

Allmän teknisk beskrivning

Bankpålning

Upphovsman (författare)

AvdelningTeknik Sektion Väg- & Geoteknik
Kontaktperson: Per Löfling

Dokumentets titel

Allmän Teknisk Beskrivning
Bankpålning

Huvudinnehåll

Krav och råd avseende dimensionering, utförande och kontroll av bankpålning.

© Vägverket 1995

Mångfaldigande av innehållet i detta dokument helt eller delvis är förbjudet enligt lagen (1960:729) om upphovsrätt till litterära och konstnärliga verk utan medgivande av Vägverket. Förbudet gäller varje form av mångfaldigande genom kopiering etc.

Vägverkets tryckeri i Borlänge 1995

Nyckelord

Bankfyllning, bankpåle, bankpålning, brottgräns tillstånd, bruksgränstillstånd, bärförmåga, dimensioneringsförutsättning, lastfördelande jordlager, pålplatta, sättnings skillnad, undergrund

Distributör (namn, postadress, telefon, telefax)

Vägverket, Sektion Service, 781 87 BORLÄNGE, tfn 0243-75500, fax 0243-75550 (internt Vägverket)
Svensk Byggtjänst, 171 88 SOLNA, tfn 08- 73451 00 (externt)

Division Väg & Trafik

Postadress

781 87 BORLÄNGE

Besöksadress

Röda vägen 1

Telefon

0243 - 750 00

Telefax

0243 - 846 40

Förord


Bankpålning är en allmän teknisk beskrivning (ATB) som skall användas inom Vägverkets verksamhetsområde för väg- och broobjekt upphandlade fr o m 1995-08-01.

Denna ATB ersätter Vägverkets publikation 1993:4 "Bankpålning". Innehållet har anpassats till BRO 94 och VÄG 94. I och med att denna ATB börjar tillämpas 1995-08-01 upphör publikation 1993:4 "Bankpålning" att gälla.

För att de krav som anges i denna ATB skall gälla vid upphandling måste denna ATB åberopas i förfrågningsunderlaget (objektbeskrivningen) avseende aktuellt objekt. Formellt är väg- och broobjekt byggnadsverk som ingår i Vägverkets väg- och kompletteringsprodukter.

Om andra tekniska krav eller lösningar avses tillämpas än de i denna ATB angivna kan detta ske efter godkännande av chefen för Avdelning Teknik (cVT).

Borlänge i juni 1995



Bengt Jäderholm



Lars Örnfelt

Bengt Jäderholm

Lars Örnfelt

Innehållsförteckning

1	Allmänt	5
1.1	Inledning	5
1.2	Godtagande av bygghandlingar	5
1.3	Konstruktionsredovisning	5
1.4	Dokumentation	5
2	Begrepp	6
2.1	Beteckningar	6
2.2	Benämningar	6
3	Krav på bankpålning	8
3.1	Krav i brottgränstillstånd	8
3.2	Krav i bruksgränstillstånd	8
3.3	Teknisk livslängd	8
3.4	Miljöklass	8
3.4.1	Pålar	8
3.4.2	Pålplattor	8
4	Förutsättningar	9
4.1	Allmänt	9
4.2	Säkerhetsklass	9
4.3	Geoteknisk klass	9
4.4	Geoteknisk utredning	9
4.5	Laster	9
4.5.1	Permanent laster	9
4.5.1.1	Egentyngd	9
4.5.1.2	Jordtryck	10
4.5.1.3	Vattentryck	11
4.5.2	Variabla laster	11
4.5.2.1	Trafiklast	11
4.5.2.2	Vattentryck	12
4.6	Materialegenskaper	12
4.6.1	Hållfasthets- och defonnationsegenskaper hos jord	12
4.6.2	Hållfasthets- och defonnationsegenskaper hos särskilda material	13
4.6.3	Effektivspänning i jord	13
4.7	Mått, marknivå och jordmäktighet	13
5	Brottgränstillstånd	14
5.1	Lastkombinationer	14
5.2	Vertikal bärförmåga	14
5.2.1	Undergrund	14
5.2.2	Lastfördelande jordlager och minsta bankhöjd	15

5.2.3	Fritt avstånd mellan pålplattor och plattäckningsgrad	16
5.2.4	Pålplatta	17
5.2.5	Påle	17
5.3	Horisontell bärförmåga	17
6	Bruksgränstillstånd	22
6.1	Lastkombinationer	22
6.2	Sättning hos undergrund	22
6.3	Pålplatta	22
6.4	Påle	22
7	Utformning av bankpålningens avslutning	23
8	Material	24
8.1	Lastfördelande jordlager	24
8.1.1	Grusmaterial	24
8.1.2	Krossmaterial 0-200 mm	24
8.2	Bankfyllning	24
8.2.1	Grovkornig jordart	24
8.2.2	Sprängstensfyllning	24
8.2.3	Annan bankfyllning	24
8.3	Betong och pålar	25
8.3.1	Tillverknings- och utfärandeklass	25
8.3.2	Delmaterial till betong	25
8.3.3	Betong	25
8.3.4	Annering	25
8.3.5	Påle och påldetaljer	25
9	Utförande	26
9.1	Belastning på undergrund	26
9.2	Pålning	26
9.3	Underlag för pålplatta	26
9.4	Pålplatta	26
9.5	Utläggning av lastfördelande jordlager	27
9.6	Utläggning av bankfyllning	27
9.7	Byggnadstrafik	27
10	Kontroll	28
10.1	Grundkontroll	28
10.1.1	Undergrund	28
10.1.2	Underlag för pålplatta	28
10.1.3	Pålar och påldetaljer	28
10.1.4	Installerad påles läge och lutning	28
10.1.5	Pålplatta	28
10.1.6	Lastfördelande jordlager och bankfyllning	28

Bankpålning		VV Pub11994:68	3
10.1.7	Byggnadstrafik		29
10.2	Tilläggskontroll		29
11	Övriga dokument		30
11.1	Vägverkspublikationer		30
11.2	Externa publikationer		30

1 Allmänt

1.1 Inledning

Denna allmänna tekniska beskrivning omfattar beräkning, utförande och kontroll av bankpålningar. Beräkningar skall ske enligt de principer som anges i BKR 94 (BFS 1993:58) Boverkets konstruktionsregler. I övrigt utformas och utförs bankpålningar enligt VÄG 94.

Denna allmänna tekniska beskrivning skall användas i anslutning till byggnadstekniska beskrivningar. Texten är uppdelad i bindande krav och kommentarer till dessa. De senare är redigerade som indragen text.

Konstruktionsberäkningar, arbetsritningar och kontrollplaner redovisas för att verifiera att dimensioneringsförutsättningarna och kraven på bankpålningar uppfylls.

Dimensioneringsförutsättningar som kan medföra begränsningar vid användningen av vägen eller område utanför väg området skall redovisas, t ex maximalt tillåten fyllnadshöjd, avschaktning och dränering.

1.2 Godtagande av bygghandlingar

Konstruktionsredovisningen skall vara godtagen av Vägverket, VT, enligt BRO 94, 10.91 och kontrolleras enligt 10.922.

