SGF:s Minikurs ”Dagen-före-GD” 15 Mars 2017 Stockholm

Grundlägga på torv? Visst går det bra!



Foto: Agne Gunnarsson, Trafikverket

- Torvs geotekniska egenskaper
- Byggmetoden förbelastning
- För- och nackdelar med olika byggmetoder

Bo Vesterberg, SGI

SGI Statens geotekniska institut *På säker grund för hållbar utveckling*

Inledning

Erfarenheter - Torvmark: kan i många fall användas vid grundläggning istället för att gräva ur torv.

Vid behov förstärks jorden, ex genom förbelastning: Målet: bära lasten av färdig bank + trafik med acceptabla sättningar och utan att markbrott sker.



Riksväg 50 Mjölby-Motala (Johansson m.fl., 2012).

Men: finns viss skepsis använda torv som undergrund för vägar och järnvägar.

Och: Finns behov av utveckling ⇒ Tillförlitligare teknisk funktionalitet, effektivisering av dimensionering och val av byggmetoder

Behöver utvecklas, ex.: Torvspecifika undersökningsmetoder, materialmodeller och beräkningsmetoder, speciellt för torv med fibrer.

SGI Statens geotekniska institut 2

SGF:s Minikurs 170315

Torv

Torv: organiska rester av vegetation som växt på markytan under olika tider efter senaste istiden



(Carlsten & Olsson, 2004)

Torv klassificeras: 10-gradig skala, Von Post (1926), beroende på förmultningsgrad (*www.roadex.org, E-learning – Vägar på torv)*:

Beteckning	Grupp	Beskrivning
Lågförmultnad torv (fibertorv)	H1-H4	Lätt igenkännbar växtstruktur, i regel fibrig struktur.
Mellanförmultnad torv	H5-H7	Urskiljbar växtstruktur
Högförmultnad torv	H8-H10	Mycket otydlig eller ej urskiljbar växtstruktur. Grötig konsistens.

Torv

Torv klassificeras, *Krama torvprov i handen*: 10-gradig skala, Von Post (1926), beroende på förmultningsgrad (baserat på *www.roadex.org, E-learning – Vägar på torv)*:

Humifierings-grad	Identifieringsguide
H1	Ej humifierad och dyfri torv. Avsöndrar bara klart vatten. Växtrester lätta att identifiera.
H6	Måttligt humifierad eller tämligen dyhaltig torv med otydlig växtstruktur. Passerar ca 1/3 av torvsubstansen mellan fingrarna. Återstoden av den kramade massan är starkt grötig men med en tydligare växtstruktur än den opressade torven.
H10	Helt humifierad eller helt dyartad torv. Ingen synlig växtstruktur. Hela torvsubstansen passerar mellan fingrarna.

Torv

Några basegenskaper typiska för torv (www.roadex.org, E-learning – Vägar på torv).

Egenskap	Typ av torv		
	Lågförmultnad torv	Mellantorv	Högförmultnad torv
Vattenkvot %	700 - 2000	500 -1200	500 - 900
Askhalt %	1.5 - 3.0	3 - 8	8 - 30
Skrymdensitet in situ (kg/m³)	900 - 1100	900 - 1100	900 - 1100
Torrdensitet (kg/m³)	40 - 70	70 - 100	100 - 140
Portal	10 - 25	8 - 17	7 - 13
Permabilitet (m/s)	10^{-5} - 10^{-6}	10^{-6} - 10^{-7}	10^{-7} - 10^{-8}

BACK TO TO

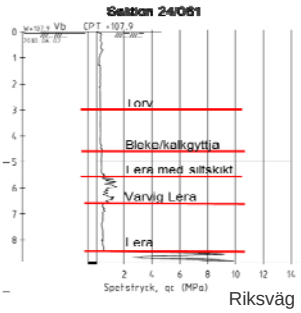
Obelastad torv, typiskt: Mycket kompressibel, låg hållfasthet

Geotekniska egenskaper: varierar ofta, ibland kraftigt, för olika torver

Deformations- och hållfasthetsegenskaper: Skiljer ofta markant från lerjordar

Torvmark

Torv förekommer tillsammans med andra (utmanande/problematiska) jordarter, ofta organiska sediment, kemiska sediment och lera.





Riksväg 50 Mjölby-Motala (Johansson m.fl., 2012).

