

Lättklinker som lättfyllning i vägbankar

INNEHÅLL

1. ALLMÄNT

- 1.1 Exempel på användning
 - 1.1.1 Bank på kohesionsjord
 - 1.1.2 Kompensationsgrundläggning
 - 1.1.3 Utskiftning av bankfyllning
 - 1.1.4 Övergångskil till fast vägdel
 - 1.1.5 Reduktion av jordtryck

2. MATERIALEGENSKAPER

- 2.1 Materialet
- 2.2 Dimensionerande densitet
 - 2.2.1 Allmänt
 - 2.2.2 Beräkning av slutdensitet
 - 2.2.3 Lyftkraft
- 2.3 Friktionsvinkel
- 2.4 Värmeisolering

3. STABILITET

4. KVALITETSKRAV VID LEVERANS

5. UTFYLLNING OCH PACKNING

6. SÄTTNINGAR I PACKAD LÄTTKLINKERFYLLNING

BILAGOR

Bilaga 1. Beräkning av dimensionerad densitet

Bilaga 2. Godtagbar spridning för torra skrymdensiteten mellan billass och delprov ur detta

1. ALLMÄNT

Med lätt fyllning avses material med lägre densitet än 1.0 t/m³, Som lätt fyllning i vägbankar har lättklinker fått stor användning.

Lättklinker är den gemensamma benämningen på bränd, expanderad lera som saluförs under olika fabriksnamn. Materialet används i bankfyllningar på underlag med dålig bärighet för att begränsa bankens tyngd. Det används även som fyllning mot stödkonstruktioner för begränsning av jordtrycket mot konstruktionen.

1.1 Exempel på användning

1.1.1 Bank på kohesionsjord med begränsad bärförmåga

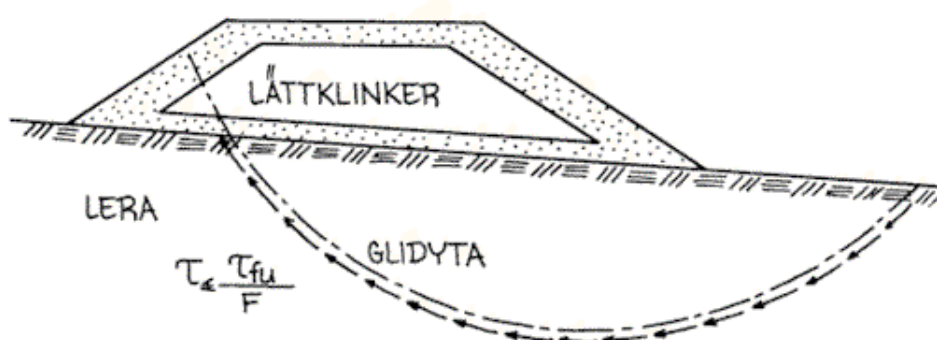


Fig. 1.1 Lättklinkerbanks stabilitet

Lättklinkerns tjocklek dimensioneras så att banken får godtagbar stabilitet med avseende på lerans bärförmåga, dvs skjuvspänningen τ i den kritiska glidytan skall vara mindre än skjuvhållfastheten τ_{fu} dividerad med säkerhetsfaktorn F . En bank med lätt fyllning ökar emellertid belastningen på leran. I den mån bankens tyngd överskrider lerans förkonsolideringsspanning kommer banken att sätta sig. Om sättningarna kompenseras genom påfyllning med tunga bankmassor eller beläggningssmassa ökar sättningarna betydligt mer än om kompensation sker med lättklinker.

1.1.2 Kompensationsgrundläggning så att sättningarna elimineras eller begränsas.



Fig 1.2 Kompensationsgrundläggning

Naturlig jord under banken skiftas ut mot lättklinker i sådan omfattning att totala tyngden av fyllningen inte överstiger jordens egen tyngd i fyllningens underyta.

Fullständig kompensering för bankens tyngd är praktiskt möjlig endast för låga bankar.