1.3 Konstruktionsredovisning

Konstruktionsredovisningen skall uppfylla tillämpliga delar av kraven enligt BRO 94, kapitel 11. Dessutom skall på ritningen anges

- Pålningens ordning
- särskilda uppgifter för arbetets utförande, t ex schaktning och fyllning
- material hos lastfördelande jordlager och bankfyllning
- utförande av utläggning och packning av lastfördelande jordlager och bankfyllning
- när bankpålningen tidigast får belastas.

1.4 Dokumentation

Utöver konstruktionsredovisningen enligt 1.3 skall bankpålningar dokumenteras med relationshandlingar enligt BRO 94, 12.2.

2 Begrepp

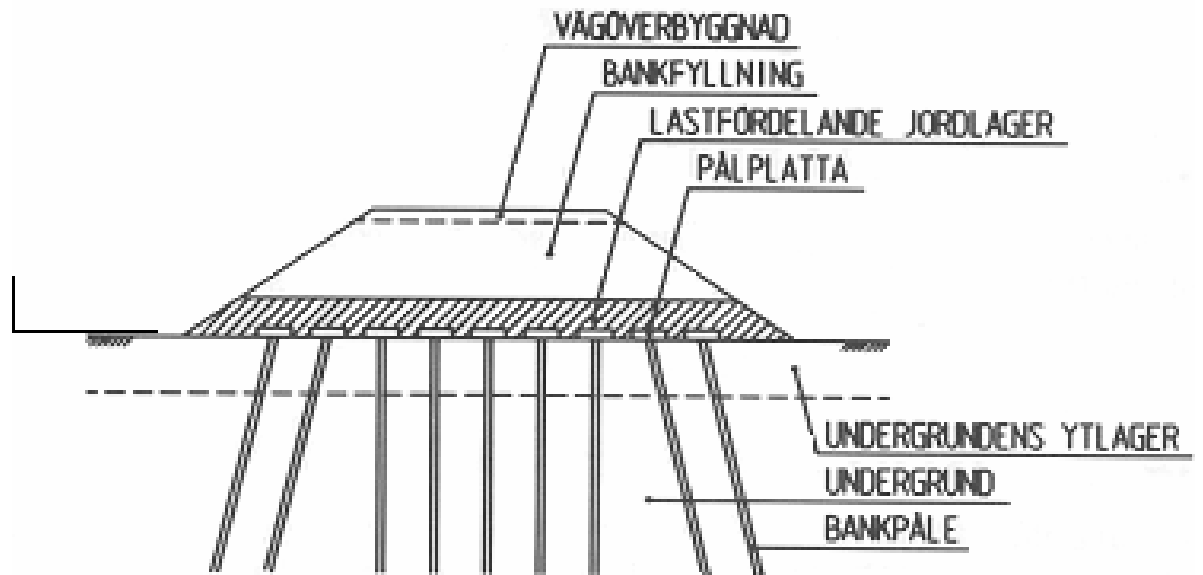
2.1 Beteckningar

Här förklaras endast ofta förekommande beteckningar. Övriga beteckningar förklaras i anslutning till texten där de förekommer.

a	Kantlängd på (kvadratisk) påplatta
c	Centrumavstånd mellan bankpålar
t	Tjocklek på lastfördelande jordlager
H	Bankhöjd över påplattas underkant
n	Vägbanks släntlutning
P_t	Trafiklast på vägbana
γ	Tunghet
ϕ_k	Karakteristisk inre friktionsvinkel
ϕ_d	Dimensionerande inre friktionsvinkel
c_{uk}	Karakteristisk odränerad skjuvhållfasthet
$C_U = d_{60}/d_{10}$	Graderingstal
γ_m	Partialkoefficient för materialegenskap
γ_n	Partialkoefficient för säkerhetsklassen i brottgränstillstånd
γ_f	Partialkoefficient för last
ψ	Lastreduktionsfaktor

2.2 Benämningar

Bankpåle	Påle avsedd att överföra last från vägbank och trafik till bärkraftig jord och berg. Pålen står fri från övriga pålar
Lastfördelande jordlager	Jordlager närmast över påplattorna där lasten överförs till påplattorna genom valvverkan mellan påplattorna.
Platttäckningsgrad	Andel av pålad yta som täcks av påplattor
Pålplatta	Lastöverförande platta på bankpåles pålhuvud
Undergrundens ytlager	Den del av undergrunden som bär jordlasten mellan påplattorna som inte bärs genom valvverkan



Figur 2-1 Princip på bankpålningens uppbyggnad

3 Krav på bankpålning

3.1 Krav i brottgränstillstånd

Bankpålningar skall utformas så att de och dess närmaste omgivning får tillfredsställande stabilitet samt att brott i konstruktionen eller del av denna inte inträffar till följd av stora deformationer.

3.2 Krav i bruksgränstillstånd

Bankpålningar skall utformas så att sättnings skillnaden hos vägytan i vägens längs led och tvärled uppfyller kraven enligt V ÄG 94, 2.3.2.

3.3 Teknisk livslängd

Pålar och pålplattor skall utformas, dimensioneras och utföras så att en teknisk livslängd av 120 år uppnås.

3.4 Miljöklass

3.4.1 Pålar

Betongpålar och stålpålar skall dimensioneras och utföras i miljöklasser enligt BRO 94,31.11 och 31.12.

Ej rötskyddade träpålar skall placeras i sin helhet under lägsta grundvattenyta, eller i jord som med säkerhet alltid är vattenmättad. Vid bestämning av lägsta grundvattenyta skall framtida grundvattensänkningar beaktas.

3.4.2 Pålplattor

Pålplattor skall beräknas och utföras i miljöklasser för underbyggnad enligt BRO 94, 41.311. Dock skall täckande betong skiktet utökas med 10 mm utöver det som anges i BBK 94, tabell 7.3.2.2b.

4 Förutsättningar

4.1 Allmänt

Beräkningar skall utföras för den mest ogynnsamma kombinationen av lasteffekt och bärförmåga som kan tänkas förekomma under utförande eller användning.

4.2 Säkerhetsklass

Bankpålningar skall vid verifiering i brottgränstillstånd hänföras till säkerhetsklass 3. Dock får säkerhetsklass 2 tillämpas vid bestämning av pålars geotekniska bärförmåga.

4.3 Geoteknisk klass

Bankpålningar skall utföras och kontrolleras i någon av de geotekniska klasserna GK2 och GK3.

Beträffande geoteknisk klass, se BKR 94, avsnitt 4:21.

4.4 Geoteknisk utredning

Geoteknisk utredningar skall utföras enligt Vägverkets publikationer TU 158 "Geotekniska undersökningar för vägar" och 1989:7 "Geotekniska undersökningar för vägbroar".

