigt, att grundplattan utföres med så stor yta, att den för jordlagret i fråga tillåtna påkänningen icke kommer att överskridas ens vid ogynnsammaste belastningsförhållanden. Om grundplattan är murad av sten, brukar dess utbredning göras i trappform. Grundplattor av armerad betong utföras däremot endast i undantagsfall i trappform.

3. Grundläggning på utbredda plattor.

Jordlager, som ej äro att hänföra till fast botten, kunna i vissa fall utan särskild grundförstärkning utnyttjas, varvid grundläggning på utbredda plattor tillgripes. Denna form av grundläggning utföres uteslutande med plattor av armerad betong och avviker från grundläggning på fast botten endast därigenom, att plattan gives större yta.

Stundom erfordras så stora bottenplattor, att det är lämpligt att gjuta en enda platta, som är gemensam för två eller flera stöd.

4. Grundläggning på pålar.

Om den fasta grunden är täckt av ett jämförelsevis mäktigt skikt av lösare jordlager, som icke lämpligen kan avlägsnas, tillgripes ofta grundläggning på pålar (fig. 11).

Med utgångspunkt från bärigheten av det jordlager, till vilket pålarna neddrives, skiljer man mellan stödpålar och friktionspålar. Med stödpålar avses därvid pålar, som äro nedslagna till fast botten. Största delen av pållasten anses här överföras från pålen till fasta botten genom pålspetsen. Friktionspålar nå ej ned till fast botten, utan pålkraften överföres genom friktionen mellan pålens sidoytor och de omgivande jordlagren.

Väljes pålarnas material som indelningsgrund, kunna pålar indelas i träpålar och armerade betongpålar. I vissa undantagsfall kunna även pålar av stål komma till användning.

I syfte att förhindra förruttelse skola träpålar normalt till hela sin längd stå under lägsta vattenytan. Träpålar böra vara utförda av friskt, rakt och helst vinterhugget furu- eller granvirke, fritt från skadliga kvistar och neddrivas obarkade, såvida de icke någon längre tid efter huggningen måste läggas i upplag, då avskalning av barken är nödvändig för att hindra uppkomsten av blåved och röta. Om så är möjligt, böra träpålar förvaras i vatten. Träpåles övre del, som ingjutes i betong, skall alltid barkas på den del, som kommer att omgivas av betong.

Träpåle, som är avsedd att neddrivas till berg eller kommer att genomtränga jordlager, som äro uppblandade med större stenar, skall förses med särskild pålsko av stål i syfte att förhindra spjälkning av pålspetsen (fig. 12). Träpåle neddrives med toppänden nedåt och bör vid rotänden vara försedd med sprickring av stål.

Efter slagningen böra pålarna kapas så, att de vid slagningen skadade övre delarna avlägsnas och friska pålskallar erhållas. Vid bestämning av påles totallängd bör således tillägg göras för dylik kapmån (cirka 0,5 m).

Längre träpålar än 16—18 meter kunna sällan erhållas oskarvade, varför skarvning måste tillgripas, om ännu längre pålar erfordras. Fig. 13 visar några olika sätt för skarvning av träpålar.

Betongpålar användas med fördel på sådana platser, där lägsta grundvattenytan ligger djupt under den naturliga markytan, och där användning av träpålar följaktligen skulle medföra, att stöden måste uppföras från ett oekonomiskt stort djup.

Betongpålar gjutas i form i liggande ställning och nedslås fullt färdiga. Tvärsektionen är vanligen kvadratisk, förr ofta med avfasade hörn. Dimensionerna ligga mellan 200×200 och 300×300 mm. Armeringen utgöres av fyra längsgående rundstänger, hophållna av byglar. Betongpåle förses med pålsko av stål. Fig. 14 utgör ett exempel på armerad betongpåle.

Pålar neddrivas vanligen med tillhjälp av pålkran, som i allmänhet drives med maskinkraft. Vid utförande av pålning i vatten placeras pålkranen ofta på pontoner. Är vattendraget belagt med bärkraftig is, kan denna användas som underlag för pålkranen. Då påle skall nedslås under det plan, varpå pålkranen står, användes s. k. pålknekt, bestående av en stock med skarvhylsa, som trådes över pålskallen.

Det är av betydelse, att hejarens vikt och fallhöjden avpassas lämpligt i förhållande till

pålens vikt och jordlagrens beskaffenhet. Som en enkel regel för approximativ bedömning av hejarvikten kan nämnas, att denna bör vara ungefär dubbelt så stor som pålens vikt. För träpåle bör dock hejarvikten vara minst 1 ton och för betongpåle minst 2 ton. Man bör tillse, att hejarens fallhöjd ej göres större än erforderligt. Vid nedslagning av träpåle bör fallhöjden ej överstiga 3 m. Fallhöjden vid nedslagning av betongpåle bör högst uppgå till 2,5 m.

Vid pålning till fast botten bör försiktighet iakttagas, när pålspetsen närmar sig den fasta botten, så att pålspetsen icke krossas. Det bör särskilt uppmärksammas, att pålen icke får studsas upp från den fasta botten vid sista slaget. Slagserien bör normalt avslutas med cirka 5—10 slag med reducerad fallhöjd.

Vid nedslagning av pålar skall noggrant protokoll föras för varje påle. I protokollet antecknas pålens nummer, diameter, längd, hejarens vikt, knektens vikt om sådan användes, hejarens fallhöjd och sjunkningen för 10 eller 20 på varandra följande slag.

Det säkraste sättet att bedöma en påles bärighet är att provbelasta en nedslagen påle. Sådan provbelastning utföres lämpligen medelst härför särskilt konstruerade domkrafter. Finnes sådan domkraft ej tillgänglig, kan provlasten erhållas med räler, cement, tegel eller dylikt.

5. Grundläggning på rustbädd.

Ett av äldre brukligt sätt för åstadkommandet av tryckfördelning på en större yta, än grundmuren upptager, består av utläggandet av rustbädd av plank, bjälkar eller rundtimmer direkt på de jordlager, som skola uppbära grundmuren, varefter murning verkställes på rustbädden. Detta sätt kan emellertid endast användas, då rustbädden ständigt kommer att ligga under vatten.

Viktigare murverk, som skola upptaga stora tillfälliga belastningar, och för vilka det är av vikt att undvika sättningar, böra icke uppföras på rustbädd. Sådana murverk däremot, som i huvudsak endast hava sin egen vikt att uppbära, och för vilka sättningar inom rimliga gränser äro av oväsentlig betydelse, kunna i vissa fall utan olägenhet grundläggas på rustbädd.

6. Spåntväggar.

Vid grundläggningsarbeten inträffar ofta, att schaktbotten ligger lägre än angränsande vattenyta. Olika metoder för att undvika schaktning i vatten finnas. Den vanligaste är, att platsen för grundgrävningen omslutes med täta spåntväggar (fig. 15), som bildas genom nedslagning av trä- eller stålspånt, vilken invändigt förses med erforderliga försträvningar, varefter rummet innanför spåntväggarna läns pumpas. Schaktningen kan därefter utföras i den torrlagda schaktgropen. Tråspånt utgöres av spåntade plankor vanligen med 50, 75 eller 100 mm tjocklek.

I nedre änden formas spåntplankorna vanligtvis till en egg av lämplig form, för att de vid nedslagningen lättare skola tränga ned genom jordlagren och samtidigt pressas mot varandra.

Ett flertal olika stålspåntprofiler förekomma. De vanligaste äro avbildade i »Allmän materiallära».

Nedslagning av spånt utföres med handhejare, spånthammare och pålkran.

Spånten har även en annan uppgift än att utestänga vatten vid byggande av stöd, nämligen att efter stödets färdigställande skydda detta mot underspolning av rinnande vatten.