1.1.3 Utskiftning av bankfyllning i sättningskadad väg.

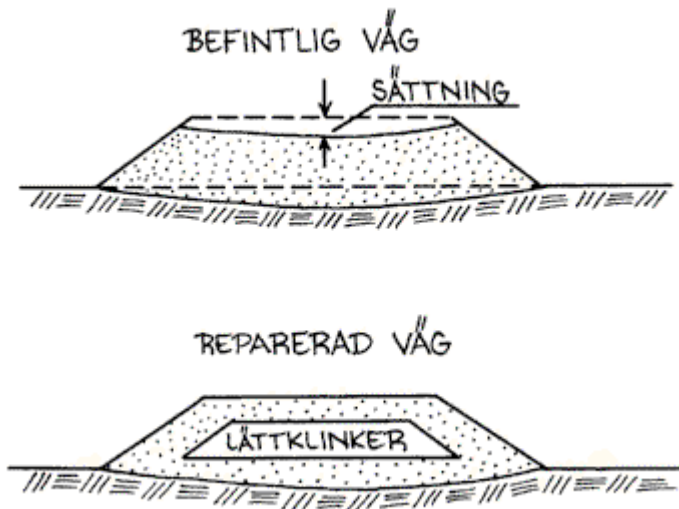


Fig 1.3 Reparation av sättningskadad väg

Befintlig tung bankfyllning skiftas ut mot lättklinker så att bankens tyngd ej överstiger den belastning som leran konsoliderats för.

1.1.3 Övergångskil till fast vägdel.

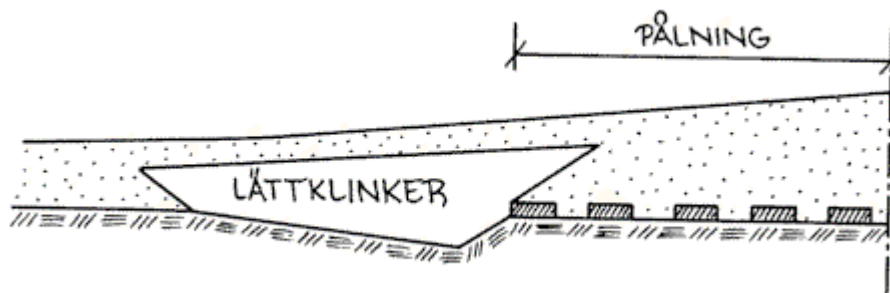


Fig 1.4 Lättklinkerkil

I övergången från en pålad vägdel till en opålad utjämnas sättningarna med en kil av lättklinker. Lättklinkerfyllningen avslutas i lutning 1:1.5 i vägens längsled.

1.1.5 Reduktion av jordtryck mot stödkonstruktion.

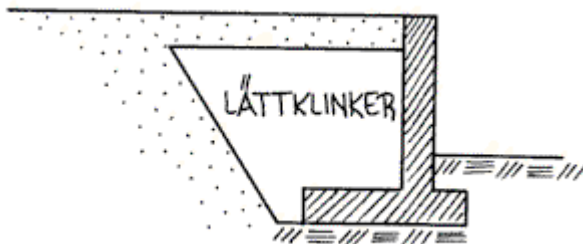


Fig 1.5 Reduktion av jordtryck

Bakfyllning med lättklinker ger cirka 70 % lägre jordtryck mot konstruktionen i jämförelse med fyllning med grus eller samkross.

2. MATERIALEGENSKAPER

2.1 Materialet

Lättklinker framställs genom bränning av lera i roterande ugnar vid 1000° -1200° temperatur. Därvid bildas porösa kulor av olika storlekar med en i huvudsak tät yta. Lättklinker marknadsförs med en största kornstorlek av 20 mm, undantagsvis 30 mm. Större klumpar, som bildas vid bränningen, krossas ned till användbar kornstorlek och blandas med okrossat material. I det krossade materialet blir porerna öppna mot omgivningen. Beroende på lerans egenskaper och bränningens utförande kan olika tung lättklinker framställas. För lätta fyllningar väljs lättklinker som ger låg slutlig skrymdensitet. För det ändamålet bör lättklinkern ha låg korndensitet, stor korndiameter och vara ensgraderad.