4.5 Laster

4.5.1 Permanenta laster

4.5.1.1 Egentyngd

- Vid beräkning av egentyngder skall följande tungheter förutsättas:
- Jord enligt Vägverkets publikation 1994:15 "Jords hållfasthets- och deformationsegenskaper"
- Särskilda konstruktionsmaterial enligt V ÄG 94, 2.4.2.3 Material definierade i avsnitt 8 enligt 4.6.1.
- Betong 24 kN/m³

4.5.1.2 Jordtryck

Jordtryck av bankfyllning skall beräknas med karakteristiska värden på jordens egentyngd och hållfasthet samt med lastkoefficienter enligt 5.1. Om bankpålar har tillräcklig kapacitet för sidorörelse får aktivt jordtryck förutsättas.

Aktivt jordtryck i ett snitt som ligger på avståndet x_1 från släntkrönet och där glidyten skär upp i vägbanan, se figur 4-1, är

$$F_{Sj} = \frac{1 - \tan \phi_k \tan \omega_1}{\tan \phi_k + \tan \omega_1} \left[\frac{\gamma H^2 \tan \omega_1}{2} - \frac{\gamma x_1^2}{2n} \right] \quad (4-1)$$

där

$\tan \omega_1$ är vinkeln mellan vertikalplanet och glidyten enligt ekvation 4-2

$$\tan \omega_1 = -\tan \phi_k + \sqrt{(1 + \tan^2 \phi_k) \left[1 + \frac{\frac{\gamma x_1^2}{2n}}{\frac{\gamma H^2 \tan \phi_k}{2}} \right]} \quad (4-2)$$

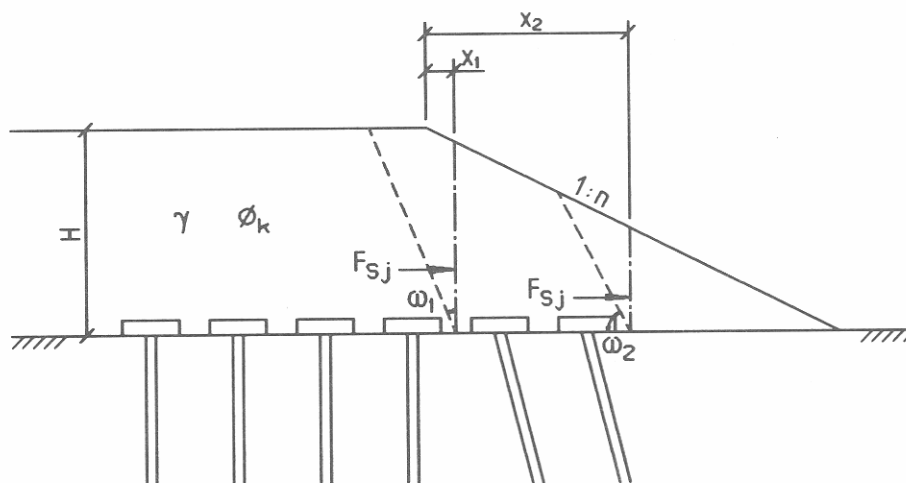
När farligaste glidyten inte når upp till släntkrönet utan skär upp i slänten, är aktivt jordtryck i ett snitt som ligger på avståndet x_2 från släntkrönet

$$F_{Sj} = \frac{\gamma}{2} \left(H - \frac{x_2}{n} \right)^2 \frac{\tan \omega_2 - \tan \phi_k}{\left(\tan \omega_2 - \frac{1}{n} \right) (1 + \tan \phi_k \tan \omega_2)} \quad (4-3)$$

där

$\tan \omega_2$ är vinkeln mellan horisontalplanet och glidyten enligt ekvation 4-4

$$\tan \omega_2 = \tan \phi_k + \sqrt{(1 + \tan^2 \phi_k) \left(1 - \frac{1}{n \tan \phi_k} \right)} \quad (4-4)$$



Figur 4-1 Princip för beräkning av aktivt jordtryck i bankslän

4.5.1.3 Vattentryck

Permanent vattentrycket skall beräknas vid medelvattenståndet MW i vattendrag och sjöar eller vid grundvattnets medelnivå.

Vattentrycket är uppdelat i tYd delar, varav en räknas som permanent last och en som variabel last, se 4.5.2.2.

4.5.2 Variabla laster

4.5.2.1 Trafiklast

Vertikal belastning

Vid bankhöjder ≥ 3 m belastas högst två av lastfälten på vägbanan med ytlasten, PI' 20 kN/m² på en längd av 10 m. Vid bankhöjden 2,5 m är denna belastning 25 kN/m². För bankhöjder mellan 2,5 m och 3 m bestäms trafiklasten genom rätlinjig interpolering. Bankhöjden räknas från pålplattornas överkant Resterande del av lastfälten samt övriga lastfält belastas med ytlasten 5 kN/m².

Trafiklasten på vägen belastar det antal hela lastfält med bredden 3,0 m som ryms inom vägbanan (körbana och vägren).

Trafiklast på gång- och cykelbana är 10 kN/m² på hela vägbanebredden på en längd av 6 m. Alternativt belastas gång- och cykelbana med ytlasten 5 kN/m² på obegränsad längd.

Horisontell belastning

Aktivt jordtryck av trafiklast i ett snitt som ligger på avståndet x_1 från släntrönet och där glidytan skär upp i vägbanan, se figur 4-2, är

$$F_{Sp} = \frac{1 - \tan \phi_k \tan \omega_1}{\tan \phi_k + \tan \omega_1} [p_t H \tan \omega_1 - p_t (x_1 + sr)] \quad (4-5)$$

där

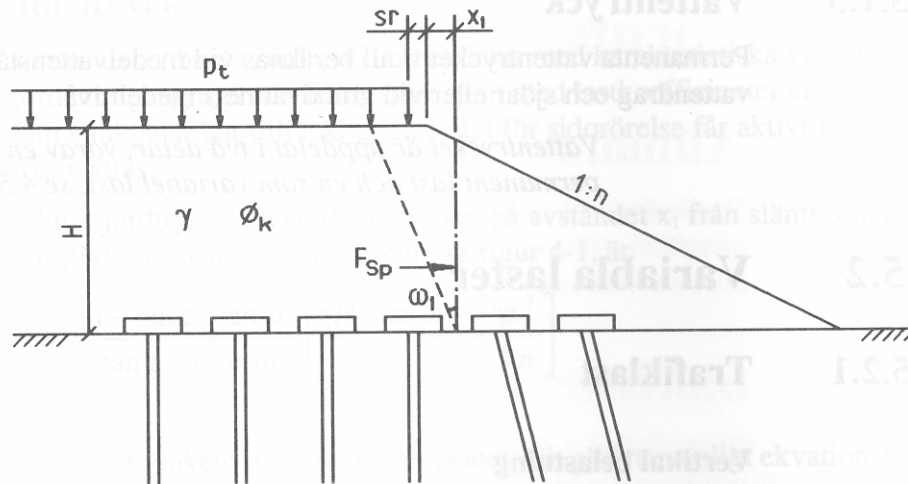
$\tan \omega_1$ är vinkeln mellan vertikalplanet och glidytan enligt ekvation 4-6

p_t är vertikal trafiklast enligt ovan

sr är stödremans bredd

Vid vägräcke är stödremans bredd normalt 0,5 m.

$$\tan \omega_1 = -\tan \phi_k + \sqrt{(1 + \tan^2 \phi_k) \left[1 + \frac{p_t (x_1 + sr)}{p_t H \tan \phi_k} \right]} \quad (4-6)$$



Figur 4-2 Princip för beräkning av aktivt jordtryck av trafiklast i bankslänt

4.5.2.2 Vattentryck

Variabla vattentrycket skall beräknas som skillnaden mellan vattentrycket enligt V ÄG 94, 2.4.2.4 och det permanenta vattentrycket.