7. Fångdammar.

En annan metod att åstadkomma vattentät omslutning av grundläggningsplatsen är att bygga fångdammar. Dessa kunna vara enkla eller dubbla. Enkla fångdammar lämpa sig endast för mindre vattendjup. Två exempel på enkla fångdammar visas i fig. 16.

En dubbel fångdamm består av dubbla väggar, anbragta på visst avstånd från varandra och med rummet mellan väggarna utfyllt med lera eller annat tätande fyllnadsmaterial. Två exempel på dubbla fångdammar visas å fig. 17 och 18.

För pumpning av vatten ur grundschakt och för länshållning i desamma användas pumpar av olika slag. Vid obetydlig vattentillförsel äro handdrivna diafragmapumpar de vanligast förekommande. Är vattentillförseln större, måste maskinkraft anlitas för pumparnas drivande.

8. Några speciella grundläggningsmetoder.

Följande metoder förekomma mindre allmänt, men måste stundom tillgripas vid svårare grundläggningsförhållanden.

Grundläggning inom *nedsänkt kasun* användes vid byggande i vatten, då botten saknar lösare jordlager av större mäktighet, och vattendjupet är betydande (fig. 19). Kasunen tillverkas på land av trä, stål eller armerad betong och bogseras till önskad plats, där den sänkes ned på den i förväg avjämnade botten. Stödets nedre del gjutes i vatten med kasunen som gjutform. Sedan denna gjutning erhållit erforderlig hållfasthet, kan kasunen läns pumpas, och den fortsatta gjutningen äger rum i torrhet.

Om kasunen tillverkas av stål, göres lämpligen övre delen löstagbar för att kunna användas på nytt, under det att den undre delen kvarstår omkring betongplattan.

Uppförande av stöd kan även utföras i torrhet inom en *flytande kasun*, som sjunker av sig själv, allt eftersom uppförandet av stödet fortskrider (fig. 20). I detta fall avplanas byggnadsgrunden genom gjutning i vatten av ett betongskikt med horisontal yta, på vilket kasunen efter nedsänkningen kommer att vila.

Är fasta grunden täckt av mäktiga, lösare jordlager kan grundläggningen utföras med tillhjälp av *sänkbrunnar*. Dessa byggas på platsen av trä, stål eller armerad betong. Jorden urschaktas med gripskopor, varvid sänkbrunnen av sin egen vikt, eventuellt förstärkt med yttre pålagd belastning, sjunker nedåt tills fast botten nås. Sänkbrunnen fylles till sist med betong.

C. Murnings- och betongarbeten.

När grundläggningsarbetena avslutats, kan arbetet med uppförandet av den egentliga underbyggnaden, landfästen och pelare, påbörjas. De flesta äldre broar äro utförda med underbyggnad av naturlig sten, företrädesvis granit, under det att moderna broar i allmänhet utföras med underbyggnad av armerad betong.

Under förutsättning att murverk av sten utföras fackmässigt och noggrant, kan med detta byggnadsmaterial erhållas en god underbyggnad med lång livslängd. Dåligt utförda murverk däremot kunna äventyra brons bestånd och kräva dessutom betydande underhållskostnader.

Granitmurverk utföres i allmänhet i cementbruk och fogstrykes även med dylikt bruk. Murverket förses med bindare i erforderligt antal. De olika skiften muras i goda förband, så att stötfogarna, skift efter skift, komma att ligga tillräckligt förskjutna i förhållande till varandra. Liggfogarnas huvudriktning bör vara vågrät, och stötfogarna få ej alltför mycket avvika från den lodräta riktningen. Om murningen skall försiggå vid frost, måste betryggande åtgärder vidtagas till förhindrande av brukets frysning. Vattnet och sanden uppvärmas, varjämte vid stark kyla särskilt värmehus uppföres omkring murverket.

Bland de naturliga stenarter, som ifrågakomma vid murning av landfästen och pelare, är graniten den vanligaste. Murskiftens höjd är i allmänhet 0,5 à 0,6 m. Natursten, som användes för murning av landfästen och pelare, bör i allmänhet icke utsättas för noggrannare

bearbetning ens på de synliga ytorna, enär detta medför rätt betydande ökade kostnader utan motsvarande nytta och utan att i nämnvärd grad förbättra utseendet på murytorna.

Exempel på stöd utförda av stenmurverk visas å fig. 9 och 21.

Som tidigare nämnts utföras underbyggnader numera så gott som uteslutande av armerad betong. Tidigare, när betongtekniken var relativt ny och mindre beprövad, hyste man vissa betänkligheter mot användande av armerad betong i landfästen och mellanpelare. Med den högklassiga betong och den stränga kontroll, som numera förekommer, finnes emellertid ingen anledning att ifrågasätta betongunderbyggnaders goda bestånd, utan livslängden torde kunna bli densamma som för väl utförda stenmurverk. I de allra flesta fall blir anläggningskostnaden för en underbyggnad av armerad betong lägre än för ett utförande av stenmurverk. Dessutom äger betongen i vissa fall avgjort företräde framför stenmurverk, t. ex. om grundförhållandena göra det önskvärt, att underbyggnaden utföres med minsta möjliga vikt.

Betongstöd i strömmande vatten försågos förr med ytbeklädnad av sten i syfte att erhålla en mer motståndskraftig konstruktion. Erfarenheten har emellertid visat, att betong med stor cementhalt äger fullt tillfredsställande motståndskraft även vid sådana konstruktioner. Därför har man numera frångått stenbeklädnad, och använder sådan endast i undantagsfall och då ur utseendesynpunkt.

Exempel på stöd utförda av armerad betong visas å fig. 10 och 22. Beträffande detaljer i fråga om betongarbetens utförande hänvisas till »Allmän materiallära» och betongbestämmelserna (Statens off. utredn. 1934: 17 och 1942: 44).

D. Mellanstöd av stål.

Vid broar med stålöverbyggnad förekommer i vissa fall, att mellanstöd utföras av stål. Delarna under och närmast över vattenytan eller markytan byggas dock av betong eller stenmurverk. Detta utförande på mellanstöd förekommer, när grundförhållandena äro sådana, att stöden måste utföras så lätta som möjligt, eller då stöden måste givas minsta möjliga dimensioner för att icke inkräkta på det fria utrymmet under bron mer än som är alldeles nödvändigt, vilket kan vara av betydelse, t. ex. vid en bro över en starkt trafikerad gata. Vidare kan det vara ekonomiskt fördelaktigt att utbilda mellanstöden av stål, när dessa bli mycket höga.

Stålstöd kunna antingen vara *enkla* eller *dubbla*, se fig. 23. De sistnämnda upptaga förutom vertikala krafter även sådana krafter, som verka i brons längd- och tvärriktning, under det att enkla stålstöd endast upptaga vertikal belastning samt eventuellt även krafter, som verka i brons tvärriktning. Enkla stålstöd utföras ofta som ramkonstruktioner, se fig. 24.

III. Överbyggnad.

A. Materialval.

Permanent järnvägsbroars överbyggnader utföras numera endast av stål, armerad betong eller natursten. Ett flertal faktorer inverka vid val av byggnadsmaterial såsom anläggningskostnad, underhållskostnad, estetiska synpunkter, livslängd och grundförhållanden m. m. Innan ett broförslag fastställs, kan upprättandet av alternativa förslag med kostnadsberäkningar erfordras för klarläggande av vilket material som bör användas. Det finns emellertid

fall, där man redan från början utan ingående utredningar kan fastställa, vilket byggnads-material, som bör komma till användning.

Vid järnvägsbroar eftersträvas numera, att ballasten skall göras genomgående över bronshela längd från landfäste till landfäste. Härmed vinnes jämnare gång för tågen, enhetligt spårunderhåll samt möjligheter för framtida spårjusteringar. För att möjliggöra ballastens framdragande erfordras en tät farbana, vilken lämpligen utföres av armerad betong. Kravet på genomgående ballast kan därför medföra, att överbyggnaden utföres av betong, även om en broöverbyggnad av stål skulle bli billigare i anläggningskostnad. Moderna vägportar utföras i största möjliga utsträckning av betong, då tät farbana även medför betydande fördelar för vägtrafikanterna.