Humifieringsgrad/förmultningsgrad:
- varierar ofta i en jordprofil
- torv antas i allmänhet inte brytas ner längre ner i en jordprofil, men ytliga delar kan brytas ner ex. vid sänkt grundvattenyta.

Torv – Bestämning av geotekniska egenskaper

Deformations- och brottmekanismer i torv i fält är till stora delar okända
- Hur skiljer sig dessa från de som utvecklas vid laboratorieförsök?
- Hur inverkar fibrer på lastöverföring och deformationer vertikalt och horisontellt under en bank?
- Råder det dränerade eller odränerade förhållanden vid belastning i fält?
- M.m.

Dagens fält- och laboratoriemetoder: som regel inte utvecklade/uttestade för bestämning av egenskaper hos torv med fibrer. ⇒ Relevansen av resultaten ska generellt därför ifrågasättas.

Torv – Bestämning av geotekniska egenskaper forts.

Ex. Bestämning av **odränerad skjuvhållfasthet** med olika metoder:

Vingförsök: Absolutvärden ej tillförlitliga, men *hållfasthetstillväxt* i fält kan ofta identifieras.

CPT: ej lämpligt bestämma, fel antaganden för brott (ej som lera).

Direkta skjuvförsök: ”Minst olämpliga” metoden. Men resultat ska utvärderas med *stor försiktighet*. Ju mer fibrer och desto mer icke-horisontella fibrer desto mindre relevanta resultat. Ofta stora töjningar vid brott, vilket kan ifrågasätta bestämningen.

Torv – Bestämning av geotekniska egenskaper forts.

Ex. Bestämning av **friktionsvinkel**:

- Första frågan: Är friktionsvinkel en relevant parameter att beskriva hållfasthet i torv med fibrer? Borde hållfasthet beskrivas på annat sätt?
- Utförda laboratorieförsök på torv visar ofta:

  - Direkta skjuvförsök: Friktionsvinklar ca 30° vid större töjningar.

  - Triaxialförsök: Friktionsvinklar ca 40-60° (eller ännu större, stor spridning).

- Osäkerheter: Teoretisk modell, horisontalspänningar, stora töjningar för maximal skjuvspänning, fiberorientering, m.m.

Torv – Bestämning av geotekniska egenskaper forts.

Tips:
Se SGI Publikation 26, 2016, ”Erfarenheter av byggmetoder på torvmark”:

Analys och diskussion (kap 5) och Slutsatser och rekommendationer (kap 6):
- avseende bestämning och relevans av egenskaper och parametrar, och lämplighet av materialmodeller och beräkningsmodeller, m.m. för torv.

- Laddas ner på: www.swedgeo.se
- Samarbetsprojekt SGI och Trafikverket
- Bo Vesterberg, Peter Carlsten, Per Lindh



SGI Publikation 26, 2016 ”Erfarenheter av byggmetoder på torvmark”

Rapporten: Litteraturstudie/inventering: senaste ca 15 åren, nat. och int. erfarenheter av byggande på torvmark.

- I rapporten ges *exempel* på *goda erfarenheter* av *byggmetoder* för *nationella vägobjekt* på torvmark (Kapitel 3)
- Exempel på *järnvägsobjekt* där *förstärkning* av *befintliga bankar* på torvmark har genomförts (Avsnitt 4.2).
- Diskuteras och presenteras *behov av ny kunskap* avseende torvs *egenskaper*, *parametrar* och *beräkningsmodeller* som underlag till en *effektivare dimensionering* av byggmetoder (Avsnitt 5.1). Ex bestämning av friktionsvinkel och odränerad skjuvhållfasthet för torv och tankar till förbättringar ges (Avsnitt 5.1).
- *För- och nackdelar* med olika *byggmetoder* för *vägar och järnvägar* på torvmark sammanställts i tabeller (Avsnitt 5.3).
- *Rekommendationer* för *byggmetoder* för *vägar* på torvmark ges (Avsnitt 5.4).