4.6 Materialegenskaper

4.6.1 Hållfasthets- och deformationsegenskaper hos jord

Jords hållfasthets- och deformationsegenskaper inklusive partialkoefficienten γ skall bestämmas enligt Vägverkets publikation 1994:15 "Jords hållfasthets- och deformationsegenskaper".

Följande materialvärden godtas för lastfördelande jordlager av grusmaterial och bankfyllning av grovkornig jord som uppfyller kraven i 8.1.1 respektive 8.2.1:

- Tunghet 20 kN/m^3
- Karakteristisk inre friktionsvinkel, $\phi_k = 35^\circ$
- Partialkoefficient för $\tan \phi$, $\gamma_m 1m = 1,1$.

Följande material värden godtas för lastfördelande jordlager av krossmaterial 0-200 mm och bankfyllning av sprängsten som uppfyller kraven i 8.1.2 respektive 8.2.2:

- Tunghet 18 kN/m^3
- Karakteristisk inre friktionsvinkel, $\phi_k = 45^\circ$
- Partialkoefficient för $\tan \phi$, $1m = 1,1$.

4.6.2 Hållfasthets- och deformationsegenskaper hos särskilda material

Hållfasthets- och deformations egenskaper hos övriga material, t ex lättklinker cellplast, skumbetong och jordarmering, skall bestämmas enligt VÄG 94, 2.4.3.3. .

4.6.3 Effektivspänning i jord

Vid stabilitets- och sättningsberäkningar skall effektiv spänningen i jorden beräknas enligt VÄG 94, 2.4.3.4.

4.7 Mått, marknivå och jordmäktighet

Toleranser för centrumavstånd och lutningar hos pålar skall anges i byggnadsteknisk beskrivning.

Dimensionerande marknivå och jord mäktighet skall väljas enligt Vägverkets publikation 1994:15 "Jords hållfasthets- och deformationsegenskaper".

5 Brottgränstillstånd

5.1 Lastkombinationer

Beräkning av vertikal bärförmåga görs med lastkoefficienten $\gamma_f = 1,0$ för last av konstruktionens egentvngd samt $\psi\gamma_f = 1.5$ för trafiklast.

Vid beräkning av horisontell bärförmåga beräknas dimensionerande laster med följande lastkoefficienter:

- $\gamma_f = 0,9/1,1$ för jordtryck
- $\gamma_f = 1,0$ för permanent vattentryck
- $\psi\gamma_f = 0,7/1,5$ för jordtryck av trafiklast
- $\psi\gamma_f = 0,8/1,3$ för variabelt vattentryck.

Lasterna skall kombineras så att ogynnsammaste inverkan på bankpålningen erhålles. Ogynnsammaste variabla last skall ges det högre värdet på lastkoefficienten '!fYr' Den andra variabla lasten skall ges det lägre värdet.

5.2 Vertikal bärförmåga

5.2.1 Undergrund

Verifiering av krav på undergrundens bärförmåga görs genom glidyteberäkning. Hänsyn skall tas till påslagningens nedsättande effekt på jordens bärförmåga samt till last på undergrunden mellan pålplattorna. Medellasten på undergrunden, σ_m , får beräknas enligt

$$\sigma_m = \left(\frac{\gamma \cdot c^2 - a^2}{K \tan \phi_k \cdot 4a} + d\gamma \right) \cdot \left(1 - \frac{a^2}{c^2} \right) \quad \text{kPa} \quad (5-1)$$

där

- γ är jordens effektiva tunghet enligt 4.5.1.1 (kN/m³)
- ϕ_k är karakteristisk inre friktionsvinkel för lastfördelande jordlager
- K är jordtryckskoefficient. Väljs till 1,1 med lastfördelande jordlager enligt 8.1
- c är centrumavstånd mellan bankpålar (m)
- a är kantlängd på (kvadratisk) pålplatta (m)
- d är pålplattans tjocklek (m).

I byggnadsteknisk beskrivning anges om kontroll av rörelser och portryck skall utföras. Tillåtna gränsvärden och krav på åtgärder om rörelser eller portryck överskrids, anges i byggnadsteknisk beskrivning.

Undergrundens ytlager skall vara så fast att ytlagret kan bära jordlasten mellan pålplattorna som inte bärs genom valvverkan. Kravet på ytlagret anses vara uppfyllt om undergrunden från pålplattans underkant och ned till minst 3 gånger det fria

avståndet mellan pålplattorna har följande egenskaper:

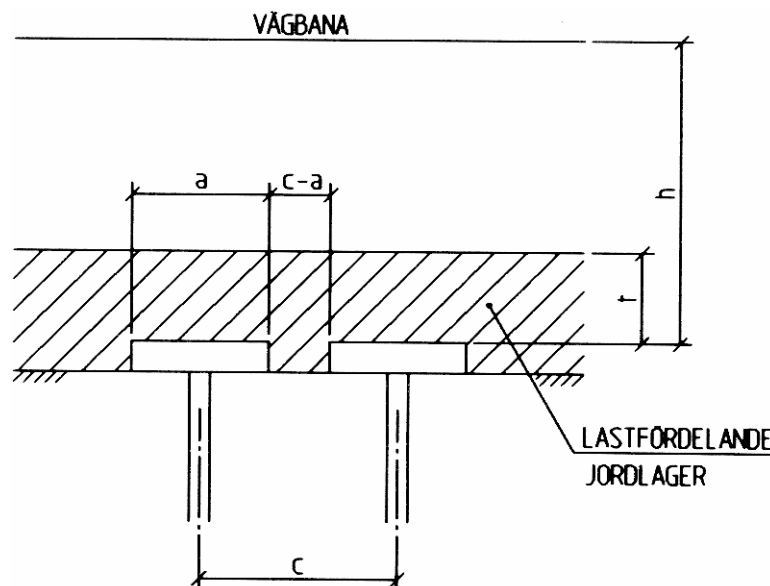
- jord med organisk halt $\leq 6\%$
- karakteristisk odränerad skjuvhållfasthet ≥ 10 kPa
- sensitivitet ≤ 30
- vattenkvot $\leq 75\%$.

Om det lastfördelande jordlagret utförs som armerad jord kan bankpålningar tillåtas även när inte kraven på undergrundens ytlager är uppfyllda.

Dimensionering av fritt avstånd mellan pålplattor och platttäckningsgrad med hänsyn till undergrundens bärförmåga görs enligt 5.2.3.

5.2.2 Lastfördelande jordlager och minsta bankhöjd

Det lastfördelande jordlagret och bankhöjden skall utformas så att huvud delen av lasten av det lastfördelande jordlagret, bankfyllningen och trafiken överförs till pålarna via pålplattorna genom valvverkan utan att några deformationer uppkommer på vägytan.



