

Fig. 61. Belysnings- och spårvägsstolpe.

På grund av de längdförskjutningar, som bron undergår genom temperaturväxlingar, hava på 5 ställen inlagts dilatations-skenor, tillverkade av högvärdigt manganstål.

Kontaktledningssystemet är utfört med s. k. direkt upphängning. Ledningen uppbäres av mellan spårren uppsatta kombinerade kontaktlednings- och belysningsstolpar. Spåravståndet är fördenskull på bro och viadukter 4,0 m. Stolparnas utseende framgår av fig. 61. För att möjliggöra en mjukare bygelbana vid kontakt-

ledningens infästningspunkter är kontaktledningen ej direkt upphängd i infästningspunkterna, utan förmedlas infästningen av en c:a 1,5 m lång mellanliggande upphängnings-skena.

Utförandet av spårvägsanläggningarna har under direktören Gösta Hellgren omhänderhaftas av spårvägsbolagets banavdelning under ledning av baningenjören Ragnar Gripe. Denne har biträttas av ingenjörerna E. Axberger och E. Arding samt banmästaren O. Blücher och ledningsmästaren O. Tunér.

Stockholm i november 1935.

AKTIEBOLAGET STOCKHOLMS SPÅRVÄGAR

KONSTRUKTIONSSYSTEM FÖR VÄSTERBRONS BÅGAR OCH GRUNDDRAGEN AV DERAS STATISKA BERÄKNING

Såsom i redogörelsen för Västerbron meddelats, består varje spann av tvenne inspända bågar med provisorisk led i hjässan. Följande synpunkter hava varit bestämmande vid val av detta konstruktionssystem.

Systemet möjliggör mindre konstruktionshöjd och krökningsradie i hjässpartiet än exempelvis två- och treledsbågar samt till följd härav mindre spännvidd för samma fria höjd och bredd på seglationsprofilen, det erbjuder större styvhet än ledade bågkonstruktioner, är fördelaktigare ur utseendesynpunkt och medför något mindre materialåtgång än en ledad båge med samma spännvidd.

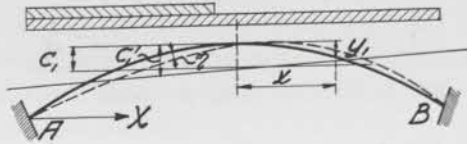


Fig. 1.

Enligt den klassiska beräkningsmetoden för bågar utgår man ifrån, att den av belastningen framkallade formförändringen är så obetydlig, att den icke har någon nämnvärd inverkan på böjningsmomenten i bågen. Betecknas horisontalkraften med X , bågordinatan i förhållande till horisontalen genom hjässan med y_1 , tyngdpunktslinjens avstånd från hjässan med c_1 och momentet i den inspända balken $A-B$ med M_B , fig. 1, blir böjningsmomentet i en godtycklig sektion

$$M = M_B - X(c_1 - y_1) \dots\dots\dots 1$$

Vid plåtbågar med de spännvidder och jämförelsevis låga konstruktionshöjder, varom här är fråga, får emellertid nedböjningen η på grund av trafiklasten sådan storleksordning, att hävarmen $(c_1 - y_1)$

måste korrigeras med hänsyn härtill. Ekvation 1 bör därför ändras, så att den erhåller följande utseende:

$$M = M_B - X(c'_1 - y_1 - \eta) \dots\dots\dots 2$$

där c'_1 betecknar den nya tyngdpunktsaxelns avstånd från horisontalen genom hjässan, i allmänhet en linjär funktion av abscissan x .

Av ekvation 2 framgår det viktiga förhållandet, att momentet i bågen icke är proportionellt mot belastningen, utan växer hastigare än denna. Relationen mellan moment eller påkänning å ena sidan samt belastning å den andra framgår av fig. 2.