B. Broar med stålöverbyggnad.

1. Farbana.

Farbana anordnas vid järnvägsbroar i allmänhet enligt fig. 25 och 26. Brosliprarna utläggas i spårets tvärriktning direkt på huvudbalkarna eller på långbalkarna, om sådana finnas. Varje sliper fästes med två genomgående 22 mm bultar med muttern placerad vid sliperns översida. Under muttern anbringas fyrkantbricka med dimensionerna $70 \times 70 \times 6$. Tidigare fasthöllos sliprarna med hakbultar, vilket emellertid ej längre användes, då hakbultar genom skakningar och sliprarnas krympning lätt vridas om, så att de ej längre omfatta underliggande balkfläns och därefter äro värdelösa. Hakbultar på äldre broar utbytas därför i största utsträckning mot genomgående slipersbultar. Dimensioner å brosliprar finnas angivna i str. 239 del B. Broar, kap. IV.

Vid sådana broar, där spåret ligger i kurva, anordnas rälsförhöjning, i de flesta fall med tillhjälp av underläggsklotsar av ek, som nedfällas och fastbultas i sliprarna (fig. 26).

Vid broar med långbalkar kan rälsförhöjning åstadkommas genom att ytterlångbalkarna förläggas högre än de inre. Motsvarande effekt kan även erhållas genom olika höjd på uppslagsanordningarna. De båda sistnämnda metoderna för erhållande av erforderlig rälsförhöjning äro emellertid mindre lämpliga och användas numera ej vid nybyggnad av broar. Olägenheter kunna nämligen uppstå vid framtida ändring av rälsförhöjningen i samband med ökad tåghastighet eller ändring av kurvradien.

Som skydd vid tågurspårning anordnas skyddsräler vid alla broar med spännvidder lika med eller större än 10 m. Skyddsrälerna anordnas i princip enligt fig. 27.

I syfte att underlätta passerandet till fots över järnvägsbroar, förses dessa i allt större utsträckning med gångbanor jämte handräcken. Särtryck 239, del B, kap. V anger i vilken omfattning gångbanor böra anordnas.

Förr byggdes sidogångbanor ofta av 2" plank på långa sliprar enligt standardritning märkt Litt B nr Tbl 17 (fig. 28). Nämnda standardritning är numera föråldrad och tillämpas endast undantagsvis. Man strävar nu efter att erhålla gångbanor, vilkas bärande delar äro helt fria från brosliprarna, i syfte att underlätta slipersbyte på broarna. Långa brosliprar äro dessutom ganska dyrbara i anskaffning. Några gångbaneanordningar med handräcken, som på senaste tiden kommit till utförande, visas å fig. 25, 26 och 32.

Gångbanor böra även utsträckas över landfästena, i synnerhet då dessa äro höga. Gamla stenlandfästen hava oftast otillräcklig bredd, för att gångbanor utan särskilda anordningar skola kunna framdragas å dessa. Fig. 29 visar två olika sätt för anordnande av gångbanor på smala landfästen.

2 a. Balkbroar.

Helvalsade stål balkar (DIP, DIMAX, DIMEL eller INP) användas ofta vid mindre spännvidder (ej överstigande cirka 10 m). Sådana broar utformas för varje spår med 2 eller 4 intill varandra liggande balkar beroende på tillgänglig konstruktionshöjd och spännvidd. Vid broar, som måste konstrueras med ringa konstruktionshöjd, användas 4 balkar. Om konstruktionshöjden är rikligare och spännvidden måttlig, användas med fördel endast 2 balkar. Fyra helvalsade balkar ingå i den å fig. 32 visade stål balkbron.

Å fig. 32 visad balkbro saknar fackverksutbildat vindförband, vilket vid de spännvidder, som här komma i fråga, med fördel kan ersättas med böjningsstyvt infästade tvärförband.

Svetsade eller nitade balkar användas vid stål balkbroar med spännvidder, för vilka tillräckligt bärkraftiga balkar ej förekomma i helvalsat utförande eller äro mindre vanligt förekommande. Vid spännvidder upp till cirka 15—20 m, där tillräcklig konstruktionshöjd förefinnes, utföras dessa överbyggnader vanligen av två huvudbalkar, på vilka brosliprarna placeras direkt. Fig. 33 visar en överbyggnad bestående av två svetsade huvudbalkar.

En svetsad balk erhålles genom hopsvetsning av en livplåt och två flänsplåtar. Vid viktigare konstruktioner utformas flänsplåtarna med livanvisning, s. k. näsprofil. Fig. 31 visar tvärsektion av en svetsad balk med flänsar av näsprofil.

Nitade balkar framställas av vinkelstänger och plåtar, som sammanhållas medelst nitar. Tvärsektion av en balk med nitat utförande visas å fig. 30.

Vid större spännvidder, eller när avståndet mellan brons undersida och räls underkant är litet i förhållande till spännvidden, utformas stål balkbroar med huvudbalkar samt mellan dessa anordnade lång- och tvärbalkar. Ett exempel på en sådan stålöverbyggnad visas å fig. 8.

Vid spännvidder överstigande 30 m bliva i allmänhet broar med svetsade plåtbalkar oekonomiska. Huvudbalkarna utformas då vanligen som fackverk. En typ av stålöverbyggnad med huvudbalkarna utförda som fackverk återfinnes å fig. 34.

Huvudbalkar kunna ofta med fördel utformas enligt system Langer (båge med momentstyvt dragband), när spännvidden är så stor, att fackverksbalkar bliva oekonomiska. Exempel på en bro, vars huvudbalkar utförts som langerbalkar, visas å fig. 35.

2 b. Bågbroar.

Vid mycket stora spännvidder, där balkbroar bliva oekonomiska, användas ofta bågbroar. Bågarna kunna utföras som svetsade eller nitade massivkonstruktioner eller som fackverk. Fig. 36 utgör ett exempel på en järnvägsbro, utformad med bågar som bärande huvudkonstruktion.

2 c. Rambroar.

I sådana fall, där minsta möjliga balkhöjd eftersträfvats, hava stålbroar på senaste tiden utförts som ramkonstruktioner. En stålöverbyggnad utformad som rambro visas å fig. 7.

3. Upplagsanordningar.

Överförandet av alla på överbyggnaden verkande krafter till underbyggnaden sker genom upplagsanordningarna. Dessa utformas på sådant sätt, att överbyggnadens längdförändring på grund av temperaturväxlingar och yttre belastningar ej förorsakar oberäknade spänningar i underbyggnad och grunder.

Man skiljer mellan fasta och rörliga upplag. De fasta överföra krafter av godtycklig riktning, under det att de rörliga vanligen endast överföra krafter, som verka vinkelrätt mot rörelseriktningen.

Balkbroar i ett spann utformas med fasta upplag i ena änden och rörliga upplag i den andra. Kontinuerliga balkbroar i flera spann förses med fasta upplag vid ett av stöden och rörliga upplag vid de övriga.

Rörliga upplag utformas vid små upplagskrafter som glidupplag. Vid större upplagskrafter utbildas rörliga upplag med rullar.

Fig. 40, 41 och 42 utvisa några vanliga typer av upplagsanordningar.

4 a. Nitningsarbeten.

Nitningsarbetet är vid nitade broar den viktigaste och mest krävande delen av tillverkningen och måste därför underkastas ständig tillsyn och noga övervakas, såväl vid verkstaden som å uppsättningsplatsen. Vid nitundersökning skall i första hand efterses, huruvida nitarna äro fullkomligt fasta. Detta avgöres genom att nithuvudet utsättes för lätta slag med en hammare samtidigt med att niten beröres med handen, varvid uppkomsten eller frånvaron av vibrationer kännetecknar lös eller fast nit.