(Från Munro & MacCulloch, 2006)

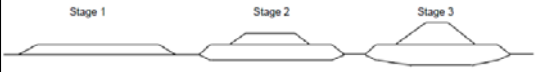
SGI Statens geotekniska institut 11

SGF:s Minikurs 170315

Ex. Byggmetod – Förbelastning med överlast

- Den byggmetod i Sverige: *mest utvecklade och relevanta metodiken* för undersökningar och dimensionering avseende torvmark och vars funktionalitet för vägar verifierats relativt väl. Finns i TK GEO och TR GEO.
- Tar ut sättningar före trafikering (och helst inkl. krypsättningar)
- Ökar bärförmågan för banken

Nybyggnation väg





Från Johansson m.fl. 2012; RV 50 Mjölby-Motala

Breddning väg



Foto: Agne Gunnarsson; Väg 27

SGI Statens geotekniska institut 12

SGF:s Minikurs 170315

Byggmetod – Förbelastning med överlast

Riksväg 50 Mjölby – Motala (Johansson m.fl., 2012) – Ett lyckat objekt

Nybyggnation väg – förstärkning av torvmark genom förbelastning

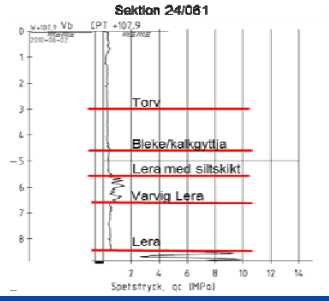
Väl dokumenterat och genomfört projekt (Bo Johansson, Peter Carlsten, Helene Kennedy; SBUF Rapport; projekt 12399)



Från Johansson m.fl. 2012; RV 50 Mjölby-Motala

Dokumentation av:

- Geotekniska undersökningar i fält och laboratorium
- Deformationsmätningar
- Portrycksmätningar
- Analyser och slutsatser
- Sammanfattande råd om genomförande av denna typ av projekt



Byggmetod – Förbelastning med överlast

Riksväg 50 Mjölby – Motala, Från Johansson m.fl., 2012, *Bakgrund*:

”Det finns således stora vinster, men varför används metoden inte i större omfattning? Det beror sannolikt på en kombination av orsaker där de viktigaste sannolikt är:

- Mental spärr – är det verkligen rätt att bygga på nedbrytningsbart biologiskt material?
- Metoden kräver liggtid vid utförande som ibland inte finns tillgänglig och liggtiden kan dessutom vara svår att prediktera.
- Organiska jordars geotekniska egenskaper är svårare att bestämma än mineraljordars och resultaten upplevs som mer osäkra. Vingförsök kan t.ex. vara missvisande vid bestämning av hållfasthet.
- Ostörd provtagning och laboratorieförsök kräver speciell utrustning, vilket inte alla geotekniska konsulter har tillgång till.
- En rädsla för att framtida krypdeformationer ska utbildas i de organiska jordlagren.

Dessa faktorer gör sammantaget att grundförstärkning via förbelastning ofta på ett tidigt stadium väljs bort.”

Byggmetod – Förbelastning med överlast

Riksväg 50 Mjölby – Motala, Från Johansson m.fl., 2012:

Erfarenheter vid utförandet var bl.a.:

• De initiala deformationerna är mycket stora, vilket gör att det inte är lämpligt att styra fyllningsarbetet mot angivna fyllningsnivåer. Lagerhöjden kan bli för stor. Uppfyllningen bör istället definieras som en fyllningstjocklek.

• Portrycksmätningarna visar att det är vanskligt att mäta portryck under längre tid. Mätarna bör regelbundet funktionstestas eller sättas om.

Byggmetod – Förbelastning med överlast

Riksväg 50 Mjölby – Motala, Från Johansson m.fl., 2012:

Erfarenheter vid projektering var bl.a.:

- Hållfastheten hos organisk jord kan bedömas med hjälp av tillgänglig empiri. (Ansågs vara tillräckligt bra i detta objekt.)
- Humifieringsgrad och vattenkvot behövs för att kunna bedöma deformationsegenskaperna hos den organiska jorden i de fall dessa egenskaper inte bestäms i kompressometerförsök.
- Hållfasthets- och deformationsegenskaper hos underliggande lösa jordlager måste undersökas.
- Överlastens storlek måste anpassas till effektivspänningsökningen.

Byggmetod – Förbelastning med överlast

Riksväg 50 Mjölby – Motala, Från Johansson m.fl., 2012:

Av erfarenheterna från förbelastning på Riksväg 50 kunde bl.a. följande slutsatser dras:

- När torvens humifieringsgrad och vattenkvot bestämts kan sättningens storlek beräknas med tillräcklig noggrannhet med tillgänglig empiri (i detta projekt för avsett ändamål).
- Noggrann uppföljning av sättningarnas storlek och tidsförlopp med till exempel peglar är nödvändig för att kunna avgöra om liggtiden kan förkortas eller behöver förlängas.
- Den begynnelsevis låga hållfastheten i torv gör att lasten måste påföras etappvis. Efter det att jordarna konsoliderat och erhållit en högre hållfasthet kan nästa laststeg utföras.