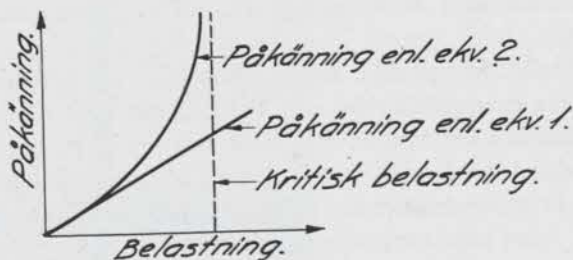


Fig. 2.

Stegras belastningen till ett visst gränsvärde, den s. k. kritiska belastningen, så växer påkänningen asymptotiskt mot ∞ , då bågen knäcks.

Ifråga om vanliga konstruktioner (indifferent system), där påkänningarna inom sträckgränsen äro proportionella mot belastningen, är det tillfyllest att härleda moment och normalkrafter samt motsvarande påkänningar i konstruktionen direkt ur den normerande egna vikts- och trafikbelastningen, varvid säkerhetsgraden angives av förhållandet mellan sträckgränsen och den uppnådda påkänningen.

För de bågkonstruktioner, varom här är fråga, blir emellertid resultatet av ett sådant beräkningssätt oriktigt, beroende därpå att påkänningen, som ovan framhållits, växer hastigare än belastningen vid en successiv ökning av den senare.

I stället har tillämpats den s. k. deflektionsteorin, då gången av beräkningen blir följande:

Önskas n -faldig säkerhet i förhållande till sträckgränsen, multipliceras såväl den permanenta lasten som trafiklasten med n , och med utgångspunkt från den sålunda ökade belastningen beräknas kon-

struktionen så, att påkänningarna ingenstädes överstiga sträckgränsen. Särskild undersökning av bågens knäckhållfasthet blir då obehörlig.

Västerbrons bågar hava beräknats med 1,8-faldig säkerhet, d. v. s. för en belastning, som är 1,8 gånger summan av egen vikt och trafiklast, varvid påvisats, att den till 3.600 kg/cm² uppgående sträckgränsen icke överskridits i något båg tvärsnitt vid ogynnsammaste placering av trafiklasten. Utan ökning av belastningen på sätt här ovan angivits, uppgår den beräknade påkänningen till högst 1.800 kg/cm².

Huvuddragen av bågarnas statiska beräkning.

- I. Bågarnas ungefärliga huvuddimensioner bestämdes med tillhjälp av nedanstående approximativa formel, gällande för ett tvärsnitt i hjässan.

I denna formel beteckna:

l och f bågens teoretiska spännvid och pilhöjd, $r = l^2 : 8f$

h bågens livplåtshöjd,

p brobanans och vindförbandens medelvikt per m,

q ekvivalent trafiklast per m,

F bågens sektionensarea i hjässan och

δ tillåten påkänning.

Alla mått i meter och ton.

För en sektion i hjässan blir

$$F = \frac{K}{\delta - 12r} + \frac{qhr(p + 0,5q)}{220K} \left(\frac{l}{100} \right)^4$$

varvid

$$K = r(p + 0,5q) + 0,018 \left(\frac{ql^2}{h} \right) + \frac{qhr}{18} \left(\frac{l}{100} \right)^4$$

Sektionsarean vid anfangen kan antagas till 1,30 å 1,35 $\times F$, under förutsättning att livplåtshöjden i anfanget är 2,0 å 1,9 gånger större än i hjässan.

2. Verkställdes en första beräkning av bågen enligt den klassiska metoden med hjälp av influenslinjer (stadium 1). Böjningsmomentets influensytor visas å fig. 3.