Figur 5.1 Geometriska krav

Godtagbar funktion kan förutsättas om nedanstående geometriska krav uppfylls

$t \geq 1,5 (c - a)$, dock minst 1,0 m

$h \geq 2,5$ m, dock $\geq 3 (c - a)$ vid lastfördelande jordlager av grusmaterial enligt 8.1.1.

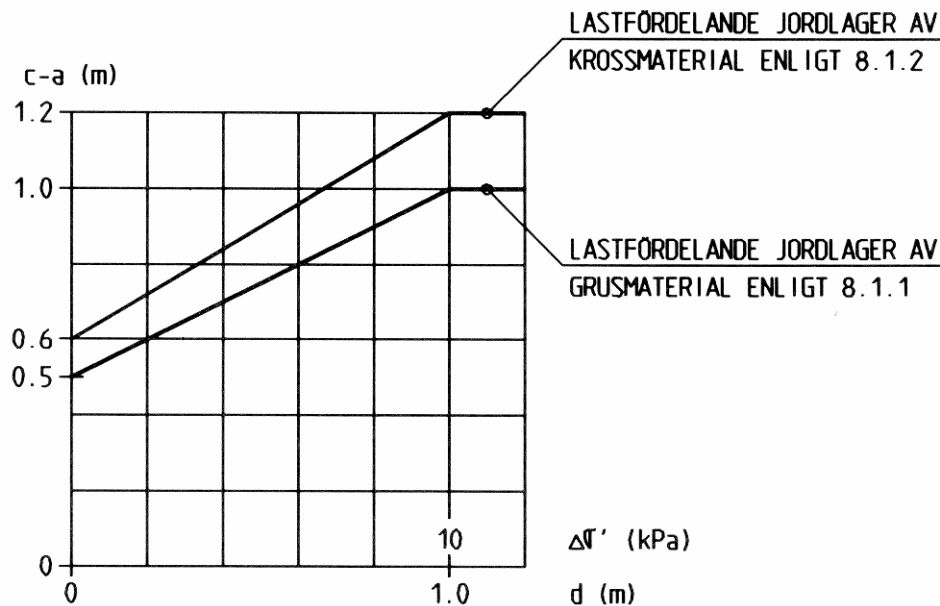
5.2.3 Fritt avstånd mellan pålplattor och platttäckningsgrad

Bankpålningar skall utformas med fritt avstånd mellan pålplattor och platttäckningsgrad så att belastningen på undergrunden mellan pålplattorna inte medför några nämnvärda deformationer.

Godtagbara deformationer kan förutsättas om det fria avståndet mellan pålplattorna, $(c - a)$, väljs enligt figur 5-2 samt att platttäckningsgraden, $(a/c)^2$, skall vara $\geq 40\%$.

Om karakteristisk odränerad skjuvhållfasthet är minst 25 kPa och organisk halt, sensitivitet samt vattenkvot inte överstiger värdena enligt 5.2.1 hos undergrunden inklusive dess ytlager godtas att värden på det fria avståndet mellan pålplattorna enligt figur 5-2 ökas med 0,1 m. I detta fall skall platttäckningsgraden vara $\leq 30\%$.

Om det lastfördelande jordlagret utförs som armerad jord kan det fria avståndet ökas och platttäckningsgraden minskas.



Figur 5-2 Fritt avstånd mellan pålplattor

d är mäktighet hos friktionsjord eller torrskorpa ($c_{uk} \leq 50$ kPa) under pålplattorna

$\Delta\sigma'$ är minskning av effektiv vertikalspänning hos undergrundens ytlager genom avlastning eller motsvarande överkonsolidering verifierad genom laboratorieförsök.

Beträffande kraven på undergrundens deformationsegenskaper i övrigt se 6.2.2.

Normalt väljs samma pålavstånd och plattstorlek under bankslänt som under vägbana.

5.2.4 Pålplatta

Pålplattor skall beräknas för lastkombinationer enligt 5.1.

Pålplattor beräknas för att bära hela lasten av lastfördelande jordlager, bankfyllning och trafik med projekterat centrumavstånd mellan pålar inklusive toleranser.

Lasten fördelas så att den del av lasten som ligger rakt ovanför pålplattan antas som jämnt utbredd last samt den del av lasten som ligger mellan pålplattorna antas som en randlast längs pålplattans kanter.

Armeringen i pålplattan skall fördelas med hänsyn till momentkoncentrationen över pålen.

Vid beräkning med hänsyn till genomstansning skall B bestämmas enligt

Betonghandboken-konstruktion, avsnitt 6.5:34. c skall sättas lika med två gånger den längsta konsolen, där konsolen räknas från centrum av pålen. Om $c/2d$ är mindre än 5 godtas att $c/2d$ sätts lika med 5. Vid beräkningen godtas att lasten inom en cirkel med diametern $B+d$ borträknas. Erforderlig böjarmering skall dras fram till plattkanten och förankras genom nedbockning eller ombockning i horisontalplanet som "hårnålar".

Om pålplattor gjuts direkt mot jord skall de yttersta 50 mm av betongen mot jorden betraktas som överksamt.

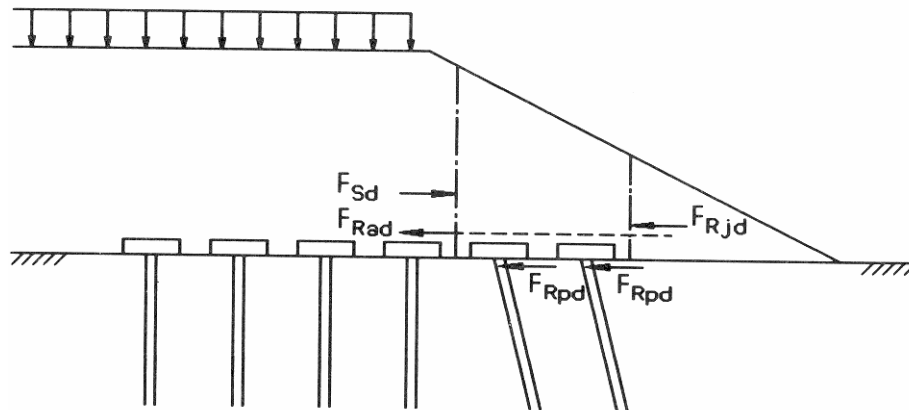
5.2.5 Påle

Pålar skall beräknas för samma lastkombinationer och laster som pålplattor.

Pålars bärförmåga skall beräknas enligt BRO 94, 32.22 och 32.23.