Att nitarna fullständigt utfylla nithålen undersökes genom utslagning av några enstaka nitar.

Vidare skall efterses, att nithuvudena hava fastställd form och ligga väl an kring ytterkanterna och hava centriskt läge i förhållande till nitskaftet.

Lösa eller på annat sätt felaktiga nitar skola utslås eller urborras och ersättas med nya.

Det bästa nitningsarbetet åstadkommes med pneumatiska eller hydrauliska pressnitmaskiner samt med pneumatiska nithammare. Nitning för hand fordrar stor yrkesskicklighet och användes numera endast i undantagsfall, exempelvis på ställen, som äro oåtkomliga för maskinnitning.

Vid sådana svåråtkomliga ställen, kan man i stället för nitar insätta svarvade bultar, vilka skola passa så noga i de borrhålen, att de måste drivas in med lätta hammarslag.

4 b. Svetsningsarbeten.

Med »svetsning» avses här metallbågs svetsning.

Statens järnvägars första svetsade järnvägsbroar tillverkades i slutet av 1930-talet. I Sverige hade svetsning även tidigare kommit till användning men endast vid andra stålkonstruktioner än järnvägsbroar. I utlandet hade dock även järnvägsbroar på ett tidigt stadium utförts medelst svetsning. Resultatet hade dock ej alltid varit tillfredsställande, och man fann därför vid statens järnvägar tills vidare icke anledning att frångå det beprövade nitningsförfarandet.

Sedan svetsningsmetoder och tillsatsmaterial förbättrats, började emellertid även statens järnvägar att i växande omfattning använda svetsning vid järnvägsbroar. För närvarande utföras flertalet nya stålöverbyggnader för statens järnvägar svetsade, och det nitade utförandet förekommer således numera endast i speciella fall. Vissa detaljer såsom infästning av vindförband i huvudbalkar utföras dock av särskilda skäl nitade även vid för övrigt helsvetsade broöverbyggnader.

Några allmänna synpunkter på svetsade stålkonstruktioners tillverkning beröras här i korthet.

Hållbarheten hos svetsade konstruktioner är i långt högre grad än hos nitade beroende av yrkeskunnigt utförande samt fullgod utrustning hos vederbörande verkstad. Dessutom kräves för svetsning goda tillsatsmaterial (elektroder) samt ett härför lämpligt grundmaterial. Kontrollen av material och utförande bör därför vid svetsade konstruktioner vara noggrann och måste handhas av särskilt, även i avseende på svetsningars praktiska utförande, utbildade kontrollanter. Vid bristande kontroll kan genom ansvarslösa eller okunniga svetsare den färdiga konstruktionens bärförmåga och driftsäkerhet äventyras.

I syfte att utestänga oskolad arbetskraft från svetsningsarbeten på statens järnvägars broar stadgas i »Preliminära svetsbestämmelser för tillverkning av svetsade stålöverbyggnader till broar vid statens järnvägar», utarbetade av bantekniska byråns broavdelning, att samtliga svetsare, som äro avsedda att användas för svetsningsarbeten å statens järnvägars broar, skola hava genomgått godkänd svetsarprövning i enlighet med de i nämnda bestämmelser närmare angivna föreskrifterna.

Svetsning får i regel ej verkställas vid lägre temperatur hos den omgivande luften än $+ 5^{\circ}\text{C}$. I undantagsfall och särskilt vid konstruktioner av sekundär betydelse må dock, om beställaren lämnar sitt medgivande härtill, svetsning ske vid lufttemperatur understigande $+ 5^{\circ}\text{C}$. I sådana undantagsfall, vilka kunna förekomma vid svetsning på montageplatsen, skola särskilda anordningar vidtagas, exempelvis anordnande av svetshus. Svetsning vid temperatur hos den yttre luften understigande $- 5^{\circ}\text{C}$, får dock under inga omständigheter äga rum.

Arbetsplatsen bör alltid vara skyddad mot regn, enär elektroder och arbetsstycken skola vara torra vid svetsningen.

Delar, som skola sammanfogas medelst svetsning, skola omsorgsfullt förarbetas härför. Smuts, rost, valsslagg, färg och slag från skärbrännare skola noggrant avlägsnas på de delar, som direkt beröras av svetsningen. Vid kälsvetsar (fig. 54) skola delarna sammansvetsas med minsta möjliga spelrum. Vid stumsvetsar (fig. 54) skall erforderligt spelrum mellan delarna förefinnas före svetsningens början, så att fullständig genombränna erhålles.

Stumsvetsar utföras utan råge, och kälsvetsar göras konkava. Man skall alltid eftersträva att göra övergången mellan svets och grundmaterial så jämn som möjligt. Svetsmaterialet skall överallt hava god inbränning i grundmaterialet, och inbränningsdiken få ej förekomma. Eventuella inbränningsdiken skola uppmejslas och eftersvetsas.

Vid metallbågsvetsning får ljusbågen endast tändas på sådana ställen, där svetssträngar skola läggas. Svetsstänk skola i största möjliga utsträckning undvikas.

Nylagda svetsar få ej genom särskilda åtgärder avkylas hastigt. Svets får ej övermålas, förrän den granskats och godkänts av kontrollanten.

Underuppsvetsning fordrar särskild kunnighet hos svetsaren, varför svetsning i sådant läge endast får förekomma efter i varje särskilt fall lämnat tillstånd.

Vissa svetsar skola efterbearbetas medelst slipning. Föreskrifter härför finnas i ovannämnda »Preliminära svetsbestämmelser».

Viktigare svetsar böra röntgenundersökas för fastställande av det utförda arbetets kvalitet.

4 c. Monteringsarbeten.

Mindre broöverbyggnader, såsom exempelvis balkbroar av helvalsade balkar utan lång- och tvärbalkar, tillverkas helt och hållet färdiga vid verkstaden. Något hopsättningsarbete erfordras härvid ej på broplatsen, utan överbyggnaden transporteras fullt färdig till broplatsen, där den nedlägges på underbyggnaden.

För större konstruktioner kan detta tillvägagångssätt ej tillämpas, varför överbyggnaden måste transporteras i delar från verkstaden till broplatsen, där delarna sedan sammanfogas till en sammanhängande konstruktion. Olika metoder kunna användas vid sådan bromontering.

Valet av uppsättningsmetod är till stor del beroende av förhållandena på broplatsen samt broarbetets karaktär av ombyggnad eller nybyggnad.

Det vanligaste sättet för montering av stålöverbyggnader vid nybyggnad är att anordna fasta uppsättningsställningar under den blivande stålöverbyggnaden. Ställningarna förses

med arbetsplattformar och traverser eller kranar för att underlätta hopsättningen av överbyggnaden, som under hela hopsättningen vilar på nämnda uppsättningsställningar.

På sådana platser, där fasta uppsättningsställningar icke lämpligen böra anordnas, t. ex. på grund av stark fors, djupt vatten eller stor höjd mellan blivande överbyggnad och fast botten, kan s. k. frisvävande montering tillämpas.

Om strömhastigheten i vattendraget är ringa, och vattendjupet medgiver pråmfart, kunna fasta ställningar i vattendraget vid själva brostället undvikas, genom att broöverbyggnaden monteras i annat läge än det slutgiltiga och efter fullbordad uppsättning förflyttas till sistnämnda läge, vilande på pråmar.

Vid järnvägsbroar med stålöverbyggnad konstrueras ofta underbyggnaden för tyngre trafiklast än överbyggnaden. Då dessutom underbyggnaders livslängd vanligen är större än stålöverbyggnaders, befinner sig i normala fall underbyggnaden i godtagbart skick, när stålöverbyggnaden uppnår det stadium, då den behöver utbytas. Utbyte av otillräckligt bärkraftiga stålöverbyggnader mot nya med större bärförmåga är därför ett ofta återkommande problem.