2.2 Dimensionerande densitet

2.2.1 Allmänt

Efter utfyllning i bank ökar lättklinkerns densitet på grund av att vatten absorberas. Dels bildas en vattenhinna på kulornas yta och dels tas vatten upp i lättklinkerns porer. Vattenupptagningen blir större om lättklinkern är odränerad och tidvis blir vattendränkt. Den går snabbare om lättklinkerns porer är öppna mot omgivningen än om kulorna är hela. Porerna blir emellertid ej helt vattenfyllda, såvida lättklinkern ej ligger lång tid under vatten. Lättklinkerfyllningar dimensioneras för den skrymdensitet fyllningen beräknas få efter lättklinkerns vattenupptagning.

Eftersom lättklinkers vattenupptagning påverkas av många olika faktorer, är en exakt beräkning av lättklinkerns slutdensitet ej möjlig. Framför allt varierar tiden för vattenupptagningen inom vida gränser. Förhållandet mellan olika fraktioners slutdensitet kan emellertid beräknas med nöjaktig noggrannhet med en beräkningsmodell som baseras på resultat från provtagning i bankfyllningar på laboratorium. Beräkningsmodellen gäller för svensk, dansk och finsk lättklinker. Enstaka undersökningar tyder på att vattenupptagningen hos annan importerad lättklinker kan vara betydligt större än den nordiska lättklinkerns.

2.2.2 Beräkning av slutdensitet

Provtagningar i dränerade vägfyllningar av lättklinker med kornstorleken huvudsakligen inom fraktion 12-20 mm och torrdensiteten 320 kg/m³ har visat att skrymdensiteten efter några år ökat till 500 kg/m³. Undersökningar på laboratorium tyder på att denna densitet motsvarar slutlig skrymdensitet för bankfyllning över markytan. Odränerad fyllning får cirka 15 % högre slutdensitet. Eftersom fyllning av lättklinker under markytan för vägar sällan är dränerad, dimensioneras denna för den högre densiteten. Packningsprov med olika metoder tyder på att porositeten för ensgraderad lättklinker i genomsnitt blir cirka 40 %. Vid beräkning av dimensionerande densitet förutsätts jämnstora sfäriska kulor med kornstorleken lika med fraktionens medeldiameter.

Vattenmängden på lättklinkerkulornas yta förutsätts bli densamma som på gruskorn av samma diameter. Utifrån dessa förutsättningar för fraktionen 12-20 mm beräknas vattenmängden på kulornas yta uppgå till 0,14 kg/m² och i lättklinkerns porer till ca 30 volymsprocent för dränerad fyllning och cirka 45 volymsprocent för odränerad fyllning. Dessa värden antas gälla även för övriga fraktioner.

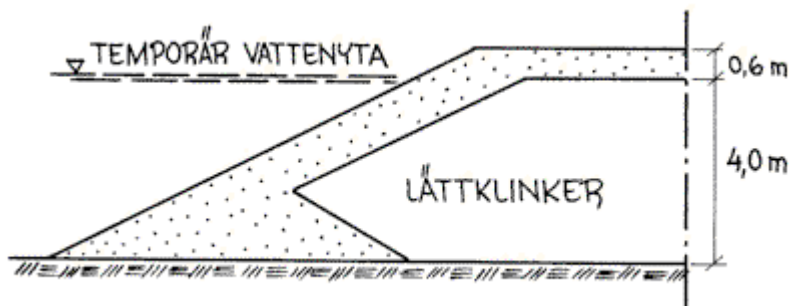
I bilaga 1 anges formler för beräkning av vattenmängden vid slutdensitet samt exempel på dimensionerande densitet för några vanliga fraktioner med olika torrdensitet vid lös lagring.

2.2.3 Lyftkraft

I vatten ger lättklinker upphov till en lyftkraft på grund av att korndensiteten är lägre än vattnets densitet. Lyftkraften, som beräknas enligt Arkimedes princip, minskar i takt med att lättklinkern blir tyngre genom att den absorberar vatten. Den maximala lyftkraften beräknas därför med avseende på lättklinkernas torra densitet enligt följande exempel.