5.3 Horisontell bärförmåga

Figur 5.3 Horisontalkrafter i bank pålad slänt



Verifiering av krav på horisontell bärförmåga skall göras genom att visa att nedanstående olikhet är uppfylld i varje vertikal snitt genom vägbanken. Bankpålar skall ha tillräcklig kapacitet för den sidorörelse som motsvarar förutsatt jordtryck.

$$\sum F_{Sd} \leq \sum F_{Rpd} + F_{Rjd} + F_{Rad} \quad (5-2)$$

där

F_{Sd} är dimensionerande jordtryck av konstruktionens egentvngd och trafiklast ($F_{Sjd} + F_{spd}$), samt dimensionerande vattentryck

F_{Rpd} är horisontell komponent av axiallast i påle av dimensionerande last av konstruktionens egen tvngd

F_{Rad} är dimensionerande dragkraftskapacitet hos jordarmering.

Dimensionerande horisontell komponent av axiallast i påle skall beräknas med lastkoefficienten $\gamma_f = 1,0$ och med projekterad pållutning inklusive toleranser.

Dimensionerande horisontell bärförmåga hos jorden utanför yttersta pålraden är det lägsta av värdena på F_{Rjd} enligt nedan, figur 5-4 a-d. Hänsyn skall tas till pålslagningens nedsättande effekt på jordens bärförmåga.

a. Djup glidyta i undergrunden

Släntfotens stabilitet skall verifieras för den farligaste glidytan utanför det bankpålade området. Om glidytan genom vägbanken skär upp i slänten bestäms största tillåtet avstånd mellan släntfoten och närmaste belägna pålplattan ur

$$f = \frac{16}{3} \frac{c_{uk}}{\gamma_m \gamma_n} \frac{n + \frac{\xi}{n}}{\gamma_f \gamma} \frac{\alpha}{\left(\sin \alpha + \frac{\xi}{n} \cos \alpha \right)^2} \quad (5-3)$$

där

α halva medelpunktsvinkeln för en glidyta enligt ekvation 5-4

ξ konstant enligt ekvation 5-5

$\tan \omega_2$ är vinkeln mellan horisontalplanet och glidytan enligt ekvation 5-6

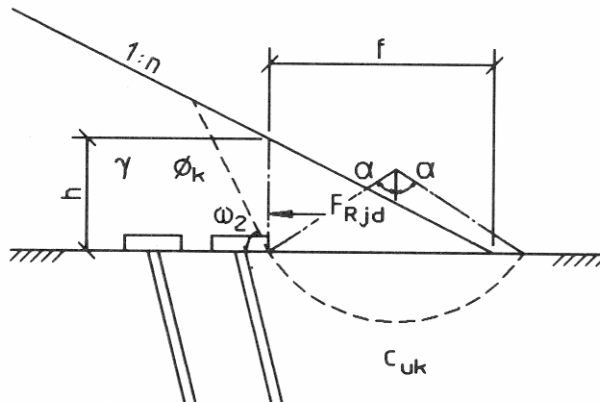
$$\alpha = \left(\frac{\frac{\xi}{n} + \tan \alpha}{2 - \frac{2\xi}{n} \tan \alpha} \right) \quad \alpha \text{ bestäms genom passning} \quad (5-4)$$

$$\xi = \frac{\tan \omega_2 - \tan \phi_k}{\left(\tan \omega_2 - \frac{1}{n} \right) (1 + \tan \phi_k \tan \omega_2)} \quad (5-5)$$

$$\tan \omega_2 = \tan \phi_k + \sqrt{(1 + \tan^2 \phi_k) \left(1 - \frac{1}{n \tan \phi_k}\right)} \quad (5-6)$$

Tillhörande mothållande jordtryck för beräknat f från ekvation 5-3 bestäms ur

$$F_{Rjd} = \frac{\gamma_f \gamma}{2} \left(\frac{f}{n}\right)^2 \xi \quad (5-7)$$



Figur 5.4 a Djup glidyta i undergrunden

b. Glidyta genom bankfyllningen

När släntlutningen är liten kan en glidyta genom bankfyllningen utanför den yttersta pålraden bli bestämmande för den mothållande kraften, se figur 5-4 b. Kraften bestäms av materialet i bankfyllningen och uppgår till passivt jordtryck. Högst 2/3 av dimensionerande passivt jordtryck får medräknas.

Mothållande passivt jordtryck i bankfyllningen är

$$F_{Rjd} = \frac{\gamma h^2}{2} \frac{\tan \phi_d + \tan \omega}{\left(\tan \omega + \frac{1}{n}\right) (1 - \tan \phi_d \tan \omega)} \quad (5-8)$$

där

$\tan \omega$ är vinkeln mellan horisontalplanet och glidytan enligt ekvation 5-9

h är bankhöjden i betraktat snitt

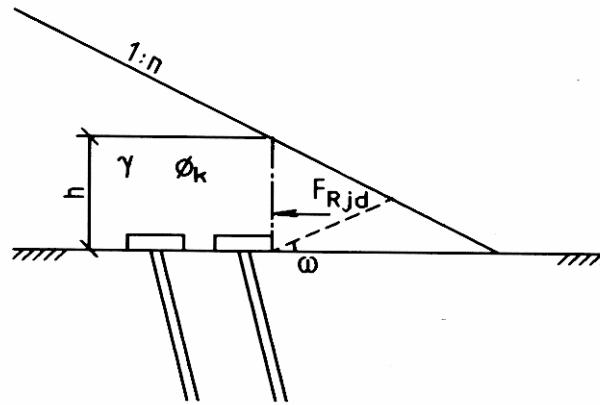
$$\tan \omega = -\tan \phi_d + \sqrt{(1 + \tan^2 \phi_d) \left(1 - \frac{1}{n \tan \phi_d}\right)} \quad (5-9)$$

$$\phi_d = \arctan \frac{\tan \phi_k}{\gamma_m \gamma_n} \quad (5-10)$$

Om $\omega < 0$ blir mothållande passivt jordtryck

$$F_{Rjd} = \frac{n\gamma \tan\phi_d h^2}{2}$$

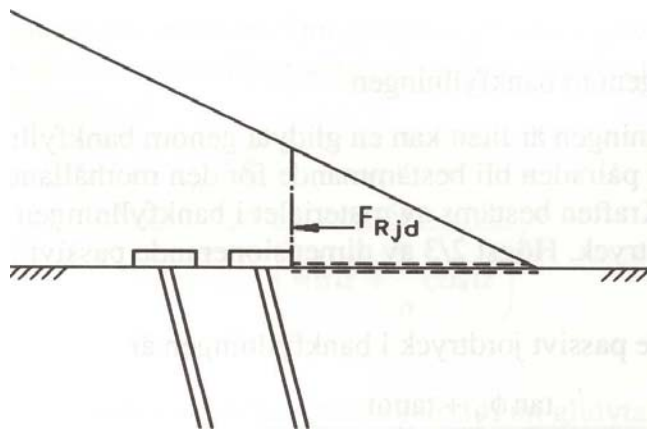
(5-11)



Figur 5-4 b Glidyta genom bankfyllningen

c. Glidyta i markytan

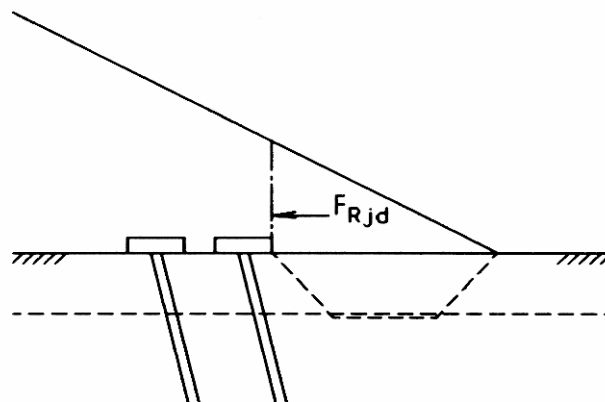
Den dimensionerande mothållande kraften bestäms av skjuvkraften i gränssytan mellan bankfyllningen och undergrundens ytlager, se figur 5-4 c.