Vid utbyte av överbyggnader framkomma helt andra problem än de, som förekomma vid nybyggnad av broar i samband med byggande av bana. Utbyte av överbyggnader på trafikerade banor måste nämligen äga rum, utan att den normala järnvägsdriften störes. I vissa fall kunna naturligtvis kortare avbrott i trafiken tillåtas, men ofta måste utbytena äga rum mellan två på varandra följande tåg i tidtabellen. Alla härför erforderliga arbeten måste därför vara i minsta detalj noggrant genomtänkta och omsorgsfullt förberedda.

Vid utbyte av stålöverbyggnader kunna i avseende på trafikens framförande följande olika förhållanden föreligga.

1. Järnvägstrafiken överföres på särskilt, provisoriskt förbigångsspår vid broplatsen.
2. Järnvägstrafiken framgår i oförändrat spårläge.

Det förstnämnda fallet förekommer, när både under- och överbyggnad skola bytas ut och endast i undantagsfall, när blott överbyggnaden skall ersättas. Det provisoriska förbigångsspåret lägges så nära den permanenta bron som ske kan, utan att arbetet med broutbytet härigenom onödigt försvåras, och kan bestå av bankfyllnad, sliperspallningar, provisoriska balkspann på trästöd eller en kombination av dessa. Trafikens överförande på provisoriskt förbigångsspår drager i allmänhet stora kostnader men medför den fördelen, att den nya överbyggnaden kan monteras i sitt slutliga läge oberoende av pågående järnvägstrafik. Ett exempel på provisoriskt förbigångsspår visas å fig. 43.

Det andra fallet — järnvägstrafiken framgår i oförändrat spårläge — är det normalt förekommande och skall här beskrivas i princip.

På ena sidan om befintlig bro anordnas montageställningar för hopsättning av den nya överbyggnaden. På dessa sammansätts överbyggnaden av de på verkstaden tillverkade delarna till en fullt färdig överbyggnad. Under tiden framgår järnvägstrafiken på befintlig bro oberoende av montagearbetet.

På andra sidan om den befintliga bron anordnas provisoriska stöd, på vilka den gamla överbyggnaden skall uppläggas efter utbytet. En glidbana vid vardera änden av varje spann anordnas från montageställningen, under befintlig överbyggnad och till de provisoriska stöden på andra sidan om bron. Glidbanorna utföras oftast av trä och såpas för nedbringande av friktionen.

Sedan den nya överbyggnaden helt färdigställts, eventuellt med undantag för räsläggning, upplyftes den med tillhjälp av domkrafter och nedlägges därefter på slädar, en vid vardera glidbanan. Därefter avbrytes rälsförbindelsen mellan gamla överbyggnaden och landfästena, varefter sistnämnda överbyggnad placeras på slädar, som medelst ställinor äro förbundna

med var sitt handspel. Det egentliga brouthyttet vidtager nu och tillgår så, att den gamla överbyggnaden sidoförflyttas med tillhjälp av handspelen och slädarna. Vid förflyttningen måste särskilt tillses, att de båda spelen arbeta samtidigt och med samma hastighet. Förflyttningen upphör, när överbyggnaden dragits så långt åt sidan, att plats finnes i brolinjen för inläggande av det nya spannet.

Den nya överbyggnaden sidoförflyttas därefter på samma sätt, tills den kommer in i broläget. Med tillhjälp av domkrafter höjes överbyggnaden så mycket, att slädarna kunna avlägsnas, varefter den nedsänkes på upplagsanordningarna.

Spårläggningen vidtager nu, varefter trafiken kan framsläppas över den nya överbyggnaden.

I vissa fall kan med fördel gamla och nya överbyggnaden förbindas med varandra före sidoförflyttningen. Denna kan därefter utföras samtidigt för de båda överbyggnaderna, varigenom tid vinnes.

Till sist nedmonteras den gamla överbyggnaden.

Fig. 44 visar schematiskt anordningar vid utbyte av överbyggnad utan användande av förbigångsspår.

5. Rörliga broar.

Broar över vattenfarled måste i vissa fall utföras med rörlig överbyggnad för att tillgodose sjötrafikens krav på fri höjd. I huvudsak förekomma följande fyra olika slag av rörliga broar.

1. *Svängbro*
2. *Klaffbro*
3. *Lyftbro*
4. *Rullbro*.

En svängbro är vridbar omkring en vertikal axel (pivå). Två olika utföranden förekomma, nämligen likarmade och olikarmade svängbroar. Den likarmade svängbron, vilken, som namnet angiver, består av två lika armar (spann), är vanligen utan särskilda åtgärder utbalanserad, under det att den olikarmade måste förses med motvikt, inbyggd i den kortare armen.

Olikarmade svängbroar användas, då endast en genomfartsöppning erfordras. Likarmade svängbroar möjliggöra sjötrafik genom två öppningar.

Klaffbro, vilken kännetecknas av att rörelsen sker omkring en horisontal axel, användes bl. a., där utrymmet i plan är begränsat, och där framtida tillbyggnad för ytterligare spår kan bli erforderlig. Två olika utförande förekomma, nämligen enkla och dubbla klaffbroar. En enkel klaffbro består av endast en klaff, som i järnvägstrafikläge vilar på fasta stöd vid båda ändarna. Dubbel klaffbro har tvenne klaffar, vilka i järnvägstrafikläge äro förenade med varandra vid spannets mitt.

Lyftbro består av ett fritt upplagt spann. Spannet utbalanseras vanligen genom motvikter, hängande i linor eller kedjor, vilka löpa över brytskivor anbragta på pelare vid landfästena och äro infästade i lyftspannets ändar. Mindre lyftbroar kunna, då lyfthöjden är ringa, lyftas utan utbalansering, och motvikter med tillhörande anordningar kunna således i sådana fall undvaras. När bron skall öppnas för sjötrafik, lyftes bron rätt upp. Med denna konstruktion erhålles begränsad segelfri höjd, varför lyftbroar endast lämpa sig, där den erforderliga segelfria höjden är ringa, eller då bron ligger högt över högsta vattenyta.

En rullbro består i sitt enklaste utförande av en fritt upplagd balkbro, som i ena änden är upplagd på rullar. När bron skall öppnas för sjötrafik, drages bron i sin längdriktning, vanligen med ett enkelt spel.

Landningsbroar vid tågfärjelägen kunna även räknas till rörliga broar. Landningsbrons landände är vridbar omkring en horisontal axel, och den andra änden upplägges på fär-

jan, när landningsbron skall trafikeras. Ytterändan uppbäres av en portal eller tryck-cylindrar.

Rörliga broar manövreras antingen för hand eller med elektrisk energi. För att säkerställa järnvägs- och sjötrafiken skola särskilda signal- och säkerhetsanordningar finnas vid rörliga broar.

Fig. 37, 38 och 39 utgöra några exempel på rörliga broar.

C. Broar med överbyggnad av armerad betong.

Under de senaste 10 åren har armerad betong kommit till allt större användning som byggnadsmaterial för järnvägsbroar. De broar, som i betongens barndom utfördes av detta material, voro företrädesvis av sådan konstruktion, att de även kunde utföras av natursten, t. ex. valv och kulvertar. Allt eftersom kännedomen om den armerade betongens verknings-sätt ökades, och betonggjutningstekniken utvecklades, skapades andra konstruktionstyper, speciellt lämpade för byggnadsmaterialet i fråga, såsom bågbroar och rambroar. Då man numera med förstklassig armerad betong kan åstadkomma estetiskt tilltalande broar med stor bärförmåga och varaktighet, kan armerad betong ofta med framgång konkurrera med stål vid val av byggnadsmaterial till järnvägsbroar.