Exempel

En bank med lättklinker enligt figur 2.2.3-1 kan tidvis erhålla en vattenyta upp till terrassytan. Lättklinkern består av fraktion 12-20 mm med torra densiteten 320 kg/m^3 . Hur stor blir maximala lyftkraften i förhållande till bankens tyngd? Lättklinkerns porositet är 40%



Figur 2.2.3-1 Vägbankens sektion

$$\text{Bankfyllningens tyngd i vägmitt: } Q = 0,6 \cdot 19 + 4 \cdot 3,2 = 24,2 \text{ KN/m}^2$$

$$\text{Lyftkraften i vägmitt: } U = 4,0 (1,0 - 0,4) \cdot 10 = 24,0 \text{ KN/m}^2$$

$$\text{Säkerheten mot lyftning: } F = Q/U = 24,2 / 24,0 = 1,01$$

Stor risk för lyftning.

2.3 Friktionsvinkel

Friktionsvinkeln påverkas av kornform och ytstruktur. Svensk och övrig nordisk lättklinker har en ojämn sfärisk form och friktionsvinkeln uppgår till 35° . Lättklinker producerad i Europa utanför Norden har en jämn sfärisk kornform med slät yta. Friktionsvinkeln för sådan lättklinker är lägre än den nordiska lättklinkerns och uppgår till 30° - 32° .

2.4 Värmeisolering

På grund av sin stora porvolym är lättklinker en dålig värmeledare. I planverkets kommentar till Svensk byggnorm 1980 anges värmeledningstalet till $0,13 \text{ W/m}^\circ\text{C}$ för lättklinker med torra skrymdensiteten 330 kg/m^3 och fuktkvoten 6%. Det låga värmeledningstalet orsakar frosthalka om lättklinkern ligger nära vägbanan. Med hänsyn till risken för frosthalka bör avståndet mellan lättklinkern och vägbanan vara minst 0,5 m.

3. STABILITET

För att en vägbank med lättklinker skall ha tillräcklig bärförmåga för trafiken erfordras stödfyllning med tungt material på bankslänterna. Dessutom måste överbyggnaden vara så tjock att spårbildning ej uppkommer. På vägar för allmän trafik skall överbyggnaden vara

minst 0,6 m och på vägar med endast lätt trafik minst 0,5 m. Med "lätt trafik" avses gångvägar, gator vägar som ej trafikeras med tyngre fordon (lastbilar-bussar). Banksektionen utformas utifrån förutsättningarna i det enskilda fallet så att säkerheten mot brott blir densamma inom sektionens olika delar. För stödfyllningen invid bankkrön gäller minimimåtten i figur 3.1. Dimensioneringsförutsättningarna avser ett tillåtet axel/boggietryck av 10/16 ton. Vid tyngre transporter måste särskild utredning göras för transportens genomförande.

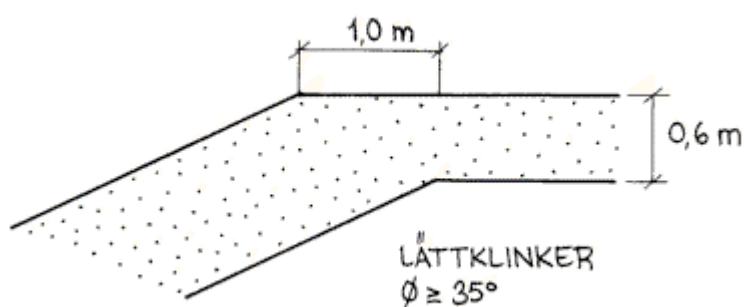


Fig 3.1 Stödfyllning vid bankkrön

För lättklinker med lägre friktionsvinkel än 35° ökas måttet 1,0 m till minst 1,1 m. Släntlutningen bör vara flackare än 1:1,5 för att packningen av lättklinkern skall bli effektiv. Räckesstolpar bör sättas i stödfyllningen. I de fall räckesstolpar når ned i lättklinkern stabiliseras denna runt räckesstolpen med cementbruk. Se även VV-typritning. Fundament för räckesstolpar vid Lättfyllnadsbank nr 401:8G-j.