Figur 5-4 c Glidyta i markytan

d. Glidyta i torrskorpans underkant

Om skjuvhållfastheten i jordlagret närmast under torrskorpan är väsentligt lägre än skjuvhållfastheten i torrskorpan, blir en glidyta närmast under torrskorpan bestämmande för den dimensionerande mothållande kraften, se figur 5-4 d.



Figur 5-4 d Glidyta i torrskorpans underkant

6 Bruksgränstillstånd

6.1 Lastkombinationer

Beräkning av sprickbredd i påle och pålplatta skall göras med lastkoefficienten $\gamma_f=1,0$ för last av konstruktionens egentyngd samt $\psi\gamma_f=0,3$ för trafiklast.

Pålplattans sprickfrihet kontrolleras med lastkoefficienten $\gamma_f=1,0$ för last av konstruktionens egentyngd samt $\psi\gamma_f=1,0$ för trafiklast.

Lastkombinationer för beräkning av sättnings skillnad hos vägyta ilängsled och tvärlled väljs enligt VÄG 94, kapitel 2.

6.2 Sättning hos undergrund

Undergrunden under bankpålningar skall minst vara konsoliderad för sin egentyngd och lastökning enligt 5.2.1. Lastökning på undergrunden till följd av uppfyllning under pålplattor eller grundvattensänkning, godtas endast om lastökningen inte medför några konsoliderings sättningar. Beräkningar skall baseras på noggrann bestämning av jordens deformationsegenskaper och tillförlitlig portrycksprognos. Sättningar under opålad slänt begränsas med hänsyn till påles sidoförskjutning och lastkapacitet. Bankpålning utsträcks så långt att sättningarna inte skadar bankpålarna eller påverkar vägbanan.

6.3 Pålplatta

Pålplattor skall beräknas för lastkombinationer enligt 6.1.

Pålplattor skall beräknas för att bära hela lasten av lastfördelande jordlager, bankfyllning och trafik med projekterat centrumavstånd mellan pålar inklusive toleranser.

Lasten fördelas så att den del av lasten som ligger rakt ovanför pålplattan antas som jämnt utbredd last samt den del av lasten som ligger mellan pålplattorna antas som en randlast längs pålplattans kanter.

Pålplattans överyta och sidoytor skall förses med ytarmering i form av minst 2,6 cm², $s \leq 300$ mm, per breddmeter, såvida inte beräkningen av sprickbredden visar att ett större armerings behov erfordras.

6.4 Påle

Påle skall beräknas för samma lastkombinationer och laster som pålplatta.

Påle, inklusive skarvar och bergskor, skall beräknas i bruksgränstillståndet såväl vid hantering som vid bestämmande av lastkapacitet.

7 Utformning av bankpålningens avslutning

Bankpålningens avslutning skall utformas så att kraven enligt avsnitt 3 uppfylls. Övergång till annan grundförstärkning planeras och dimensioneras så att ingen del av banken blir ofullständigt förstärkt och så att bankpålarna inte utsätts för skadliga sidoförskjutningar eller påhängskrafter.

8 Material

8.1 Lastfördelande jordlager

Materialet i det lastfördelande jordlagret närmast över pålplattorna skall uppfylla nedanstående krav.

8.1.1 Grusmaterial

Materialet skall uppfylla kraven i VÄG 94, 4.9.1.1.

8.1.2 Krossmaterial 0-200 mm

Materialet skall bestå av bergarter tillhörande bergtyp 1 eller 2 enligt V ÄG 94. Materialet får inte innehålla tjälklumpar, snö, is, organiska beståndsdelar eller avfallsprodukter.

Materialets kornkurva skall uppfylla följande krav:

$d_s > 0,074$ mm, $d_{50} > 20$ mm, $d_{90} < 200$ mm och graderingstal ≥ 5 . För material > 10 mm skall krossytegraden vara 50/0, dvs minst 50 viktprocent skall bestå av kom med enbart krossytor och inga korn för vara helt okrossade.

8.2 Bankfyllning

8.2.1 Grovkornig jordart

Materialet skall bestå av grovkornig mineraljordart med $d_{60} > 2$ mm och graderingstal ≥ 5 . Materialet får högst ha 2% organisk halt och inte innehålla tjälklumpar, snö, is, eller avfallsprodukter.

8.2.2 Sprängstensfyllning

Materialet skall uppfylla kraven enligt VÄG 94, 4.9.1.2.

8.2.3 Annan bankfyllning

Material skall uppfylla kraven enligt V ÄG 94, 4.9.1.3. Ovan det lastfördelande jordlagret och upptill minst 3 (c - a) från överkant pålplattor skall bankfyllningen bestå av material enligt 8.2.1, 8.2.2 eller överbyggnadsmaterial enligt V ÄG 94. Dimensionerande tunghet och inre friktionsvinkel skall bestämmas enligt särskild utredning och anges i byggnadsteknisk beskrivning.

8.3 Betong och pålar

8.3.1 Tillverknings- och utförandeklass

För betong och betongarbete skall "tillverknings- och utförandeklass I" tillämpas.

8.3.2 Delmaterial till betong

Delmaterial till betong skall uppfylla kraven i BRO 94, 43.2.

8.3.3 Betong

Betong till pålplattor skall uppfylla kraven i BRO 94, 43.3.

8.3.4 Armering

Armering till pålplattor skall uppfylla kraven i BRO 94, 43.61.

8.3.5 Påle och påldetaljer

Pålar och påldetaljer skall uppfylla kraven i BRO 94, avsnitt 33.

9 Utförande

9.1 Belastning på undergrund

Undergrunden får inte belastas av arbets fordon, materialupplag eller arbetbädd så att otillåtna sättningar eller förskjutningar av pålarna inträffar, se 6.2.

Om en arbetsbädd är olämplig med hänsyn till ovanstående bör stockmattor användas.

9.2 Pålning

Bankpålar skall slås i sådan ordning att massförskjutningarna i jorden inte rubbar färdigslagna pålar eller inverkar menligt på markens stabilitet

Pålningen skall utföras enligt BRO 94, 34.1. Dock skall pålarna kapas horisontellt. Pålningens ordning och krav på upptagning av lerproppar anges i byggnadsteknisk beskrivning.

9.3 Underlag för pålplatta

Underlag för plats gjuten pålplatta skall kunna bära gjutlasten utan deformationer och får inte suga vatten från betongen. Om underform krävs anges detta i byggnadsteknisk beskrivning.