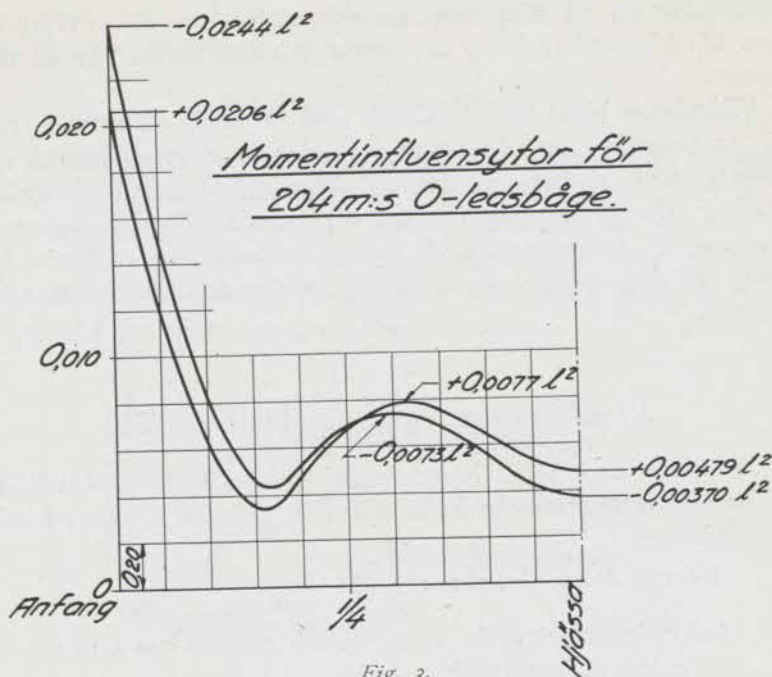


Fig. 3.

3. Beräknades nedböjningarna η_1 för de viktigaste lastställningarna (stadium 1).
4. Nya moment, normalkrafter och nedböjningar beräknades med utgångspunkt från de ändrade bågordinaterna $y_1 - \eta_1$ (stadium 2, nedböjning η_2).
5. Beräkningen upprepades för andra gången med ytterligare korrigerade bågordinator $y_1 - \eta_2$. Då resultatet av sistnämnda beräkning visade fullständig överensstämmelse med det närmast föregående, utgjorde detta ett kriterium på, att beräkningen icke vidare behövde upprepas samt att de sålunda erhållna resultaten voro slutgiltiga och korrekta.

Resultaten av bågarnas provbelastning.

Vid provbelastning av Västerbrons bågar uppgick provlasten till c:a 90 % av den trafikbelastning, som legat till grund för bågarnas beräkning.

Sammanfattning av provningsresultaten:

Max. nedböjning för 204 m-bågen i	}	hjässan	54 mm, beräknad	69 mm
		fjärdedelspunkterna	84 » »	87 »
» » » 168 » » »	}	hjässan	43 » »	55 »
		fjärdedelspunkterna	61 » »	70 »

Överensstämmelsen med de beräknade värdena är sålunda ganska god. Den kvarstående nedböjningen omedelbart efter belastningens avlägsnande utgjorde högst 2 mm.

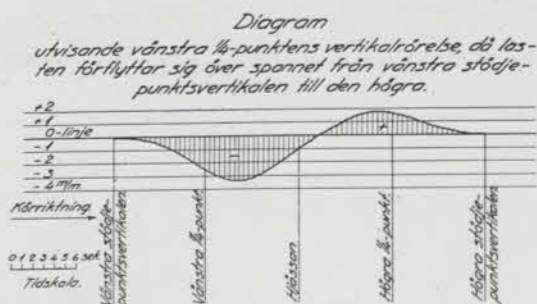


Fig. 4.

Under mätningarna ändrades temperaturen c:a 2°. De ovan angivna värdena äro korrigerade för denna temperaturändring. Enligt beräkningarna hava bågarnas vertikala rörelser på grund av temperaturändring uppgått till följande värden:

I 204 m-bågens hjässa	5,3 mm för 1° C
» 204 » »	fjärdedelspunkter ..	2,5 » » »
» 168 » »	hjässa	4,2 » » »
» 168 » »	fjärdedelspunkter ..	2,1 » » »

Höjdskillnaden i 204 m-bågens hjässa mellan vinter och sommar på grund av temperaturväxling kan sålunda antagas uppgå till omkring 30 cm.