Projektering bör baseras på lättklinker med låg dimensionerande densitet, normalt fraktionerna 10-20 mm, 12-20 mm eller 10-30 mm för vilka slutdensiteten förutsätts bli 500 kg/m³ för fyllning över markytan. Om leverantör offererar tyngre lättklinker kan dess slutdensitet beräknas i förhållande till den projekterade enligt bilaga 1. För att bankens stabilitet och sättning med den tyngre lättklinkern skall bli likvärdig med den projekterade bankens erfordras en större mängd av den tyngre lättklinkern i sektionen. Detta kan exempelvis medföra extra urschaktning. Under förutsättning att bank med tyngre lättklinker ej blir dyrare än den projekterade kan det tyngre materialet väljas.

4. KVALITETSKRAV VID LEVERANS

Lättklinker skall uppfylla specifikationerna för i kontraktet avtalad fraktion, skrymdensitet vid lös lagring och vattenkvot. Därvid gäller följande för beställarens kontroll på arbetsplatsen. Kornfördelningen bestäms genom siktning varvid provets volym väljs i förhållande till fraktionens största kornstorlek enligt tabell 4-1.

Tabell 4-1

Största kornstorlek mm	Provvolymer liter	Provuttag liter
30	3	
20	1	≥ 10 l. nerdelas
10	0,5	

90 % av materialet skall ligga under fraktionens övre gräns och högst 15 % får vara finare än fraktionens undre gräns.

Vattenkvoten får vara högst 15 viktprocent räknat på torrt prov. Den bestäms genom vägning av prover med ca 1,5 l volym före och efter torkning i ugn under 24 timmar vid 105° temperatur.

Skrymdensiteten vid lös lagring bestäms på torkade prover. Efter torkning hålls lättklinkern med konstant fallhöjd i en graderad behållare med känd volym och tyngd. Kärlet bör ha minst 3 dm² bottenarea och cirka 12 liter volym. Sedan provets överyta avjämnats, bestäms volymen och skrymdensiteten.

Medelvärde av en serie (1 serie innebär minst 3 prover) får ej överstiga avtalad skrymdensitet. Enstaka prover får överstiga det avtalade värdet med högst 15 %.

Om leverantören lastar lättklinkern på bilar med känd tyngd och lastvolym, kan medelvärdet för lassets skrymdensitet vid materialets vattenkvot beräknas. Vattenkvoten bestäms därvid på leverantörens laboratorium i samband med lastningen på slumpmässigt uttagna delprover ur lasset. Om lastens tyngd och volym samt delprovers vattenkvot angivits på följesedeln, kan beställarens kontroll begränsas till kornfördelningen. På grund av en viss spridning i materialets korndensitet kornmer skrymdensiteten för delprover ur ett billass ej att överensstämja med lassets genomsnittliga skrymdensitet.

Resultatet av jämförande bestämningar för torra skrymdensiteten för billass respektive delprover ur dessa återges i bilaga 2. Där anges även godtagbart spridningsområde för bestämningarna.

Generellt gäller att lättklinker ej får innehålla snö, is, frusna klumpar eller andra material, t.ex jord.

5. UTFYLLNING OCH PACKNING

Vid utfyllning av lättklinker för bankar på lös kohesionsjord med dålig bärighet utläggs fiberduk som materialskiljande lager mellan jord och lättklinker. Fiberduken bör vara av minst bruksklass 2.

Bruksklassificerade fiberdukar är förtecknade i Ao 110:II 4.2.2.03. Lättklinkern fylls ut i max 1 m tjocka lager med skopustrasad lätt

bandtraktor med bandtrycket ej högre än 0,03 MPa. Om lättklinkern tippas i högar, kan den utbreddas och avjämnas manuellt med avdragsrakor. På begränsade ytor kan lättklinkern fyllas ut med grävmaskin eller genom utblåsning. Efter avjämnning packas varje lager med minst 3 överfarter/ytenhet med bandtraktor. Vid packningen skall stödfyllningen vara utförd till minst i nivå med lättklinkerlagrets överyta. Packningen kan även utföras med vibratorplatta av exempelvis typ modifierad Dynapac CMI3L, vikt ca 140 kg och area ca 0,28 m².