Byggmetoder

Byggmetoder (uppdelade i SGI Publikation 26, 2016) enligt:

- ❑ **Förbelastning** (kombinerad med överlast, stegvis upplastning, och eventuell vertikaldränering)
- ❑ **Lastanpassning** (lättviktsmaterial, profilsänkning, tryckbank)
- ❑ **Armering** (vävd geotextil, geonät, risbädd/rustbädd)
- ❑ **Djupstabilisering** (masstabilisering, kalkcement-pelare)
- ❑ **Pålning** (påldäck)
- ❑ **Massutskiftning** (urgrävning och återfyllning, inklusive stödbensurgrävning, undanpressning)
- ❑ **Spont**



Foto: Peter Carlsten



Foto: Agne Gunnarsson

SGI Publikation 26, 2016 ”Erfarenheter av byggmetoder på torvmark”

Tabeller : För- och nackdelar på torvmark med en viss byggmetod (13 tabeller)
Nedan ex.: förbelastning med överlast (stegvis pålastning).

Förbelastning – Med överlast (stegvis pålastning)	
Fördelar	Urgrävning och deponering undviks. Bärförmågan hos torven förbättras. Bankar kan byggas utan skjuvbrott i torven. Primär konsolidering och krypdeformationer tas ut till största delen.
Nackdelar	Tillräcklig tid måste finnas för att genomföra metoden. Sättningar och hållfasthetsökningar måste hinna utbildas. Fyllnadsmassor kan behövas i tidigt skede och behöva hanteras två gånger. Kan kräva omfattande fältundersökningar och laboratorieförsök före arbetet utförs (vilket kan vara en fördel också!) och mätsystem för att verifiera att önskade sättningar utvecklas.
Risker	Omgivningspåverkan i form av till exempel hävning av mossen på sidan av vägen. Bärförmåga under byggnation, alltför snabb upplastning vilket medför brott i jorden och dåligt slutresultat. Oerfaren entreprenör.
Konstruktion, användbarhet	Lågtrafikerad väg nybyggnad: +++ Lågtrafikerad väg (flytande) ombyggnad/breddning: ++++ Lågtrafikerad väg (urgrävd) ombyggnad/breddning: 0 Högtrafikerad väg nybyggnad: ++ Högtrafikerad väg ombyggnad (flytande) ombyggnad/breddning: ++ Högtrafikerad väg ombyggnad (urgrävd) ombyggnad/breddning: 0 Järnväg nybyggnad: 0 Järnväg anläggning av dubbelspår intill (flytande): ++ Järnväg anläggning av dubbelspår intill (urgrävning): 0
Övrigt	Om man tillämpar förbelastning bör kravet vara att i förväg bestämda parametrar (exempelvis hållfasthet, sättningsmoduler och styvhet), kopplade till funktionella krav, ska uppnås i torven under banken efter att åtgärden utförts.

Slutligen - Några slutsatser

Se vidare i SGI Publikation 26, 2016, Erfarenheter av byggmetoder på torvmark, Bo Vesterberg, Peter Carlsten, Per Lindh

- Finns **byggmetoder: används och fungerar väl** för nybyggnation och förstärkning av vägar och järnvägar på torvmark.
- **Men** de **beräkningsmetoder** och -**modeller** som används för att dimensionera åtgärder i torvmark bygger huvudsakligen på sådana som **utvecklats** för **finkornig mineraljord**. Finns **behov utveckla relevanta metoder för bestämning av materialparametrar och relevanta beräkningsmodeller för torv.**
- Baserat på tidigare erfarenheter av byggande **fungerar** i allmänhet de använda **byggmetoderna bra**, men sannolikt sker i **vissa fall** antingen en **kostsam överdimensionering eller skapas onödigt stora underhållsåtgärder** under många efterföljande år.
- Med **nya kunskaper** avseende egenskaper, metoder och modeller för torv finns stora möjligheter att kunna **effektivisera valet av byggmetod och tillhörande dimensionering.**

Från (Banverket, 2005).