Vid dynamiska försök (körprov) har brons svängningar i vertikal och horisontalled uppmätts med tillhjälp av dels en Stoppani-oscillograf,

dels en av hamnbyggnadsavdelningen konstruerad seismograf. Härvid ha följande värden erhållits:

Vertikalsvängningens frekvens för 204 m-bågen 1,7 Hertz
» » » 168 » 2,1 »
Horizontalsvängningens frekvens i 204 m-bågens hjässa är 0,55 och i
168 m-bågens hjässa 0,7 Hertz. (1 Hertz = 1 svängning/sek.)

Fig. 4 visar uppmätt nedböjning i 204 m-bågens ena fjärdedelspunkt, när en spårvagn (Örbyvagn), vägande 33 ton passerade bågen med en hastighet av 20 km per timme.

Stockholm i november 1935.

HAMNBYGGNADSAVDELNINGEN



Västerbroleden.

Riddarfjärden

KUNGSHOLMEN

SÖDERMALM

LÅNGHOLMEN

Rålambstorg

Västerbron

Pålundsbron

Långholms-gatan

Smedsudden

REYMERSHOLME

Liljeholmsviken

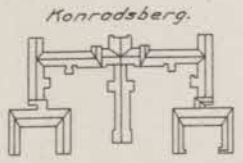
St. Eriks-gatan
Fridhemsgatan
Hantverkargatan
Norr Mälörstrand
Drottningholmsvägen