1. Trummor och kulvertar.

Trummor och kulvertar av armerad betong utformas på olika sätt beroende på de krav, som uppställas beträffande genomloppsarean. Vid små vattenflöden kunna fabriksstillverkade, armerade betongrör användas. På grund av de större resurser, som förefinnas vid fabriks-tillverkning, bliva sådana rör i allmänhet billigare och i vissa fall även av bättre kvalitet än trummor, som gjutas helt på platsen.

Rören utformas med cirkulär eller äggformad tvärsnitt och framställas i längder omkring 1 m. Diametern varierar vanligen mellan 0,6 m och 1,5 m, men även större fabriks-tillverkade rör kunna erhållas. Armeringen utgöres av tvärgående ringar. Längsgående armering anordnas mera sällan på fabriksstillverkade rör. Rörens ändar förses med förtagningar i syfte att underlätta sammanfogningen på arbetsplatsen. Rören utläggas lämpligen på en utbottning av betong, och skarvarna mellan rördelarna tätas med cementbruk.

Statens järnvägars betonggjuteri i Motala Verkstad tillverkar bl. a. rör särskilt dimensionerade för användning som trummor i järnvägsbankar. Fig. 45 visar ett armerat betongrör, som tillverkas på nämnda betonggjuteri.

Större trumma av armerad betong, vilken icke lämpligen kan sammansättas av fabriks-tillverkade rör, utföres antingen som sluten ram med plant tak, eller med välvd tvärsnitt. Huvudanordningarna vid sådana vattengenomlopp visas å fig. 46.

Tidigare utfördes trummor företrädesvis av natursten. Ett stort antal av dessa försågos med överbyggnad av stålbalkar s. k. *öppna trummor*. På grund av de fördelar, som äro förbundna med genomgående ballast utbytas sistnämnda stålöverbyggnader numera i största möjliga utsträckning mot överbyggnader (däck) av armerad betong. För sådana trummdäck finnes standardritning upprättad, gällande för fri spännvidd lika med eller mindre än 2,0 m. Huvud-anordningarna på nämnda standardritning återgivas å fig. 47.

2. Betongdäck.

Under senare åren har ett ej ringa antal äldre stålöverbyggnader med otillfredsställande bärförmåga utbytts och ersatts med överbyggnader av armerad betong, utförda som däck.

Det har i allmänhet varit fråga om broar med små spännvidder upp till omkring 6 m. Större spännvidder överbroas mera sällan medelst betongdäck.

Ett betongdäck konstrueras som en på landfästena fritt upplagd platta, utformad med trågformad tvärsektion. Ballasten, vars djup om möjligt icke bör understiga 600 mm, göres genomgående från landfäste till landfäste. Däckets överyta utföres med fall för vattenavrinning i brons längdriktning samt isoleras med två lager juteväv omväxlande med tre strykningar varm oljeasfalt (membranisolering). Som skydd för isoleringen anbringas däröver ett minst 50 mm tjockt, armerat betonglager.

Membranisoleringen hindrar ytvatten att tränga ned till den bärande betongkonstruktionen, och skyddsbetongen utgör ett skydd mot mekanisk åverkan på membranisoleringen.

Betongdäck med tillhörande landfästen förses med sidogångbanor och handräcken.

Vid anordning av betongöverbyggnader för spännvidder invid eller närmast över ovan nämnda gräns, 6 m, tillgripes i vissa fall en konstruktion bestående av längsgående huvudbalkar av armerad betong, sammangjutna med en därpå liggande platta, som uppbär ballasten. I övrigt förekomma samma anordningar, som tidigare nämnts beträffande betongdäck, utformade som fritt upplagda plattor.

Upplagsanordningarna utföras utan tryckfördelande plattor genom inläggande av asfalt-papp i flera lager mellan plattan och de med cementbruk avjämnade upplagspallarna. Uppläggningen göres lika på båda landfästena, varför särskilda anordningar för åstadkommande av fast och rörligt upplag ej förefinnas.

Vid de små spännvidder, som komma i fråga för betongdäck, erfordras inga stora dilatationsöppningar. Vid de båda landfästena anordnas endast dubbla lager asfalt-papp mellan grusskift och betongdäckets ändtytor. Sammantryckbarheten hos dessa papplager är tillräcklig för plattans temperaturutvidgning.

Betongdäck förses med längsgående armering vid plattans över- och undersida samt tvärgående sekundärarmering vid plattans under- och överyta.

Ett exempel på överbyggnad, utförd som betongdäck visas å fig. 48.

3. Rambroar.

Vid nybyggnad av betongbroar för mindre spännvidder användas numera i stor omfattning s. k. rambroar. Vid sådana broar utföras överbyggnad och underbyggnad som en sammanhängande konstruktion (ram). De vid ett betongdäck förekommande pappmellanläggningen vid däckets uppläggning på landfästena förekomma därför aldrig vid en rambro. Övergången mellan landfäste och platta armeras i stället kraftigt, och det så bildade ramhörnet förstärkes oftast med en förtjockning av plattan intill landfästets framkant (vot). Genom att anordna vot i ramhörnen ökas plattans inspänning i landfästena.

Spänningsförloppet i en rambro blir på grund av konstruktionens art ett helt annat än det, som uppstår i en bro med fritt upplagd överbyggnad. Såväl platta som landfästen kunna på grund därav göras smäckrare. Anläggningskostnaden kan härigenom bliva lägre för en betongrambro än för en betongbro med fritt upplagd överbyggnad, samtidigt som konstruktionshöjden kan göras mindre, vilket särskilt vid vägportar är av betydelse.

Plattan utformas med trågformad tvärsektion och förses med membranisolering jämte skyddsbetong på samma sätt som beskrivits för betongdäck. Överytan förses med fall för vattenavrinning i brons längdriktning. Ballasten göres genomgående från landfäste till landfäste, och sidogångbanor jämte handräcken anordnas på brons båda sidor.

Rambroar kunna utföras med ett eller flera spann. Vid broar med fler än ett spann utföres mellanstöd antingen uppdelat i ett antal kolonner eller som hel skiva. Vid vägportar

anordnas mellanstöd så gott som uteslutande som kolonner i syfte att giva konstruktionen ett luftigare utseende.

Varje landfäste förses med två vertikala vingmurar, som hava till uppgift att kvarhålla fyllningen bakom landfästena. Bankslänt anslutes till landfäste medelst koner, som kunna bestå av jord- eller stenfyllning. Jordkoner beklädas vanligen med torv eller stenglacié. Stenfyllning förses med ytbeklädnad av sten. Koner och deras ytbeklädnader utföras på olika sätt med hänsyn dels till behovet att stabilisera fyllningen, dels till åverkan av strömmande vatten, dels slutligen till estetiska skäl.

Vid anbringande av fyllning bakom landfästen till rambroar skall tillses, att denna påföres samtidigt bakom båda landfästena, då betydande extraspänningar annars uppstå i konstruktionen.

Därest betongen ej är vattentät, skola alla mot fyllning vettande betongytor strykas till full täckning, dock minst 2 gånger, med asfaltlösning.

Betongrambroar armeras med längsgående huvudarmering i plattans under- och överyta samt landfästernas fram- och bakytor. Samtliga ytor förses med tvärgående sekundärarmering.

En rambro av armerad betong visas å fig. 49.

4. Valvbroar.

Vid små och medelstora spännvidder utföras stundom broar såsom valvbroar av armerad betong. Detta förekommer bl. a. när en befintlig stenvalvbro, utförd för ett spår, skall utbyggas för dubbelspår. Då en stenbro nu för tiden i allmänhet betingar en betydande anläggningskostnad, blir det ofta fördelaktigt, att vid sådan utbyggnad tillgripa armerad betong, som i fasadytan förses med stembeklädnad, för att tillbyggnaden till det yttre ej skall avvika från den gamla delen av bron.