För att förhindra att underlaget suger vatten kan ett tätskikt av plastfolie eller kraftpapp läggas ut.

Underlaget skall vara jämnt och horisontellt

Underlaget för förtillverkade pålplattor skall vara horisontellt och dess nivå så anpassad att pålplattan blir understödd på hela dess yta.

9.4 Pålplatta

Pålplattan skall gjutas centriskt över pålen.

Förtillverkade pålplattor skall placeras centriskt över pålen och med god anliggning mot pålhuvudet samt på otjälat underlag.

Pålen skall förankras i pålplattan så att uppträdande vertikal- och horisontalkrafter kan överföras mellan pålplattan och pålen.

För betongpåle med tvärsnittsarea $< 0,076 \text{ m}^2$ uppfylls kraven om pålen gjuts in minst 50 mm i en platsgjuten pålplatta.

Pålplattor får inte gjutas på tjälad mark eller på mark utsatt för vibrationer.

Efter gjutning eller montering tillses att pålplattorna inte rubbas ur sina lägen på grund av belastningar, tjällyftning eller vibrationer.

Som ett riktvärde bör avståndet/rån gjutplats till påslagning vara minst 20 m.

Med hänsyn till markrörelser i samband med påslagning bör pålplattor gjas eller monteras tidigast 2 veckor efter påslagning.

9.5

Utläggning av lastfördelande jordlager

Det lastfördelande jordlagret skall fyllas ut så att pålplattorna inte skadas eller rubbas ur sina lägen. Utläggningen utförs lagervis med lätt bandfordon. Om undergrundens ytlager saknar friktionsjordtorrskorpa skall utrymmet mellan pålplattorna fyllas ut med gripskopa eller grävmaskin. Första lagret ovanpå pålplattorna skall vara 0,50 m tjockt och övriga lager 0,25 m tjocka. Lagren packas med lätt bandfordon eller 400 kg vibratorplatta med minst 6 överfarter per lager. Om undergrundens ytlager saknar friktionsjord/torrskorpa skall det lastfördelande jordlagret packas med lätt bandfordon.

Det lastfördelande jordlagret får inte fyllas ut på sådant sätt att pålar snedbelastas på grund av stora nivåskillnader eller så att lutande pålar inte får tillräckligt mothåll.

Utläggningen skall utföras lagervis i vägens längdled över hela fyllningsbredden.

Vid bankpålningar med mantelburna pålar får det lastfördelande jordlagret inte utläggas förrän pålarna har uppnått tillräcklig bärförmåga. Tidpunkten skall anges i byggnadsteknisk beskrivning.

9.6

Utläggning av bankfyllning

Bankfyllning skall fyllas ut så att pålar och pålplattor inte snedbelastas eller förskjuts. Utläggningen skall utföras lagervis i vägens längdled över hela fyllningsbredden. Bankfyllning utförs enligt VÄG 94. Upp till 2 m över det lastfördelande jordlagret får packning inte utföras med vält med större statisk linjelast än 30 kN/m.

9.7

Byggnadstrafik

Under uppförandet får endast arbetsfordon som är nödvändiga för utläggningen av bankfyllningen trafllkera bankpålningen. På det lastfördelande jordlagret får endast bandfordon användas.

Trafllkering i övrigt under byggnadstiden tillåts endast på bankpålningar med minsta bankhöjd enligt 5.2.2.

10 Kontroll

10.1 Grundkontroll

Grundkontrollen skall omfatta dels kontroll av att utförandet överensstämmer med arbetsritningarna och dels de under 10.1.1 tom 10.1.6 angivna kontrollåtgärderna. Om omfattningen av kontrollen inte närmare anges får kontrollen begränsas till delkontroll. Omfattningen skall då avpassas så att det föreligger rimlig säkerhet för att konstruktionen i sin helhet uppfyller kraven.

10.1.1 Undergrund

Grundkontrollen skall omfatta kontroll av att de verkliga grundförhållandena överensstämmer med de förutsättningar på vilka projekteringen baserats och att undergrunden inte belastas otillåtet, se 9.1.

10.1.2 Underlag för pålplatta

Grundkontroll av underlag för pålplatta skall omfatta kontroll av att kraven angivna i 9.3 är uppfyllda.

10.1.3 Pålar och påldetaljer

Grundkontroll av pålar och påldetaljer skall omfatta kontroll av att kraven enligt BRO 94,35.11 är uppfyllda.

10.1.4 Installerad påles läge och lutning

Grundkontroll av påles läge och lutning skall omfatta att samtliga pålars lägen och lutningar mäts in.

10.1.5 Pålplatta

Grundkontroll av pålplatta skall omfatta kontroll av att kraven angivna i 9.4 är uppfyllda. Grundkontroll av betong och armering utförs enligt BRO 94, 45.2 och 45.3.

10.1.6 Lastfördelande jordlager och bankfyllning

Grundkontroll av lastfördelande jordlager och bankfyllning skall omfatta kontroll av

- kornkurva, organisk halt, bergtyp, krossytegrad, innehåll av tjälklum par, snö, is, organiska beståndsdelar och avfallsprodukter

- lagertjocklek, packningsutrustning, antal överfarter och temperaturförhållanden
- rörelser hos bankpålar och pålplattor.

10.1.7 Byggnadstrafik

Grundkontroll av byggnadstrafik skall omfatta att tillåten trafik enligt 9.7 inte överskrids.

10.2 Tilläggskontroll

Tilläggskontrollen skall omfatta kontrollåtgärderna som anges i byggnadsteknisk beskrivning. Kontrollåtgärderna och kontrollomfattningen skall redovisas i en kontrollplan.

Exempel på åtgärder som kan ingå i tilläggskontrollen är

- rörelse- och portrycksmätning
- kontroll av pålningsordning och lerpropptagning
- tidpunkt för utfyllning på mantelburna pålar
- material i annan bankfyllning än 8.2.1 eller 8.2.2.

Dessutom skall kontroll av påslagning utföras enligt BRO 94, 35.21.

11 Övriga dokument

Dimensionering och utförande av bankpålningar skall ske enligt följande medgällande regler och publikationer.

11.1 Vägverkspublikationer

BRO 94. Publikation 1994:1, :2, :3 och :4 - Vägverket V ÄG 94. Publikation 1994:22, :24 - Vägverket

Bestämning av jords hållfasthets- och deformationsegenskaper.

Publikation 1994:15 - Vägverket.

Geotekniska undersökningar för vägbroar. Publikation 1989:7 - Vägverket

Geotekniska undersökningar för vägar. Publikation TU 158 - Vägverket.

Jordarmering, dimensionerande draghållfasthet för syntetmaterial.

Publikation 1992: 10 - Vägverket.

11.2 Externa publikationer

BBK 94, (1994) Boverkets handbok om betongkonstruktioner - Boverket.

BKR 94 (BFS 1993:58) Boverkets konstruktionsregler - Boverket.

Betonghandboken - konstruktion, utgåva 2 (1990) - Svensk Byggtjänst.

Jordarternas indelning och benämning (1984). BFR T21:1982, rev 1992.