Verkaregatan
Hantverkargatan
gatan

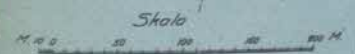
Viadukt

Söder Mälörstrand
Heleneborgsgatan
Vörvs-gatan

gatan
Horns-gatan



Marieberg



Förled

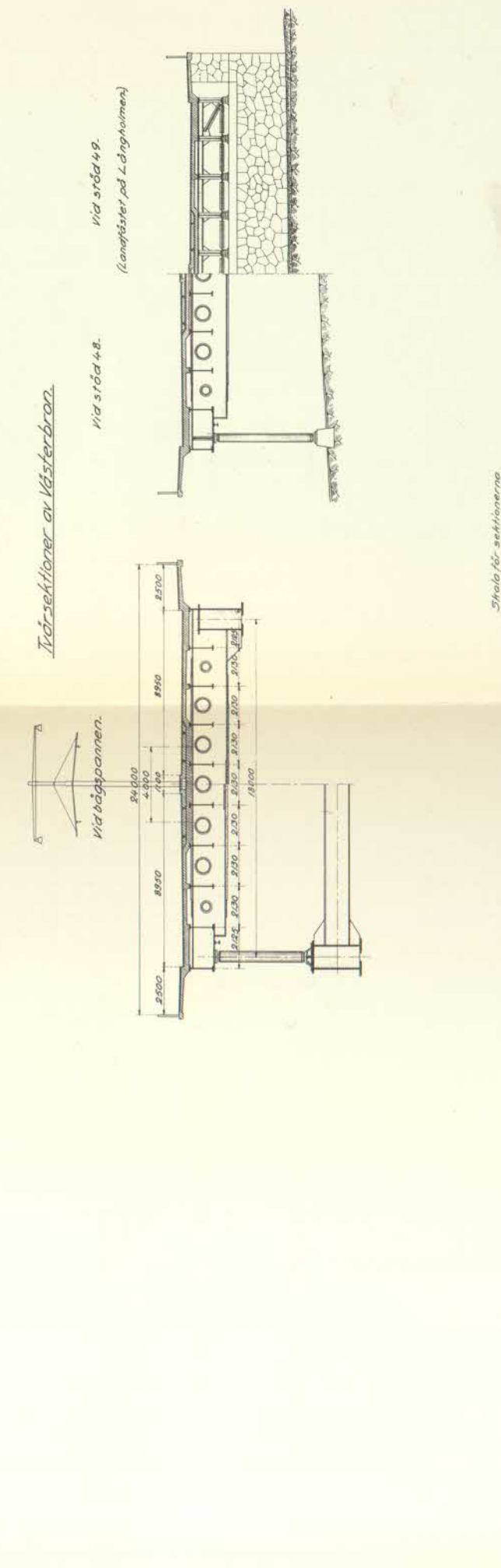
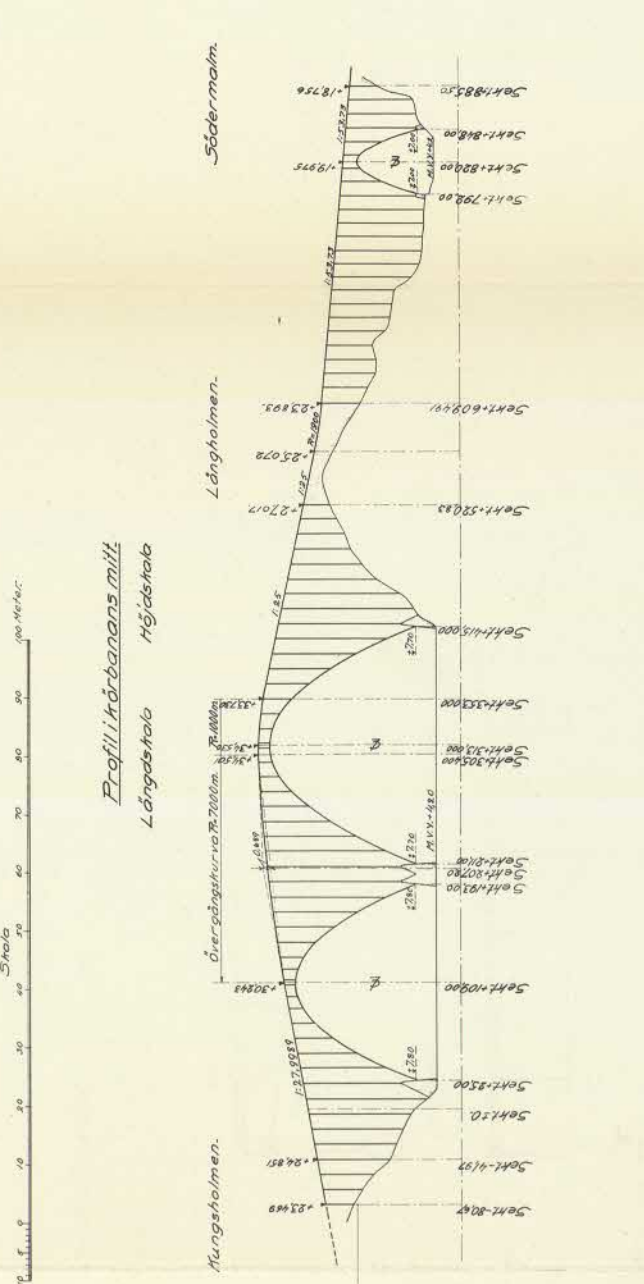
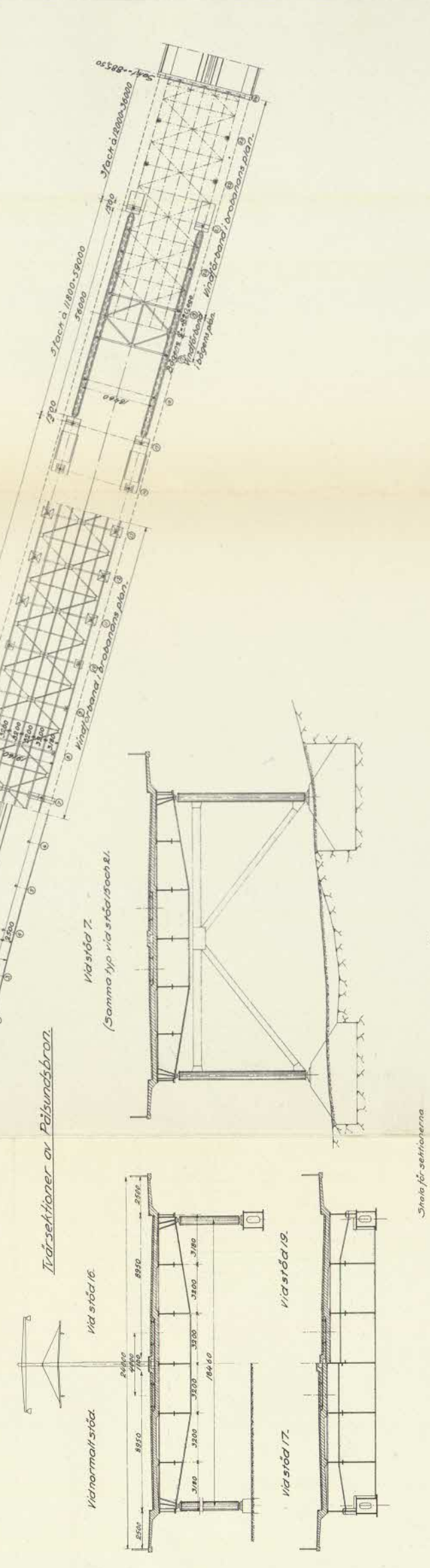
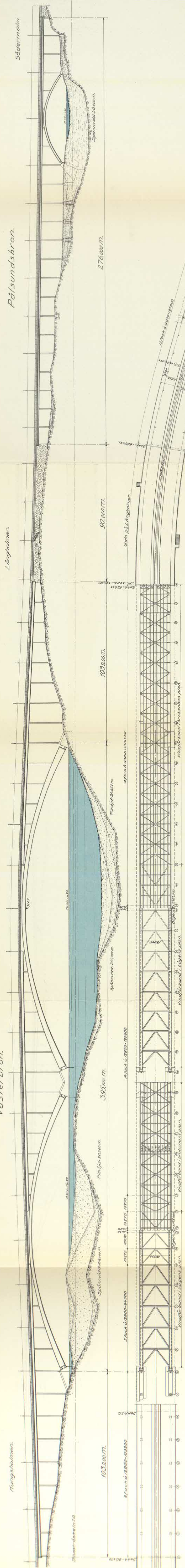
80 m

Förled

Palet
Långholmsbron



Västerbroleden.





Västertunneln.

Riddarfjärden

SÖDERMALM

LÅNGHOLMEN

REYMERSHOLME

LÅNGSHOLMEN

Viadukt

Rålambstorg

Smedsudden

Monradberg

Marieberg

Skala

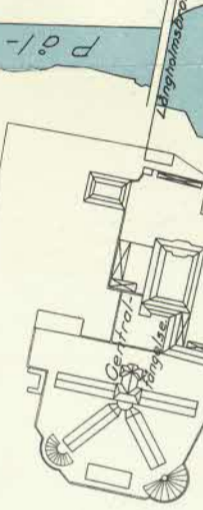
Forled

Forled

Västertunnelbron

Pälsundsbron

Briggnasbron



Söder Mälarstrand

gatan

Varvs-

borgs-

Helene-

Långholms-

Lilleholmsbron

Lilleholmsvikern

gatan

Horns-

gatan

gatan

S:t Eriks-

Fridhems-

gatan

Hant-

gatan

Drottningholms-

vägen

Norr Mälarstrand

gatan

Verke-

gatan

gatan

Drottningholms-

vägen