Vid fyllning med lättklinker mot stödkonstruktioner -- brolandfästen och stödmurar -- begränsas varje utfyllt lager till max 0,6 m. Efter avjämnning packas lagret med minst 3 överfarter/ytenhet med vibratorplatta av ovannämnd typ.

Innan överbyggnad fylls ut på terrassyta av lättklinker, skall denna täckas med fiberduk.

Överbyggnadsmaterialet fylls ut i ett eller två lager beroende på val av packningsredskap.

Materialet fylls ut och avjämnas på liknande sätt som vid lättlinkerns utfyllning. Terrassytan störs lätt av koncentrerade laster. Överbyggnadsmaterialet skall därför fyllas ut jämnt över terrassytan så att lättklinkern ej pressas undan framför koncentrerade högar. Hjulfordon får ej framföras över fyllningen förrän hela överbyggnaden påförts. Överbyggnaden packas enligt tabell 4:05-2 i BYA 84.

6. SÄTTNINGAR I PACKAD LÄTTKLINKERFYLLNING

Lättklinker, som fylls ut och packas lagervis enligt ovan, sätter sig 2-3 % av fyllningshöjden efter färdigställandet. Betydligt större sättningar har emellertid uppkommit i lättklinker som fylls ut vid nederbörd och temperatur omkring fryspunkten. Därvid har ishinnor bildats på lättklinkerkulornas yta så att kulorna fått större diameter. När isen smälter i fyllningen omlagras lättklinkern till tätare lagring varvid ytan sätter sig. I sådan fyllning har sättningar på upp till 15 % av fyllnadshöjden uppmätts.

Beräkning av dimensionerande densitet

Lättklinkerns lägsta skrymdensitet, normalt fyllningens torra densitet, ρ_d , är dimensionerande för bankens geometriska sektion.

Lättklinkerns slutdensitet, ρ_{dim} , är dimensionerande för bankens totalstabilitet och sättning.

Beräkningsförutsättningar:

- Jämnstora, sfäriska kulor med diametern n lika med fraktionens medeldiameter. $D = 0,5 (D_{max} + D_{min})$ i mm

- Fyllningens porositet, n :

45 % vid lös lagring

40 % efter utfyllning och packning

- Absorberad vattenmängd i lättklinkerkulornas porer:

$$W_A = p (1 - n - \rho_d / \rho_s) \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$$

där

ρ_d = torr skrymdensitet i kg/m^3

ρ_s = kompaktdensitet 2 650 kg/m^3

p = vattenmängd i volymsprocent

30 volymsprocent för lättklinker över rarkytan

45 volymsprocent för lättklinker under rarkytan

Vattenmängden på lättklinkerkulornas yta

$$W_Y = (1 / D) \cdot 850 \cdot (1 - n) \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Slutdensitet } \rho_{dim} = \rho_d + W_A + W_Y$$

Exempel på dimensionerande densitet för några vanliga fraktioner (värdena avrundade till närmaste 5 kg/m^3)

Fraktion mm	Torr skrymdensitet, ρ_d		Slutdensitet, ρ_{dim}	
	Lös fyllning kg/m^3	Packad fyllning kg/m^3	Över rarkytan kg/m^3	Under rarkytan kg/m^3
12-20	280	305	480	555
	300	325	500	575
	320	350	520	590
	340	370	540	610
	360	390	560	630
	380	415	580	645

Fel!

Fraktion mm	Torr skrymdensitet, ρ_d		Slutdensitet, ρ_{dim}	
	Lös fyllning kg/m ³	Packad fyllning kg/m ³	Över märkytan kg/m ³	Under märkytan kg/m ³
8-13	300	325	520	590
	320	350	540	610
	340	370	560	625
	360	390	575	645
	380	415	595	665
	400	435	615	680
	420	460	635	700
4-9	340	370	585	655
	360	390	605	675
	380	415	625	690
	400	435	645	710
	420	460	665	730
	440	480	685	745
	460	500	705	765

Bilaga 2

GODTAGBAR SPRIDNING FÖR
TORRA SKRYMDENSITETEN
MELLAN BILLASS OCH DELPROV
UR DETTA