Det bärande valvet förses ofta med en pågjutning av betong av enklare beskaffenhet. Över denna pågjutning anordnas membranisolering jämte skyddsbetong på samma sätt som beskrivits för betongdäck.

Fyllnadsmassor och ballast hållas i läge av sidomurar, uppbyggda från valvet och anordnade utefter bronns hela längd.

Valv, utförda utan leder eller öppna valvfogar, benämnas inspända valv. På detta sätt utförda valv äro särskilt känsliga för ojämna sättningar i byggnadsgrunden, varför inspända valv endast böra ifrågakomma, då fullt säker grund kan påräknas. Ett annat förhållande, som vid inspända valv måste beaktas är, att spänningar uppkomma i dem på grund av temperaturväxlingar.

Ett medel att undvika skadlig inverkan på valvet till följd av ojämna sättningar i grunden och temperaturväxlingar är införandet av tre leder i valvet, varav en vid vardera anfanget och en vid hjässan. Valvkonstruktioner med två leder, en vid vardera anfanget, förekomma även.

En betongbro, utförd som ett inspänt valv, återfinnes å fig. 50. Figuren avser tillbyggnad av befintligt stenvalv.

5. Bågbroar.

Då medelstora och större spännvidder skola överbroas med betongbroar, användas bågkonstruktioner av olika slag. Vanligast förekommande äro inspända bågar, men även bågar med tre leder, två leder eller i undantagsfall en led förekomma.

Ett exempel på en bågbro av armerad betong, utförd som inspänd båge, visas å fig. 5.

6. Betongbroars uppförande.

Betongbroar byggas i de allra flesta fall på fasta byggnadsställningar av trä, vilka eventuellt förses med bärbalkar av stål. Då ställningarna vid betonggjutningens fortskridande undergå

växande deformationer, vilka nä sitt största värde, när belastningen från betongen är störst, måste de på ställningarna anordnade betongformarna förses med så stor överhöjning, att betongkonstruktionen får den önskade formen och det avsedda höjdläget, när ställningarna till sist avlägsnas. Stor omsorg måste nedläggas vid uppförande av ställningsbyggnader, så att sättningar och sammanpressningar i förbanden bliva så små som möjligt. Några allmänna synpunkter på ställningars utformning angivas i avsnitt IV »Ställningar och provisoriska broar».

Betongformar till synliga betongytor utföras vanligen av spåntade, hyvlade eller ohyvlade bräder, oftast av råspånt med den ohyvlade ytan mot betongen. Alla synliga, utåtgående betonghörn avfasas genom inläggande av trekantlist i formen. Formar rengöras noggrant och vattnas omsorgsfullt före betonggjutningens påbörjande.

Sedan betongen hårdnat i sådan grad, att risk för ursköljning av cement ej föreligger, skall betongen vattnas i enlighet med gällande föreskrifter.

All armering skall inläggas i full överensstämmelse med gällande ritningar. Erforderliga najningar mellan järnen anbringas. Särskild uppmärksamhet ägnas åt att det betongskikt, som täcker järnen, erhåller i betongbestämmelserna föreskriven tjocklek.

I betongbestämmelserna föreskrivna materialprovningar skola utföras.

Beträffande närmare detaljer i fråga om betongarbetens utförande hänvisas till »Allmän materiallära».

D. Broar med överbyggnad av natursten.

Med stenbroar förstås broar, vilkas överbyggnad är utförd av natursten. Sådana broar byggdes förr relativt ofta, men hava nu så gott som helt och hållet undanträngts av betongbroar. Vid användande av sten som byggnadsmaterial till broar är man starkt bunden till konstruktionssättet, då sådana broar endast kunna utföras som valv, dock med undantag för mycket små spännvidder (stentrummor).

1. Trummor och kulvertar.

Trummor och kulvertar byggdes förr endast i undantagsfall av annat material än natursten. Stentrummors tak bestå av raka stenhällar, vilka härvid bliva utsatta för böjning med åtföljande dragspänningar i stenarnas undersidor. Stenmaterialets ringa motståndskraft mot dragspänningar och svårigheten att anskaffa långa stenar, begränsar användningen av stentrummor till broar med omkring 1,5 m största spännvidd.

Stentrummor göras antingen enkla, då endast ett vattengenomlopp finnes, eller dubbla, när två genomlopp anordnas.

Trumbotten förlägges så djupt som vattenavledningsförhållandena kräva samt så, att en torrläggning av ovanförliggande mark till erforderligt djup möjliggöres, vanligen 1,2 m.

Trummor böra förläggas i en lutning av minst 10 ‰, för att de skola vara självrensande. Alltför stora lutningar undvikas vid stentrummor på grund av faran för urspolning vid stor vattenhastighet.

Anordnas trappformade avsatser i trummans längdriktning, måste tvärgående spånt anordnas vid varje trappavsats för att grundläggningen ej skall äventyras.

Underskärning under trummor på grund av framrinnande vatten förhindras genom anordnande av spånt.

I syfte att erhålla större vattengenomlopp än stentrummor erbjuda, användas stenkulvertar. Av statiska skäl är nämligen den välvda takformen lämpligast för stenmaterial. Tvärsektionen utföres antingen äggformad eller med halvcirkelformat valv på vertikala sidomurar.

Fig. 51 visar allmänna anordningar vid en enkel stentrumma.

2. Valvbroar.

Stenmaterialet till valvbroars murverk utgöres vanligen av granit, men även andra stenarter kunna komma till användning, t. ex. sandsten. Stenen skall vara av god beskaffenhet, fri från sprickor och andra förklyvningar samt frostbeständig, varjämte den måste äga tillräcklig tryckhållfasthet. Stenblock till valv bearbetas i erforderlig utsträckning och givas sådan form, att de radiella valvfogarna bliva i möjligaste mån jämntjocka. Stenens behandling i fasadytorna utföres med beaktande av de krav, som ur utseendesynpunkt kunna ställas på bron.

Murning av valv skall ske samtidigt och symmetriskt på båda sidor om hjässan och till valvets fulla bredd. Består valvet av två ringar, muras först den undre ringen, varefter, sedan en vecka förflutit efter dess färdigställande, arbetet påbörjas med den övre ringen. Även sidomurar och påmurning uppföras symmetriskt i avseende på hjässan.

Stenarna skola före inläggningen vara väl tvättade. Vid murningen skall tillses, att goda förband erhållas, samt att fogarna bliva väl fyllda med bruk. Till murningen, vilken ej får äga rum vid frost, utan att åtgärder vidtagas till förhindrande av köldens skadliga inverkan, bör användas väl maskinblandat cementbruk.

Den bärande konstruktionen med därpå eventuellt anordnad påmurning isoleras väl på överytan, på sådant sätt att vatten effektivt hindras från att nedtränga till stenvalvet genom ballasten.

Isoleringen utgöres lämpligen av två lager juteväv omväxlande med tre strykningar varm oljeasfalt, varpå ett cirka 5 cm tjockt lager armerad skyddsbetong anordnas. Innan isoleringen anordnas, bestrykes vanligen betongytan med kall asfaltlösning. Isoleringen uppdrages till erforderlig höjd å sidomurarna. Återstående delar av sidomurarna isoleras med asfaltstrykning till full täckning, dock minst två gånger.

Fig. 6 visar allmänna anordningar vid en stenbro utförd som valvbro.

IV. Ställningar och provisoriska broar.

Vanliga, inom brobyggnadsfacket förekommande ställningar äro: fasta ställningar för utbyte eller nybyggnad av stålöverbyggnader, ställningar för uppbärande av gjutformar vid betongbroar samt ställningar för valvbroar av sten.

Vid broställen med stora spännvidder och brobanan i högt läge kunna dylika ställningsbyggnader bliva konstruktioner av betydande storleksordning.

Vid allt ställningsbyggande är det vanligaste byggnadsmaterialet trä. De träslag, som företrädesvis användas, äro furu och gran, under det att hårdare träslag, såsom ek, endast ifrågakomma för mindre delar, t. ex. underlägg, kilar o. dyl.

Rundvirke, skrätt virke och fyrkantsågat virke användes. Träet lämpar sig på grund av sina hållfasthetsegenskaper bäst för upptagande av tryckspänningar i fibrernas längdriktning, och kan därför bäst utnyttjas i sådana konstruktioner, som huvudsakligen bliva utsatta för tryck.

Vid utformandet av träkonstruktioner bör särskild omsorg ägnas åt åstadkommandet av lämpliga förbindningar, vilka helst böra vara så utbildade, att kraftöverföringen huvudsakligen framkallar tryckspänningar i virket. Då bultar användas för kraftöverföring, bör motståndet i förbindningen alstras genom hård åtdragning av muttrarna, så att friktionen mellan anliggningsytorna blir tillräcklig för upplagande av krafterna. Vid viktigare bultförband

anordnas särskilt utformade mellanläggsbrickor mellan anliggningsytorna, varigenom motståndet i en sådan förbindning väsentligt ökas. Enklare virkesförband utföras med noggrann spikning.

Såvida inga hinder finnas för placering av stöd i vattendraget, är det i allmänhet lämpligast att utbilda ställningar såsom ett system av tvärgående pålok och bockar, förbundna med varandra genom stagningar och kryssförband i brons längdriktning.

Ej sällan förekomma kombinationer av trä- och stålmaterial vid ställningsbyggnader. Kasserade helvalsade brobalkar kunna ibland med fördel användas, upplagda på pålok som stöd.

På sådana ställen, där mellanstöd ej lämpligen kunna anordnas, tillgripas ofta spännverkskonstruktioner.

För valv med större pilhöjdsförhållande kunna valvstommar av trä, utbildade som treledsbågar, komma till användning.

Fig. 44, 52 och 53 utgöra några exempel på olika utföranden av ställningar för brobyggnader.

Provisoriska broar användas bl. a. i samband med anläggande av förbigångsspår och vid byggande av krigs- eller katastrofbroar. Vid sådana broar användes ytterst sällan enbart träkonstruktioner. Vanligast förekommande system utgöres av helvalsade balkar, upplagda på stöd av sliperspallningar och pålok. Ett exempel på en provisorisk bro enligt sistnämnda system återfinnes å fig. 43.

Vid provisorisk balkbro med överbyggnad av helvalsade balkar är det av särskild vikt, att effektiva tvärförbindningar anordnas mellan balkarna, så att deras inbördes läge fixeras. Oftast utgöres tvärförbindningarna av träkolvningar mellan balkarna, kompletterade med i såväl under- som överkant anordnade stagningar av vid balkflänsarna omböjda band av plattstänger. Banden skola spännas ordentligt, så att kolvningarna hållas kvar på rätt plats samt bära utformas på sådant sätt, att efterspanning kan ske, vilket är nödvändigt, emedan kolvningarna oftast lossa efter någon tid, beroende bl. a. på träets krympning vid uttorkning. Vid upplagen strävas de yttersta balkarna omsorgsfullt mot stjälpning.

Provisoriska balkbroars ändupplag få icke placeras så långt in på balkarna, att lyftning kan inträffa vid spannets ena ände, då överkragningen vid spannets motsatta ände belastas.

I syfte att förhindra sättningar i banvallen närmast intill ändstöden i en provisorisk balkbro utföres effektiv spåntning mellan den orörda banvallen och sliperspallning, varvid tillses att fullgott stöd erhålles även för ballasten.

I vissa fall, då det är fråga om mycket små spännvidder, t. ex. vid anordnande av enklare avloppsledningar m. m. under banan, kan man med fördel under byggnadstiden använda s. k. rälsbrygga i stället för ovan beskriven provisorisk balkbro. På ömse sidor om farrälerna utläggas en eller flera hopkopplade räler, i vilka sliprarna upphängas medelst byglar av platt- eller rundstänger. Stundom är det därvid nödvändigt att utföra slipersförtätning inom området för rälsbryggan. Vid byggandet måste särskilt tillses att den upptagna schakten förses med omsorgsfullt utförd spånt, så att banvallen förmår uppbära det koncentrerade tryck, som uppstår vid bryggans upplag.

V. Tillsyn och underhåll.

För att trygga en brobyggnads goda bestånd och funktionsduglighet är det av största vikt, att noggrann tillsyn och erforderligt underhåll utföres. Kostnaderna för sådan tillsyn är av underordnad betydelse, och kostnaderna för underhållsarbeten variera avsevärt, beroende på byggnadsmaterialet.

De tillsyns- och underhållsarbeten, som förekomma vid en nitad stålbro, äro dels nitundersökningar och utbyten av lösa nitar, dels ock med längre tids mellanrum återkommande större arbeten, såsom ommålning samt reparation och utbyte av trävirket i brobanan.

För att skydda stålöverbyggnader mot rost, är det av stor vikt, att målningen väl underhålls. Ommålning bör ske på ren yta, och lösa delar av den gamla färgen måste noggrant avlägsnas.

För välbyggda broar av natursten eller betong bliva underhållskostnaderna, fränsett underhållet av själva brobanan, mindre och inskränka sig i regel till allmän tillsyn, målning av handräcken och eventuellt fogstrykning av stenmurverk.

Gamla, dåligt lagda stenlandfästen, pelare och överbyggnader av natursten samt även undermåligt utförda betongkonstruktioner kunna genom cementinjektering avsevärt förbättras och förstärkas. Vid statens järnvägar förekomma årligen cementinjekteringsarbeten på gamla stenkonstruktioner, vilkas bärighet och livslängd härigenom avsevärt ökas utan större kostnadsutlägg.

Vid cementinjektering upptages erforderligt antal hål, genom vilka injekteringsmassan inpressas under cirka 4 atmosfärers tryck, sedan renspolning med vatten och luft verkställt. För betongkonstruktioner utgöres injekteringsmassan av cementvälling och för stenmurverk av cementbruk med växlande blandningsförhållanden, beroende på storleken av förefintliga hålrum i den konstruktion, som skall injekteras. Vid injekteringen använder man sig av en cementinjektor, vilken sedan den i förväg med vatten färdigblandade injekteringsmassan ihållts, sättes under tryck från en kompressorläggning, varvid injekteringsmassan genom slangar ledes till munstycken, anbringade i ovannämnda hål i konstruktionen. Injekteringen sker med början i de nedersta hålen. Allteftersom massan höjer sig i murverket, fortsättes sedan injekteringen i överliggande hål.

Söndriga betongytor kunna återställas i godtagbart skick genom anbringande av sprutbetong. Sådan behandling tillgår på följande sätt. I den s. k. cementsprutan ihålles den färdigblandade torra satsen. Sprutan, som genom slangar är förbunden med ett särskilt munstycke, sättes under 1,5 à 2,5 atmosfärers tryck. Den torra massan framföres därvid genom slangarna till nyssnämnda munstycke, varest vatten tillföres genom en särskild vattenslang. Munstycket hålles på lämpligt avstånd framför den yta, som skall besprutas, varvid den ur munstycket under tryck utkastade våta massan avsätter sig på betongytan. Denna skall före anbringandet av sprutbetongen vara väl rengjord genom sandblästring och luftbesprutning ävensom omsorgsfullt genomfuktad genom vattenbesprutning. Alla lösa delar och flager skola vara omsorgsfullt avlägsnade, innan sprutbetongen påföres. Såväl sandblästring som vatten- och luftbehandling utföras med tillhjälp av cementsprutan. Den vid betongsprutningen använda massan utgöres av cementbruk, vanligen i blandning 1 del cement + 4 delar sand.

Särskilda föreskrifter beträffande tillsyn och underhåll av broar återfinnas i särtryck 239, del B.